

KEUZE VOOR RUIMTE, RUIMTE VOOR KEUZE

**De ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning;
een objectgeoriënteerde analyse**

ISBN gegevens

Keuze voor ruimte, ruimte voor keuze. De ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning; een objectgeoriënteerde analyse, Michel Grothe.

Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam.

ISBN: 90-9012420-9; NUGI 671, 674, 689; ingenaaid met illustraties

Trefwoorden: locatieplanning, geografische informatiesystemen, objectgeoriënteerde analyse

Keywords: locational planning, geographical information systems, object-oriented analysis

Cover design: Studio Birnie

Gedrukt door: Hentenaarboek b.v., Nieuwegein

© by Michel Grothe 1998

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form, by print or photoprint, microfilm or any other means without written permission by the author.

VRJE UNIVERSITEIT

KEUZE VOOR RUIMTE, RUIMTE VOOR KEUZE

**De ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning;
een objectgeoriënteerde analyse**

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT

ter verkrijging van de graad van doctor aan
de Vrije Universiteit te Amsterdam,
op gezag van de rector magnificus
prof.dr. T. Sminia,
in het openbaar te verdedigen
ten overstaan van de promotiecommissie
van de faculteit der economische wetenschappen en econometrie
op donderdag 25 februari 1999 om 13.45 uur
in het hoofgebouw van de universiteit,
De Boelelaan 1105

door

Michel Johannes Maria Grothe

geboren te Groenlo

Promotoren: prof.dr. H.J. Scholten
prof.dr. P. Nijkamp

INHOUDSOPGAVE

Lijst van figuren 10

Lijst van afkortingen 12

Voorwoord 15

1 INLEIDING EN ACHTERGRONDEN 17

1.1 Inleiding 17

1.2 GIS voor locatiewplanning; via objectgeoriënteerde systeemontwikkeling naar beslissingsondersteunende systemen 17

1.3 Doelstelling en probleemstelling 20

1.4 Wetenschappelijke en maatschappelijke relevantie 21

1.5 Afbakening en beperkingen van de studie 21

1.6 Structuur van onderhavige studie 22

2 LOCATIEWPLANNING, MODELLEN EN INFORMATIESYSTEMEN 25

2.1 Introductie 25

2.2 Locatiewplanning; dynamiek en modellen 25

2.2.1 De dynamiek van vestiging en verplaatsing 25

2.2.2 Modellen van locatiewplanning 26

2.3 Theorie en keuzemodellen van locatiewplanning 28

2.3.1 Achtergronden; de klassieke locatiewtheorieën 28

2.3.2 Theorie en benaderingen van ruimtelijk keuzegedrag 30

2.3.3 Multi-attribuut preferentiemodellen; het multinomiale logitmodel 32

2.3.4 Beslissingsmodellen 35

2.3.5 Het ontwikkelen en gebruik van modellen in locatiewplanning; een probleemgestuurde aanpak 35

2.4 Locatiewplanning en de richtinggevende werking van informatie(systemen) 38

2.4.1 Locatiewplanning en de rol van informatie 38

2.4.2 Informatiesystemen voor locatiewplanning; gegevens en functies 39

2.4.3 Modellen en informatiesystemen in het proces van locatiewplanning 41

2.5 Conclusies 42

3 GEOGRAFISCHE INFORMATIESYSTEMEN 45

3.1 Introductie 45

3.2 Van geografische werkelijkheid naar representatie in de computer 45

3.2.1 Geografische representatie in de computer; een proces van abstractie 45

3.2.2 Conceptuele representatie van de geografische werkelijkheid 47

3.2.3 Geografische representatie in een gegevensmodel 48

3.2.4 Implementatie van gegevensmodellen; gegevensstructuur en systeemarchitectuur 50

3.3 Geografische informatiesystemen nader verkend 52

3.3.1 Geografische informatiesystemen; definities en blikvelden 52

3.3.2 Van enkele GIS-pioniers naar een omvangrijke markt 53

3.3.3 GIS en hun functionaliteit 53

3.3.4 Geografische informatiesystemen; een kritische blik 56

3.4 Geografische informatiesystemen en locatiewplanning 58

3.4.1 Het gebruik van GIS voor locatiewplanning; enkele ervaringen 58

3.4.2 Integratie van modellen en GIS; functionele meerwaarde 59

3.4.3 Koppeling van modellen en GIS 62

3.5 Conclusies 64

6 *Inhoudsopgave*

4 **BESLISSINGSONDERSTEUNENDE SYSTEMEN** **65**

- 4.1 Inleiding 65
- 4.2 DSS; achtergronden, definities en concepten 65
- 4.3 Naar 'intelligente' DSS 67
- 4.4 DSS en de menselijke factor 69
 - 4.4.1 Het werken met DSS; de gebruiker(s) 69
 - 4.4.2 Het ontwikkelen van DSS 70
- 4.5 Enkele kanttekeningen bij de DSS-benadering 72
- 4.6 DSS en locatieplanning; synthese 73
- 4.7 Conclusies 75

5 **OBJECTGEORIËNTEERDE ONTWIKKELING VAN SPECIFIEKE GIS-APPLICATIES** **77**

- 5.1 Inleiding 77
- 5.2 Basisprincipes van objectoriëntatie 77
 - 5.2.1 Objecten en hun eigenschappen 77
 - 5.2.2 Principes van objectoriëntatie en hun implementatie 79
 - 5.2.3 Beoogde voordelen van objectoriëntatie 81
- 5.3 Objectgeoriënteerde systeemontwikkeling 83
 - 5.3.1 Objectgeoriënteerde systeemontwikkeling als proces en methodiek 83
 - 5.3.2 De Object Modeling Technique; proces en modellen 85
- 5.4 Objectoriëntatie en geografische informatiesystemen 90
 - 5.4.1 Objectgeoriënteerd GIS; invalshoeken 90
 - 5.4.2 GIS en objectgeoriënteerd modelleren 91
 - 5.4.3 GIS en objectgeoriënteerde database managementsystemen 91
 - 5.4.4 GIS en objectgeoriënteerde programmeertalen 92
- 5.5 Van monolithische naar open GIS-applicaties 92
 - 5.5.1 De noodzaak voor open GIS-applicaties 92
 - 5.5.2 Open standaarden 94
 - 5.5.3 De technologie van gedistribueerde objecten 95
 - 5.5.4 De Open Geodata Interoperabiliteit Specificatie 97
- 5.6 Objectgeoriënteerde ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning; synthese 99

6 **NAAR GIS-APPLICATIES VOOR LOCATIEPLANNING: EEN OBJECTGEORIËNTEERDE ANALYSE** **101**

- 6.1 Introductie 101
- 6.2 Conceptualisatie; functionele decompositie en domeinanalyse 101
 - 6.2.1 Probleembeschrijving; GIS-functionaliteit voor locatieplanning 101
 - 6.2.2 Domeinkennis en domeinanalyse 105
 - 6.2.3 Functionele systeemarchitectuur en soorten objecten in GIS-applicaties 112
- 6.3 Analyse; het object(domein)model 113
 - 6.3.1 Klassenraamwerk probleemdomeinspecifieke modellen 113
 - 6.3.2 Naar een ruimtelijk objectmodel voor locatieplanning 116
 - 6.3.3 Uitbreiding ruimtelijk objectmodel voor netwerkberekeningen 118
 - 6.3.4 Presentatie van gegevens in kaart; klassendiagram kaartpresentatie 121
 - 6.3.5 Bestandsbeheer; klassendiagram GIS-applicatie en bestandsbeheer 124
- 6.4 Analyse; dynamische modellering 126
 - 6.4.1 Het dynamische model 126
 - 6.4.2 Gebruikersinteractie met modellen in GIS-applicaties; de eventtracering 127
 - 6.4.3 Overzicht van systeemfunctionaliteit via het eventstroomdiagram 136
 - 6.4.4 De toestandsovergangdiagrammen 136

6.5	Systemontwerp; de niet-functionele systeemeisen	139
6.5.1	Inleiding	139
6.5.2	Subsystemen in GIS-applicaties	139
6.5.3	Concurrente objecten in GIS-applicaties	140
6.5.4	Toekennen subsystemen aan processoren en taken	140
6.5.5	Strategie voor beheer van gegevensgeheugens	141
6.5.6	Het besturingsparadigma	141
6.5.7	Keuze ontwikkelomgeving	144
6.5.8	Naar het objectontwerp	145
6.6	Objectontwerp	146
6.6.1	Integratie objectmodel en dynamische model	146
6.6.2	Functionele modellen; de operatiespecificatie	146
6.6.3	Applicatieklassen toevoegen; gedetailleerde beschrijving van de gebruikersinterface	147
6.6.4	Optimalisatie van het ontwerp	151
6.6.5	Het ontwerp van de attributen	151
6.6.6	Het ontwerp van associaties	152
6.7	Implementatie en testen	152
6.7.1	Het implementatiemodel	152
6.7.2	Testen	152
6.8	Resumé en introductie case studies	152
6.8.1	Resumé	152
6.8.2	Introductie case studies	154
7	EEN GIS-APPLICATIE VOOR WINKELPLANNING IN DE LEVENSMIDDELENDETAILHANDEL	155
7.1	Inleiding	155
7.2	Probleembeschrijving; winkelplanning in de levensmiddelendetailhandel	155
7.2.1	Achtergronden en probleemschets	155
7.2.2	Winkelplanning; inzicht in de geografische markten	157
7.2.3	Van marktpositie-analyse naar winkellocatiescenario's	159
7.2.4	De te verwachten winkelomzet; uitgangspunten en werkwijze	160
7.2.5	SALES; een GIS-applicatie voor winkelplanning in de levensmiddelendetailhandel	164
7.3	Conceptualisatie en analyse van het probleemdomen 'winkelplanning levensmiddelendetailhandel'	165
7.3.1	Functionele decompositie	165
7.3.2	Analyse; objectmodellering probleemdomen 'winkelplanning levensmiddelendetailhandel'	166
7.4	Het marktaandeelmodel	168
7.4.1	Operationalisatie marktaandeelmodel	168
7.4.2	Het gebruik van marktaandeelmodellen	172
7.4.3	Analyse; objectmodellering marktaandeelmodel	175
7.4.4	Analyse; dynamische modellering marktaandeelmodel	177
7.5	Het winkelomzetmodel	183
7.5.1	Operationalisatie winkelomzetmodel	183
7.5.2	Analyse; objectmodellering winkelomzetmodel	186
7.5.3	Analyse; dynamische modellering winkelomzetmodel	186
7.6	Het winkelscenario-model	190
7.6.1	Operationalisatie winkelscenario-model	190
7.6.2	Analyse; objectmodellering winkelscenario-model	190
7.6.3	Analyse; dynamische modellering winkelscenario-model	192
7.7	Winkelplanning in de levensmiddelendetailhandel; het gebruik van SALES	195
7.7.1	Inleiding	195
7.7.2	Exploratieve (data)analyse	195

8 Inhoudsopgave

- 7.7.3 Het werken met marktaandeelmodellen 197
- 7.7.4 Het werken met winkelomzetmodellen 200
- 7.7.5 Het werken met winkelscenario-modellen; what-if? analyse 201
- 7.8 Afsluiting 201
 - 7.8.1 Resumerende opmerkingen 201
 - 7.8.2 SALES op termijn 202

8 EEN GIS-APPLICATIE VOOR HET ONDERSTEUNEN VAN LOKAAL OUDERENHUISVESTINGSBELEID 205

- 8.1 Inleiding 205
- 8.2 Probleembeschrijving; ouderenhuisvestingsbeleid voor de wijk Overvecht 205
 - 8.2.1 Achtergronden en probleemschets 205
 - 8.2.2 Het meten van residentiële geschiktheid voor ouderen 206
 - 8.2.3 Woonprofielen voor de ouderenhuisvesting in Overvecht 209
 - 8.2.4 Naar ruimtelijke beleidsstrategieën 210
 - 8.2.5 RELEVANT; een GIS-applicatie voor de ontwikkeling van lokaal ouderenhuisvestingsbeleid 212
- 8.3 Conceptualisatie en analyse van het probleem-domein 'ouderenhuisvestingsbeleid Overvecht' 213
 - 8.3.1 Functionele decompositie 213
 - 8.3.2 Analyse; objectmodellering probleem-domein 'ouderenhuisvestingsbeleid Overvecht' 213
- 8.4 Het bereikbaarheidsmodel 215
 - 8.4.1 Operationalisatie bereikbaarheidsmodel 215
 - 8.4.2 Gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse bij het gebruik van bereikbaarheidsmodellen; methodegevoeligheid 216
 - 8.4.3 Analyse; objectmodellering bereikbaarheidsmodel 217
 - 8.4.4 Analyse; dynamische modellering bereikbaarheidsmodel 218
- 8.5 Het geschiktheidsmodel 220
 - 8.5.1 Operationalisatie geschiktheidsmodel 220
 - 8.5.2 Het gebruik van geschiktheidsmodellen voor ruimtelijke beleidsstrategieën 222
 - 8.5.2 Analyse; objectmodellering geschiktheidsmodel 223
 - 8.5.4 Analyse; dynamische modellering geschiktheidsmodel 225
- 8.6 Beleidsondersteuning ten behoeve van de ouderenhuisvesting in Overvecht; het gebruik van RELEVANT 227
 - 8.6.1 Inleiding 227
 - 8.6.2 Exploratieve (data)analyse 228
 - 8.6.3 Het werken met bereikbaarheidsmodellen 231
 - 8.6.4 Het werken met geschiktheidsmodellen 231
 - 8.6.5 Ruimtelijke beleidsstrategieën 232
- 8.7 Afsluiting 234
 - 8.7.1 Resumerende opmerkingen 234
 - 8.7.2 RELEVANT op termijn 235

9 RETROSPECTIEVE EN PROSPECTIEVE EVALUATIE 237

- 9.1 Resumé 237
- 9.2 Retrospectieve evaluatie 238
- 9.3 Prospectieve evaluatie 242
 - 9.3.1 Verdere integratie van 'nieuwe' gegevensdimensies in GIS 242
 - 9.3.2 Generieke geo-objecten voor integrale locatieplanning 243
 - 9.3.3 Integratie GIS met 'beproefde' en 'nieuwe' modellen 243
 - 9.3.4 Participatieve beleidsontwikkeling en besluitvorming 244
 - 9.3.5 Trends vanuit de informatietechnologie 244
 - 9.3.6 Afsluiting 246

Summary 249

Literatuur 255

Bijlagen 275

- 1 Gestructureerde versus objectgeoriënteerde applicatieontwikkeling 275
- 2 Overzicht Object Modeling Notatie 277
- 3 Overzicht use cases voor GIS-applicatieraamwerk 279
- 4 Externe scenario's voor GIS-applicatieraamwerk 284
- 5 Overzicht dynamische (tussen)modellen voor het werken met probleemdomeinspecifieke modellen in GIS-applicaties 288
- 6 Eventstroomdiagrammen voor de centrale GIS-functies 'bestandsbeheer' en 'presentatie' en voor netwerkanalyse 291
- 7 Operatiespecificaties voor netwerkanalyse 293
- 8 Besturing en gebruikersinteractie 301
- 9 Kleurenfiguren 309

Curriculum vitae 336

FIGUREN

1.1	Het huidige karakter van GIS in de Nederlandse private en publieke sector	18
1.2	Het verwachte karakter van GIS in de Nederlandse private en publieke sector	19
1.3	Opzet van deze studie	23
2.1	Overzicht modelbenaderingen van locatieplanning	27
2.2	Conceptueel model van ruimtelijk consumentengedrag	31
2.3	Het ontwikkelen en gebruik van modellen	37
2.4	Attribuutdimensies van geo-objecten	40
2.5	Positie van modellen en informatiesystemen in locatieplanning	42
3.1	De relatie tussen werkelijkheid, gegevensmodellen en fysieke opslag van gegevens	46
3.2	Raster- en vectorrepresentatie in een tweedimensionale ruimte	49
3.3	Functionele componenten van GIS	56
3.4	Interactie c.q. gegevensstromen tussen ruimtelijk interactiemodel en GIS	61
3.5	Interactie c.q. gegevensstromen tussen MCA-model en GIS	61
4.1	DSS-technologie, gebruikers en ontwikkelaars	71
5.1	Objecten en hun gegevens, operaties en boodschappen	78
5.2	Proces van systeemontwikkeling volgens OMT	86
5.3	Input en output van systeemontwikkeling volgens OMT	89
5.4	Scenario's voor de toepassing van objecttechnologie voor GIS-applicaties	98
6.1	Kennisdomeinen van GIS-applicaties	105
6.2	Componenten van ruimtelijke interactie- en keuzemodellen	106
6.3	Voorbeelden van geometrische en topologische inconsistenties in vlakke grafen	110
6.4	Netwerk voor en na aantappen	111
6.5	Functionele architectuur van GIS-applicaties	113
6.6	Klassendiagram vraagaanbodstelsel en modellen van locatieplanning	115
6.7	Klassendiagram voor geometrisch objectmodel	117
6.8	Klassendiagram voor netwerkanalyse	119
6.9	Overerving geometrische eigenschappen door geo-objecten	121
6.10	Klassendiagram voor kaartpresentatie	123
6.11	Klassendiagram voor GIS-applicatie	125
6.12	Scenario, eventtraceringsdiagram en dialoogvenster voor de functie 'Toevoegen model'	129
6.13	Exceptioneel scenario, eventtracering en dialoogformaat voor 'Toevoegen model'	130
6.14	Interne eventtraceringsdiagram voor het berekenen van modellen en indicatoren	131
6.15	Interne eventtraceringsdiagram voor netwerkanalyse	132
6.16	Interne eventtraceringsdiagram voor functies van kaartpresentatie en kaartinteractie	133
6.17	Interne eventtracering voor functies van bestandsbeheer	135
6.18	Eventstroomdiagram voor modelfuncties	136
6.19	TD voor klasse <code>GebruikersInterface</code> voor functie 'modellen'	137
6.20	TD voor klasse <code>Gebruikersinterface</code> voor functie 'Toevoegen modellen'	137
6.21	TD voor <code>GebruikersInterface</code> voor functies 'Bekijken model', 'Verwijderen model' en 'Wijzigen model'	138
6.22	Subsystemen voor GIS-applicaties	140
6.23	GIS-applicatieraamwerk: hoofdmenustructuur en pull-downmenu	142
6.24	Dataflowdiagram voor de operatie <code>bereken_lengte</code>	147
6.25	Gedetailleerd scenario en eventtraceringsdiagram voor de functie 'Toevoegen model'	149
6.26	Klassendiagram voor applicatieobjecten voor het werken met modellen	150
6.27	Relatie tussen domein- en applicatieobjecten voor het werken met modellen	150
7.1	Geografische markten	158
7.2	Locatiestrategieën en marktpositie-analyse	159
7.3	Onderzoek naar marktpositie-analyse, ruimtelijk consumentengedrag en winkelkeuzemodel in onderlinge samenhang	160
7.4	Opbouw en werkwijze winkelomzetmodel en locatieplanning	163
7.5	SALES en gegevensbanken voor winkelplanning	164

7.6	Klassendiagram probleemdomein 'winkelplanning levensmiddelenetailhandel'	167
7.7	Significantie van winkelattribuutvariabelen	173
7.8	Klassendiagram marktaandeelmodel	176
7.9	Dialogoformaat voor de functie 'Toevoegen marktaandeelmodel'	177
7.10	Extern scenario en eventtraceringsdiagram voor de functie 'Toevoegen marktaandeelmodel'	178
7.11	Interne eventtraceringsdiagram voor het berekenen van modelparameters	180
7.12	Scenario, eventtracering en dialoogformaat voor de functie 'Start toetsing'	181
7.13	Scenario, eventtracering en dialoogformaat voor de functie 'Toevoegen marktindicatoren'	182
7.14	Interne eventtraceringsdiagram voor het berekenen van marktindicatoren	183
7.15	Klassendiagram winkelomzetmodel	187
7.16	Scenario, eventtracering en dialoogformaat voor 'Toevoegen winkelomzetmodel'	188
7.17	Interne scenariodiagram voor het rekenen met winkelomzetmodellen	189
7.18	Klassendiagram winkelscenarioomzetmodel	191
7.19	Scenario en eventtracering voor de functie 'Toevoegen winkelscenarioomzetmodel'	192
7.20	Dialogoformaat voor de functie 'Toevoegen winkelscenarioomzetmodel'	193
7.21	Interne eventtraceringsdiagram voor het berekenen van winkelscenarioomzetmodellen	194
7.22	Opzet gebruik SALES in locatieplanning	195
7.23	Primaire winkelbenoeming en interactieafstand	310
7.24	Secundaire winkelbenoeming en interactieafstand	311
7.25	Interactiestromen en ruimtelijke keuzemogelijkheden; bezoekt respondent dichtsbijzijnde supermarkt	312
7.26	Interactiestromen en ruimtelijke keuzemogelijkheden; bezoekt respondent de grootste supermarkt	313
7.27	Ruimtelijke winkelstructuur levensmiddelenetailhandel in Nederland	314
7.28	Correlaties tussen winkelattribuutvariabelen	315
7.29	Geschatte parameters voor MNL-model en hiërarchisch MNL-model	316
7.30	Urbanisatiegraad en primaire winkelbenoeming	317
7.31	Marktpenetratie Albert Heijn in een verkoopregio	318
7.32	Consumenten en hun bestedingen	319
7.33	Ruimtelijke winkelstructuur levensmiddelenetailhandel in regio en kassahandelingen van de eigen vestigingen	320
7.34	Verdeling en spreiding van goodness-of-fit statistics van het winkelomzetmodel	321
7.35	What-if? vraagstuk; effect van openen van een winkelvestiging	322
8.1	Partijen in de ouderenhuisvesting en hun betrokkenheid bij beleid en/of uitvoering	207
8.2	Werkwijze voor beleidsontwikkeling met behulp van woonprofielen	209
8.3	Ruimtelijke beleidstrategieën en woonprofielen	211
8.4	RELEVANT en gegevensbanken voor de ouderenhuisvesting	212
8.5	Klassendiagram probleemdomein Overvecht	214
8.6	Klassendiagram bereikbaarheidsmodel	218
8.7	Scenario, eventtracering en dialoogformaat 'Toevoegen bereikbaarheidsmodel'	219
8.8	Interne eventtraceringsdiagram voor het berekenen van bereikbaarheidsmodellen	220
8.9	Klassendiagram voor geschiktheidsmodellen	224
8.10	Scenario, eventtracering en dialoogformaat voor 'Toevoegen geschiktheidsmodel'	225
8.11	Interne eventtraceringsdiagram voor 'Toevoegen geschiktheidsmodel'	226
8.12	Dialogoformaat voor de functie 'Toevoegen ruimtelijke beleidsstrategie'	227
8.13	Opzet gebruik RELEVANT	228
8.14	Persoonlijke omstandigheden van de respondenten	323
8.15	Woningvoorraad in Overvecht	324
8.16	Respondenten en hun woonsatisfactie en verhuisplannen	325
8.17	Voorzieningenstructuur in Overvecht	326
8.18	Ruimtelijke hoofdstructuur Overvecht	327
8.19	Waardering woongebieden in Overvecht op sociale en verkeersveiligheid	328
8.20	Woonvoorkeurszones van sleutelinformanten en ouderen	329

12 Figuren en afkortingen

8.21	Presentatie resultaten afstandminimalisatiemodel	330
8.22	Presentatie normatieve woonprofielen inclusief variant 1	331
8.23	Presentatie normatieve woonprofielen voor variant 2 en variant 3	332
8.24	Weergave van verdeling van 'geschikte' woningen (volgens variant 3) en de bewoning door ouderen naar leeftijd	333
8.25	Ruimtelijke beleidsstrategieën	334
8.26	Ruimtelijke beleidsstrategieën en lokale plannen ten aanzien van liftenprogramma en nieuwbouwprogramma	335

AFKORTINGEN

AI	Artificiële Intelligentie
API	Application Programming Interface
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BLOB	Binary Large Object
CA	Cellulaire Automata
CAD	Computer Aided Design
CASE	Computer Aided System Engineering
COM	Component Object Model
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
CPU	Central Processing Unit
C/S	Client/Server
DBMS	Database Management Systeem
DCE	Distributed Computing Environment
DCOM	Distributed Component Object Model
DCP	Distributed Computing Platform
DIS	Distributie Informatiesysteem
DFD	Data Flow Diagram
DGMS	Dialog Generatie en Management Systeem
DLL	Dynamic Link Library
DM	Desktop Mapping
DSS	Decision Support System
EIS	Executive Information System
ESS	Executive Support System
FM	Facility Management
GA	Genetisch Algoritme
GADS	Geographic Analysis and Display System
GDSS	Group Decision Support System
GIA	Geographic Information Analysis
GIS	Geografisch informatiesysteem
GPS	Global Positioning System
GUI	Grafische User Interface
HB	Herkomst-Bestemming
ICASE	Integrated Computer Aided System Engineering
IDE	Integrated Development Environment
IDL	Interface Definition Language
IE	Information Engineering
IIA	Independent of irrelevant alternatives
ISAC	Information Systems work and Analysis of Change
ISO	International Standards Organization
KS	Kennissysteem

MBMS	ModelBase Management Systeem
MM	Multimedia
MNL	Multinomiaal Logit
MVC	Model-View-Controller
NGII	Nationale Geo-Informatie Infrastructuur
NIAM	Natuurlijke Taal Informatie Analyse Methode
NN	Neurale netwerken
NSDI	National Spatial Data Infrastructure
OCR	Optical character recognition
ODBC	Open Database Connectivity
ODBMS	Object Data Management Systeem
OGIS	Open Geodata Interoperability Specification
OGC	Open GIS Consortium
OLE	Object Linking and Embedding
OMG	Object Management Group
OMN	Object Model Notatie
OMT	Object Modeling Techniek
OO	Objectoriëntatie
O(OD)BMS	Object (Oriented Data) Base Management System
OOPPL	Objectgeoriënteerde programmeertaal
OR	Operationele Research
ORB	Object Request Broker
PSS	Planning Support System
RDBMS	Relationeel Database Management Systeem
RELEVANT	REsidentiële Locatie EValuatie en ANalyse en Tool
RPC	Remote Procedure Call
SA/SD	Structured Analysis en Structured Design
SAIF	Spatial Archive and Interchange Format
SALES	SupermarktAandeel en Locatie-Evaluatie Systeem
SDM	System Development Methodology
SDO/SC	Spatial Data Option/Spatial Cartridge
SDTS	Spatial Data Transfer Specification
SDSS	Spatial Decision Support System
SQL	Structured Query Language
TD	Toestandsovergangdiagram
TIN	Triangular Irregular Network
TCP/IP	Transfer Control Protocol/Internet Protocol
UML	Unified Modelling Language
WIMP	Windows Icons Mouse Pointers
WUI	Web User Interface

Aan mijn ouders

VOORWOORD

In de titel van dit proefschrift 'Keuze voor ruimte, ruimte voor keuze' zit de ruimte opgesloten, die beleidmakers en beslissers nodig hebben om complexe locatievraagstukken op te lossen en de ruimte die nodig is om beleids- en beslissingsondersteunende systemen voor locatieplanning te maken. Voor mijzelf symboliseert de titel tevens de ruimte, die ik zelf heb gekregen om deze studie uit te kunnen voeren. Er zijn dan ook diverse personen, die ik graag wil bedanken voor hun inzet, advies, steun en/of belangstelling tijdens het schrijven van dit proefschrift.

De promotoren Henk Scholten en Peter Nijkamp van de vakgroep Ruimtelijke Economie van de Vrije Universiteit ben ik dank verschuldigd voor de ruimte, die ik heb gekregen om naar eigen inzicht en werkwijze het proefschrift te kunnen voltooien. Henk Scholten dank ik in het bijzonder voor de prettige samenwerking in mijn 'vrije' universitaire tijd. Piet Rietveld wil ik graag dankzeggen voor zijn aandacht voor de wiskundige beschrijving van de modellen in mijn proefschrift. Tevens gaat mijn dank uit naar de leden van de manuscriptcommissie voor het vrijmaken van hun kostbare tijd, te weten Prof.dr. A.K. Bregt (LUW), Prof.dr. A.A.I. Holtgreffe (VU), Prof.dr. J.M. Mastop (KUN), Prof.dr. H.F.L. Ottens (RUU) en Prof.dr. P. Rietveld (VU).

Voor de toetsing van mijn 'hypothese's heb ik een beroep gedaan op de praktijk. Frank Jansen en Rene Gogelijn van Albert Heijn hebben voor mij ruimte gecreëerd om mijn bevindingen op te doen in de praktijk van de levensmiddelenhandel. Ad Raaymakers en Bing Teng van de Stichting Sociale Gerontologie van de Vrije Universiteit gaven mij de ruimte om te participeren in hun onderzoekslijn rondom de 'woonvriendelijke zones voor ouderen'. Dank hiervoor.

Wim Douven, Maarten Hilferink, en Martin van der Beek dank ik voor hun inhoudelijke bijdrage in de vorm van de discussies en commentaren, die we samen in de ruimtes 4A-37, 3A-16, 2E-02, en 6A-03 van de VU hebben gevoerd. Maarten Hilferink dank ik daarnaast voor zijn belangrijke bijdrage aan de implementatie van de ontwikkelde GIS-applicaties. Dit geldt ook voor Elmy Heuvelmans (RUU), Annemarie Heinhuis (KUN), Patrice Bosma en Walter Blom (VU), die als student een bijdrage hebben geleverd aan mijn studie. Tevens gaat mijn dank uit naar de oud-collega's van de VU; alle leden van de vakgroep Ruimtelijke Economie en in het bijzonder de oud-leden van de sectie 'Ruimtelijke Informatica'. Mathilde, Wim, Bart, Maarten, Martin en Niels bedankt voor de prettige samenwerking, de collegialiteit en het plezierige gezelschap. Ook Geodan, in de personen van Evert en Jan Meijer, wil ik gaarne danken voor het ter beschikking stellen van gegevens, instrumenten en kennis op momenten, dat de GIS-groep van de VU er even niet uit kwam. Frank de Graaf dank ik voor het uitvoeren van correcties op de tekst en Erica Verkerk-Dodd voor de 'summary'. Speciale dank gaat uit naar Jan van de Wiel voor zijn zorg rondom de opmaak en het drukwerk van dit proefschrift.

Ook mijn familie, vrienden en collega's dank ik voor hun voortdurende interesse en belangstelling. Tenslotte ben ik veel dank verschuldigd aan mijn paranimfen Wim Douven en Niels Vlaanderen voor hun inhoudelijke en praktische ondersteuning en stimulerende houding tijdens de afronding van mijn proefschrift.

Charlotte heeft het meest meegeleefd bij de totstandkoming van mijn proefschrift. Haar geduld, begrip en niet aflatende steun hebben veel voor mij betekend. Met de vervolmaking van dit proefschrift ontstaat eindelijk de ruimte voor meer gezamenlijke activiteiten. Dit proefschrift draag ik op aan mijn ouders, die mij altijd alle ruimte hebben gegeven mijn eigen keuzes te maken.

Michel Grothe
Nijmegen, december 1998

1 INLEIDING EN ACHTERGRONDEN

1.1 Inleiding

Het bestemmen en herbestemmen van sociaal-economische activiteiten in de geografische ruimte is een complexe activiteit, waarbij uiteenlopende factoren, belangen en overwegingen een rol spelen. Het voorbereiden en nemen van beslissingen ten aanzien van (her)bestemmingen - in het algemeen aangeduid met *locatieplanning* - kenmerkt zich door reductie van risico en onzekerheid via structurering van de relevante locatiefactoren. Het verwerken van grote hoeveelheden gegevens, het ontwikkelen en gebruik van modellen om gegevens te genereren en een inzichtelijke gegevenspresentatie is daarvoor een noodzaak. Het inbedden van gegevensverwerkende functies in computergestuurde instrumenten helpt het beslissingsproces structureren en ondersteunt de besluitvorming ten behoeve van (terugkerende) planningsexercities. De ruimtelijke component van gegevens is expliciet opgenomen in een gegevensverwerkend systeem, aangeduid met *geografisch informatiesysteem*. Geografische informatiesystemen - kortweg GIS¹ - zijn computergestuurde systemen voor het opslaan, opvragen, analyseren en weergeven van gegevens op basis van hun ruimtelijke component. Deze systemen worden door uiteenlopende organisaties ingezet voor de ondersteuning van productie, planning en besluitvorming. De markt voor GIS is omvangrijk en varieert² van diverse private ondernemingen (zie Grothe *et al.* 1994) tot uiteenlopende publieke instellingen (zie Grothe en Scholten 1996). Daarnaast zijn potenties en mogelijkheden voor verdere maatschappelijke adoptie en diffusie volop aanwezig. Tegelijkertijd zijn er echter ook kritische geluiden hoorbaar. Tegenover de expansie en veelbelovende toekomstperspectieven van het fenomeen GIS is ook enige scepsis waarneembaar ten aanzien van het toekomstig gebruik van GIS: "Yet the suspicion remains that GIS may be one of those technologies that is more admired than useful. Like artificial intelligence, another promising computer technology that rapidly acquired an acronym (AI), it may please boffins more than customers" (The Economist 1992, pp. 75-76). De scepsis is niet geheel verwonderlijk. GIS is een visuele technologie en de instrumenten die het voortbrengt, hebben nog immer een grote attractiviteit. Echter de ervaringen die zijn opgedaan in het afgelopen decennium, hebben eveneens beperkingen en discrepanties aan het licht gebracht. Eén van de discrepanties is het integreren en koppelen van state-of-the-art modellen van locatieplanning met GIS. Juist door de integratie van beide kan namelijk een toegevoegde waarde worden verkregen voor beleid en besluitvorming. In dit eerste hoofdstuk zal deze problematiek worden geïntroduceerd en ingekaderd. De volgende paragraaf zal de problematiek en de in deze studie voorgestane oplossingsrichting introduceren. Aansluitend worden in paragraaf 1.3 de doelstelling, centrale probleemstelling en enkele daaruit voortvloeiende vraagstellingen geformuleerd. De wetenschappelijke en maatschappelijke relevantie van deze studie staan centraal in paragraaf 1.4. Vanwege het multidisciplinaire karakter van deze studie worden in paragraaf 1.5 enige accenten aangebracht. Tot slot wordt de opzet van de studie in paragraaf 1.6 samengevat.

1.2 GIS voor locatieplanning; via objectgeoriënteerde systeemontwikkeling naar beslissingsondersteunende systemen

Locatieplanning is gericht op het nemen van beslissingen, waarbij uiteenlopende gegevens en modellen worden gehanteerd om onzekerheid en risico omtrent de te nemen locatiebeslissingen te reduceren. Locatieplanning is zowel in de publieke als private sector een activiteit met een sterk contextgebonden karakter. Dit manifesteert zich in de uiteenlopende locatievraagstukken, de variatie in doelstellingen en locatiefactoren, een multidimensionaliteit aan gegevens en een variëteit aan beschikbare modellen van locatieplanning. Het structureren van de dynamiek van vestiging en verplaatsing in de werkelijkheid is een complexe activiteit met veelal grote maatschappelijke, economische en ruimtelijke effecten. Het kunnen inschatten van de effecten van verplaatsing en vestiging is voor het bedrijfsleven, de overheid en burgers essentieel. GIS wordt gezien als het (informatie)systeem voor het opslaan, verwerken en beschikbaar stellen van relevante gegevens voor

¹ Afhankelijk van de context verwijst de term GIS naar geografisch informatiesysteem of geografische informatiesystemen.

² Vanwege de diversiteit en variëteit in toepassingen bestaat een scala aan soorten ruimtelijke informatiesystemen: systemen voor tekenen, ontwerpen en construeren van objecten, systemen voor het inwinnen van geo-informatie, systemen voor registratie en bedrijfsmiddelenbeheer en systemen voor het ondersteunen van beleid en besluitvorming (zie Grothe en Scholten 1996). Onderhavige studie richt zich op systemen voor het ondersteunen van beleid en besluitvorming. Dit wordt ook wel aangeduid met 'GIS in enge zin', waarbij het accent ligt op het gebruik van specifieke ruimtelijk-analytische functionaliteit ten behoeve van het ondersteunen van beleidsontwikkeling, beleidsonderzoek en ruimtelijke planning (zie ook Hendriks en Ottens 1997).

locatieplanning. Dit is niet verwonderlijk gezien hun integrerende en grafische karakter. Geografische informatiesystemen zijn echter statisch van aard en sterk *gegevensgericht*. Dit betekent, dat GIS vooral gericht is op het inwinnen, de opslag en het beheer van de ruimtelijke component van gegevens. Goodchild *et al.* (1992, pp. 408) spreken in deze context van GIS als "A database containing a discrete representation of geographical reality in the form of a static, two-dimensional geometrical objects and associated attributes, with a functionality largely limited to primitive geometrical operations to create new objects and compute relationships between objects, and to simple query and summary descriptions". In twee inventarisaties naar het gebruik, de positie en adoptie van GIS in Nederlandse bedrijfsleven (Grothe *et al.* 1994) en bij de Nederlandse overheid (Grothe en Scholten 1996) wordt het *gegevensverwerkende karakter* van GIS door GIS-gebruikers onderschreven (zie figuur 1.1).

Figuur 1.1 Het huidige karakter van GIS in de Nederlandse private en publieke sector (Zie het einde van dit document of [klik hier](#))

De afwezigheid in GIS van de voor locatieplanning noodzakelijke beslissingsondersteunende functies wordt als een belangrijke tekortkoming gezien, hetgeen het gebruik beperkt. Met name vanuit de wetenschappelijke hoek is het gebrek aan modelmatige en analytische functionaliteit van de huidige - op de markt verkrijgbare - GIS-software veelvuldig gesignaleerd (Anselin *et al.* 1993; Batty en Xie 1994a; 1994b; Couclelis 1991; Fischer *et al.* 1996; Fischer en Nijkamp 1993; Fotheringham en Rogerson 1993; Goodchild 1987; Openshaw 1990; Hendriks en Ottens 1997; Scholten en Openshaw 1991; Scholten en Padding 1990). Via de integratie en koppeling van modellen met GIS wordt getracht de meerwaarde van GIS voor planning en besluitvorming, die het resultaat is van de onderlinge complementaire verhouding tussen GIS en model, te bereiken. Daarbij wordt nadrukkelijk aansluiting gezocht bij de concepten en ervaringen opgedaan bij de ontwikkeling van *decision support systemen* (DSS). In de ruimtelijke equivalent(en)³, aangeduid met *spatial decision support system* (Densham 1991), *planning support system* (Harris en Batty 1992), *planning information systems* (Masri en Moore 1993) of *intelligent GIS* (Birkin *et al.* 1996; Burrough 1992a), vindt integratie plaats van modellen met gegevensverwerkende instrumenten, in het bijzonder GIS en DSS. Naast de integratie van gegevens en modellen

³ Een discussie omtrent naamgeving en definiëring van informatiesystemen voor locatieplanning wordt hier beslecht door een stelling van Keen (1987, pp. 256), betreffende de definitieproblematiek rondom DSS, te hanteren: "Accept that there can be no definition of Decision Support Systems, only of Decision Support, because the technology that DSS draws on constantly changes, and there is no independent or idiosyncratic technical base for it. As new tools become available and suitable, new types of DSS will be built. The goal is Decision Support, the vehicle is a DSS". Gezien de snelheid en omvang van de ontwikkeling en het maatschappelijk gebruik van informatiesystemen, is het niet van belang of een informatiesysteem nu wordt aangeduid met GIS, DSS, SDSS of PSS. Het draait om het uiteindelijke doel van het informatiesysteem, namelijk het ondersteunen van besluitvormers bij het nemen van beslissingen.

staat in de DSS-benadering de menselijke factor centraal. Een optimale communicatie tussen gebruikers en ontwikkelaars van DSS gedurende het proces van systeemontwikkeling is evident. Gebruiksvriendelijkheid, eenvoud en bedieningsgemak van specifieke systemen voor de eindgebruiker(s) staat daarbij voorop. Ook bij private en publieke organisaties zijn volop verwachtingen aanwezig ten aanzien van het toekomstige beslissingsondersteunende karakter van GIS (zie figuur 1.2).

Figuur 1.2 Het verwachte karakter van GIS in de Nederlandse private en publieke sector (Zie het einde van dit document of [klik hier](#))

Gezien het huidige gegevensverwerkende karakter van GIS zal de ontwikkeling van toegepaste of probleemdomeinspecifieke (informatie)systemen - ook specifieke applicaties⁴ genoemd - een steeds grotere rol spelen. De integratie en koppeling van beslissingsondersteunende technieken en modellen in specifieke GIS-applicaties staat daarbij centraal, want daarin zit de meerwaarde voor het duurzame gebruik van GIS-applicaties in locatieplanning. Gezien de dynamiek in het probleemdomein en de daaruit voortvloeiende en in de tijd variërende informatiebehoefte van de beslissingsomgeving is flexibiliteit in de ontwikkeling van dergelijke applicaties een vereiste. *Flexibiliteit* is derhalve het sleutelwoord bij de ontwikkeling van applicaties voor locatieplanning. In navolging van Hendriks (1992, pp. 123) moet flexibiliteit "niet in de oplossingsalgoritmes gezocht worden, maar veeleer in het mogelijke gebruik van de informatiebrokken, die voor het besturingsprobleem relevant geacht worden". Gezien de invalshoek van deze studie manifesteert flexibiliteit zich als de mate waarin het mogelijk is een applicatie te ontwikkelen voor duurzaam gebruik; dat wil zeggen een applicatieontwikkeling waarmee op veranderingen kan worden geanticipeerd. Eisen, die (kunnen) worden gesteld aan een dergelijke flexibele applicatieontwikkeling, hebben betrekking op onderhoud, aanpasbaarheid, hergebruik, overdraagbaarheid en integreerbaarheid. Dit betekent, dat flexibiliteit kan worden opgevat als de mate waarin het mogelijk is (onderdelen van) applicaties te onderhouden, indien nodig te wijzigen en opnieuw te gebruiken. Gezien de veranderingen die

⁴ Een (bestuurlijk) informatiesysteem bestaat veelal uit een handmatig en computergestuurd onderdeel. In deze studie gaat de aandacht uit naar het computergestuurde deel van het informatiesysteem; de applicatie. Een applicatie is een "geautomatiseerde en door het toepassingsgebied bepaalde gedeelte van het informatiesysteem" (Rijsenbrij 1993, pp. 667). Daarbij kunnen 'generieke' en 'specifieke' applicaties worden onderscheiden (OCV 1996). Een specifieke applicatie is een op maat gesneden systeem, dat voor één bepaalde (bedrijfs)situatie is ontwikkeld. Generieke applicaties - ook wel aangeduid met 'softwarepakketten' - zijn voor verschillende (bedrijfs)situaties ontwikkeld en kunnen - indien nodig - worden geconfigureerd tot een 'specifieke' applicatie. In deze studie zijn specifieke applicaties ontwikkeld en wordt in het vervolg de term 'specifieke GIS-applicatie' gehanteerd.

plaatsvinden in en rondom het probleemdomain en de besturingsomgeving, zijn deze eisen niet over het hoofd te zien⁵. In deze studie worden handreikingen gegeven om de gewenste flexibiliteit gestalte te geven met behulp van objectgeoriënteerde principes van systeemontwikkeling. Het ontwikkelen van een GIS-applicatie is een proces, waarbij het dynamische probleemdomain en de daaruit voortvloeiende informatiebehoefte van de gebruiker c.q. organisatie wordt vertaald naar een digitale representatie in de computer. Een dergelijke statische representatie van een dynamische 'werkelijkheid' en beslissingsomgeving vereist een bijzondere aanpak. *Objectoriëntatie* is een paradigma, dat het mogelijk maakt deze dynamiek van de geografische werkelijkheid op relatief inzichtelijke wijze in een GIS-applicatie te representeren. Onderhoud, aanpasbaarheid en hergebruik zijn kernbegrippen bij objectgeoriënteerde systeemontwikkeling, waarbij uiteenlopende objecten de bouwstenen vormen. Objectoriëntatie kenmerkt zich daarbij door een uniforme specificatie van systeemcomponenten gedurende het gehele proces van systeemontwikkeling overeenkomstig de belevingswereld van de gebruiker. Daarmee wordt het mogelijk de (eind)gebruiker(s) beter bij het proces van applicatieontwikkeling te betrekken, waardoor acceptatie en gebruik vanzelfsprekend(er) wordt. Objectgeoriënteerde concepten als inkapseling, overerving en veelvormigheid zorgen daarbij voor de benodigde flexibiliteit voor het aanpassen, onderhoud en vernieuwen van het systeem. Door de mogelijkheden voor incrementele ontwikkeling kunnen aanpassing, uitbreiding en vernieuwing relatief eenvoudig en snel plaatsvinden. In de loop van deze studie zal inzichtelijk worden gemaakt of en hoe het toepassen van objectgeoriënteerde principes kan bijdragen tot het verwezenlijke bovengenoemde uitingvormen van flexibiliteit bij het ontwikkelen van specifieke GIS-applicaties.

1.3 Doelstelling en probleemstelling

Uitgangspunt voor onderhavige studie is de veronderstelling, dat het gebruik van GIS een belangrijke meerwaarde heeft in locatieplanning. De meerwaarde komt tot stand na integratie van gegevens, modellen van locatieplanning en concepten van informatiesystemen in geïntegreerde GIS-applicaties. Met het creëren van relevante (gegevens en) informatie manifesteert de meerwaarde van dergelijke systemen zich aan de hand van nieuwe inzichten en ideeën bij het oplossen van ruimtelijke probleemsituaties in planning en besluitvorming. Deze integratie kan slechts tot stand komen en blijven indien bij de systeemontwikkeling de dynamiek van de geografische werkelijkheid en de zich daarin afspelende besturingsproblemen in acht worden genomen. De vereiste flexibiliteit bij systeemontwikkeling maakt de keuze voor een objectgeoriënteerde benadering een voor de hand liggende. Het doel van de onderhavige studie is *het vergroten van inzicht in de rol van objectoriëntatie ter ondersteuning van de ontwikkeling en het gebruik van GIS-applicaties in locatieplanning*. Objectoriëntatie is een methode om flexibiliteit in applicatieontwikkeling te waarborgen door de mogelijkheid van uitbreiding, aanpassing en hergebruik van de bouwstenen. De centrale probleemstelling van deze studie luidt als volgt:

Op welke wijze kunnen objectgeoriënteerde concepten worden aangewend voor de ontwikkeling en het gebruik van GIS-applicaties ter ondersteuning van locatieplanning?

Een vijftal vragen is van deze probleemstelling afgeleid:

1. Welke elementen zijn te onderscheiden in een geïntegreerd instrumenteel raamwerk van informatiesystemen voor locatieplanning?
2. Op welke wijze spelen concepten van geografische informatiesystemen en beslissingsondersteunende systemen een rol bij de ondersteuning van locatieplanning?
3. Op welke wijze kan een objectgeoriënteerde ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning plaatsvinden?
4. Welke generieke bouwstenen zijn - via objectgeoriënteerde analyse - te onderscheiden voor de ontwikkeling van specifieke GIS-applicaties voor locatieplanning?
5. Hoe verhoudt een objectgeoriënteerde systeemontwikkeling zich tot het gebruik van GIS-applicaties in locatieplanning?

Deze vijf deelvragen leiden tot een raamwerk voor de ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning. De gehanteerde

⁵ Veranderingen met betrekking tot het ontwikkelen en gebruik van informatiesystemen laten zich grofweg in drie categorieën onderbrengen: veranderingen in de omgeving (extern), in de eigen organisatie (intern) en technologische veranderingen (hardware, software, communicatie, et cetera).

concepten en ideeën zullen worden getoetst in twee praktische probleemsituaties. Door twee uiteenlopende case studies te presenteren, is getracht de algemene kenmerken van de gekozen ontwikkelingsbenadering te accentueren.

1.4 Wetenschappelijke en maatschappelijke relevantie

Het *wetenschappelijk belang* van deze studie is tweeledig. Allereerst worden de integratie en koppeling van modellen, GIS en DSS in applicaties voor locatieplanning belicht. Juist de integratie en koppeling bieden de mogelijkheid een (meer)waarde te creëren in de vorm van een effectieve(re) planning en besluitvorming. Deze studie levert derhalve een bijdrage aan de - internationaal gevoerde - discussie betreffende de 'ontbrekende' functionaliteit van GIS ten behoeve van de ondersteuning van planning en besluitvorming⁶. Tevens is een bijdrage van deze studie gelegen in het beschouwen van het gebruik van object-modellering voor het beschrijven van ruimtelijk, sociaal-economische structuren en processen en - in het verlengde daarvan - het gebruik van objectoriëntatie⁷ voor de ontwikkeling van specifieke GIS-applicaties. Objectmodellering is een relatief nieuwe activiteit voor het gestructureerd en inzichtelijk beschrijven van ruimtelijke probleemdomen. Gezien de relatief beperkte ervaring tot op heden met het toepassen van ruimtelijke objectmodellering heeft deze studie een verkennend-beschrijvend karakter. De objectgeoriënteerde ontwikkeling van GIS-applicaties heeft - enkele beschouwingen uitgezonderd - tot op heden relatief beperkte aandacht gekregen in de literatuur. Een beschrijving van een raamwerk voor systeemontwikkeling en de illustratie van empirisch gebruik van GIS-applicaties zal zeker deze leemte aanvullen.

De ontwikkeling en toepassing van GIS-applicaties zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Het *maatschappelijk belang* van deze studie ligt dan ook in het verlengde van de wetenschappelijke bijdrage. Gezien het huidige ruimtegebruik en de ruimtelijke dynamiek in de samenleving neemt het belang van een evenwichtige locatieplanning toe. De verdeling van de steeds schaarser wordende ruimte en het instandhouden van de kwaliteit van de dagelijkse leefomgeving blijft ook in de toekomst een belangrijke taak van de overheid. Ook voor het bedrijfsleven zijn het ontwikkelen en gebruik van geo-informatie en GIS van wezenlijk belang voor een efficiënte bedrijfsvoering en het verhogen van de economische effectiviteit (zie Grothe *et al.* 1994).

Een gerichte informatievoorziening draagt hiertoe bij.

1.5 Afbakening en beperkingen van de studie

Onderhavige studie bevindt zich op het raakvlak van verschillende disciplines, zoals ruimtelijke economie, geografie, planologie, informatiekunde en informatica. Deze disciplines komen samen in de *ruimtelijke informatica*. Bij ruimtelijke informatica staat ruimtelijke representatie en het ontwerp en de bouw van ruimtelijke systemen centraal. Als zodanig is ruimtelijke informatica een toepassingsgerichte specialisatie binnen de informatica, die zich richt op het ontwerp en de bouw van generieke en specifieke GIS-applicaties (Scholten 1991).

Het ontwikkelen van GIS-applicaties voor locatieplanning behoeft een integrale aanpak. Concepten uit diverse disciplines worden aangewend en geïntegreerd. Harris en Batty (1992, pp. 8) onderscheiden bij de integrale aanpak het gebruik van vier theorieën: "the theory of computing, social and functional theories of systems being planned, the theory of planning and the theory of spatial

⁶ Deze studie vindt aansluiting bij internationale onderzoeksprogramma's op het gebied van de ontwikkeling en het gebruik van GIS ten behoeve van de ondersteuning van planning en besluitvorming. De European Science Foundation heeft in het onderzoeksprogramma GISDATA de ontwikkeling van Spatial Decision Support Systems als één van de centrale onderzoeksthema's opgenomen: "The development of effective spatial decision support systems is likely to be a key factor in the take of GIS in many fields." (European Science Foundation 1993, pp. 9). Dit in navolging van het initiatief van de Amerikaanse National Science Foundation (Densham and Goodchild 1990, pp. 1). Onderzoek naar de integratie van GIS en beslissingsondersteunende technieken is ook één van de centrale onderzoeksthema's van de 'Ruimtelijke Informatica', zoals geformuleerd door Scholten (1991) bij de aanvaarding van zijn ambt aan de Vrije Universiteit te Amsterdam. In Douven (1996), Van Herwijnen (te verschijnen), Misseyer (te verschijnen) en onderhavige studie zijn deze onderzoeksbevindingen opgenomen.

⁷ Objectmodellering is de activiteit, waarbij met behulp van objectgeoriënteerde principes een model van de werkelijkheid of het probleem-domein wordt gemaakt.

representation and description". Alle vier invalshoeken komen in deze studie in meer of mindere mate - veelal vanuit geïntegreerd perspectief - aan de orde. Gezien de veelomvattendheid en multidisciplinairiteit van het onderwerp van deze studie zijn accenten aangebracht. De theorie van *computing* biedt de principes en concepten waarmee de meetinstrumenten ontwikkeld kunnen worden. Onderhavige studie heeft geleid tot operationele GIS-applicaties. De aandacht zal in het bijzonder uitgaan naar de analysefase van het proces van applicatieontwikkeling, waarbij gebruik wordt gemaakt van de OMT-methodiek. Bij object-georiënteerde analyse gaat het om het 'vertalen' van de belevingswereld van de gebruiker in de vorm van relevante probleem-domeinspecifieke objecten. In deze studie wordt ten aanzien van *social and functional theories of systems being planned* gebruik gemaakt van bestaande theorie en beproefde methodologie. Uitspraken omtrent de empirische resultaten in deze studie moeten binnen de context van de ontwikkelde instrumenten worden gezien. Het zich richten op de empirische validiteit betekent immers, dat een accent wordt gelegd op het ontwikkelen van empirisch valide modellen. Dit stelt hoge eisen aan de achtergronden, theorie, methodologie en validatie en de gegevens. In onderhavige studie zijn de accenten niet op het verkrijgen van empirische validiteit gelegd, maar vooral op de relatie en integratie met concepten uit de andere drie theoretische kennisdomeinen.

Wat betreft de *theory of planning* is een beroep gedaan op de DSS-benadering. De DSS-benadering introduceert concepten voor het gebruik van modellen in plannings- en beslissingsprocessen. De beperkingen van het gebruik van de DSS-benadering worden daarbij tevens aan de orde gesteld. De aanwezigheid van diverse theorieën van planning en (rationele) beslissingsprocessen wordt als een gegeven beschouwd, zijnde één van de vele factoren, die een rol spelen bij locatieplanning⁸. De nadruk zal niet expliciet uitgaan naar een bepaalde planningsbenadering danwel beslissingsproces, maar zich richten op een probleemgerichte aanpak aan de hand van het gebruik van specifieke modellen in specifieke probleemsituaties. Tenslotte komt de *theory of spatial representation and description* in de context van GIS aan de orde. Het veld van de geografische representatie omvat diverse disciplines en een grote hoeveelheid invalshoeken. De aandacht gaat in het bijzonder uit naar een topologisch gegevensmodel voor de discrete representatie van verschijnselen en processen in locatieplanning binnen geografische netwerken.

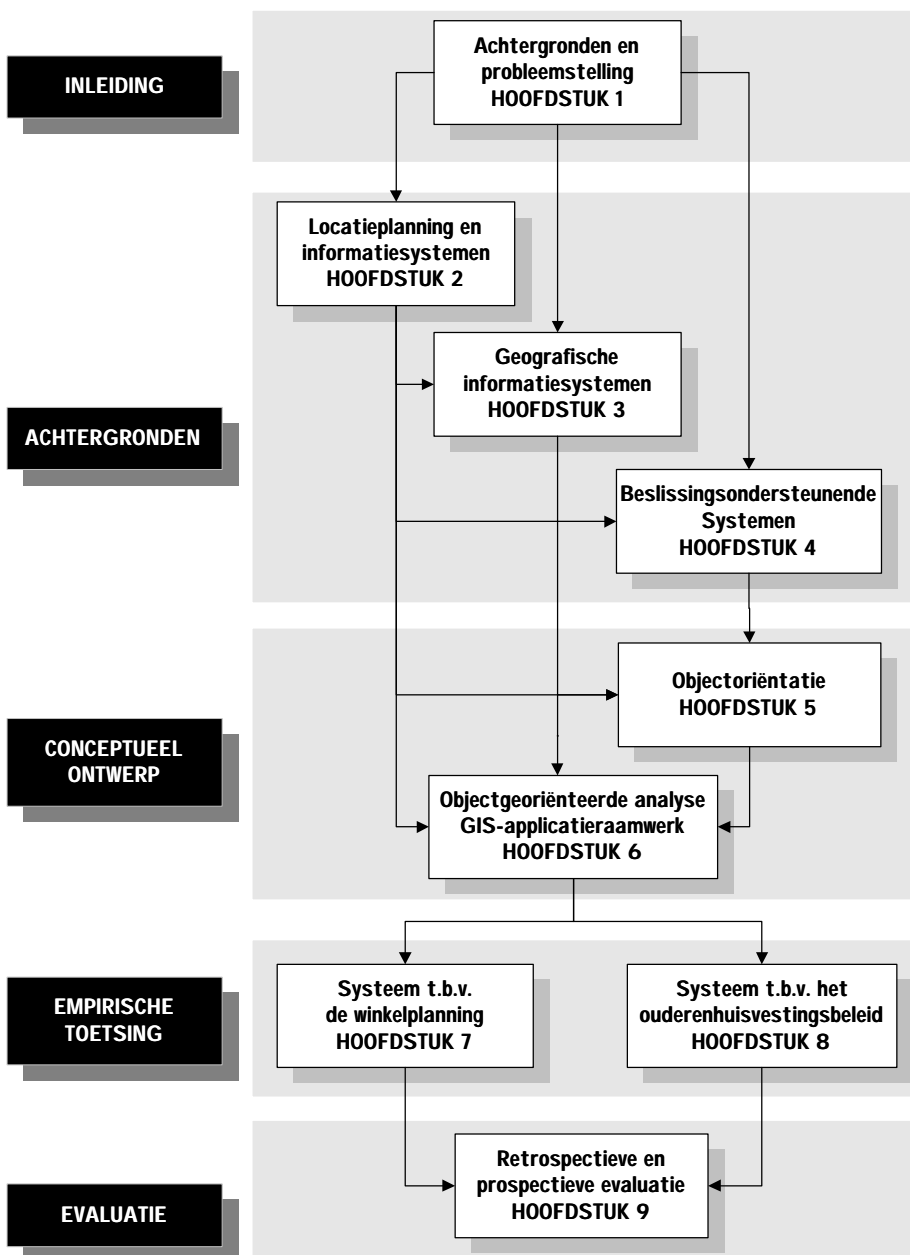
1.6 Structuur van onderhavige studie

Een aantal activiteiten zijn verricht om de doelstelling van onderhavige studie te kunnen verwezenlijken (zie figuur 1.3). De hoofdstukken 2, 3 en 4 beschrijven de achtergronden, theorie en concepten betreffende informatiesystemen voor locatieplanning. In hoofdstuk 2 vindt de algehele inkadering van de studie plaats door de beschrijving van een raamwerk van gegevensverwerking voor locatieplanning. In hoofdstuk 3 wordt een beschouwing gewijd aan achtergronden en concepten van geografische informatiesystemen. In het bijzonder gaat de aandacht uit naar de representatie van de geografische werkelijkheid in de computer en de integratie en koppeling van modellen met GIS voor locatieplanning. Hoofdstuk 4 beschrijft achtergronden en concepten van beslissingsondersteunende systemen. Naast aandacht voor de rol van DSS in beslissingsprocessen en planning staat de menselijke factor bij de ontwikkeling van DSS centraal.

In hoofdstuk 5 worden de principes van objectoriëntatie geïntroduceerd. Tevens wordt ingegaan op het proces van systeemontwikkeling, de instrumenten daarvoor en een methodiek voor objectgeoriënteerde systeemontwikkeling, de *Object Modeling Technique* (Rumbaugh *et al.* 1991). Aansluitend wordt nadrukkelijk aandacht besteed aan de opgedane ervaringen met betrekking tot de objectgeoriënteerde ontwikkeling van generieke en specifieke GIS-applicaties. Aan het eind van dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegevens van relevante concepten en de bruikbaar geachte ideeën, die als centrale uitgangspunten dienen voor de objectgeoriënteerde ontwikkeling van GIS-applicaties ten behoeve van locatieplanning. In hoofdstuk 6 wordt met behulp van bovengenoemde objectgeoriënteerde systeemontwikkelingsmethodiek een raamwerk gepresenteerd. Met behulp van dit objectgeoriënteerde raamwerk heeft de ontwikkeling van twee specifieke GIS-applicaties plaatsgevonden. Hoofdstuk 7 beschrijft een GIS-applicatie voor winkelplanning in de levensmiddelenhandel in Nederland. Op basis van een formele en informele beschrijving van een winkelomzetmodel wordt een objectgeoriënteerde analyse gepresenteerd van de inbedding van het model in een GIS-applicatie. Voorts wordt het gebruik van het winkelomzetmodel binnen de applicatie geïllustreerd aan de hand van enkele inhoudelijke locatievraagstukken. Hoofdstuk 8 is gewijd aan de objectgeoriënteerde analyse en het gebruik van GIS-applicatie ten behoeve van de ontwikkeling van lokaal ouderhuisvestingsbeleid. Na een beschrijving van het probleem-

⁸ In Eweg (1994), Geertman (1996) en Van Lammeren (1994) is vanuit planningsbenaderingen en planningstheorieën aandacht besteed aan het gebruik en de positie van GIS in relatie tot ruimtelijke planning en ruimtelijk beleid in Nederland.

domein wordt voor de wijk Overvecht te Utrecht een objectgeoriënteerde analyse gepresenteerd, waarbij de inbedding van enkele modellen in een GIS-applicatie centraal staat. De toepassing van het systeem wordt geïllustreerd aan de hand van enkele concrete vraagstukken. Tot slot wordt in hoofdstuk 9 een retrospectieve en prospectieve evaluatie op de opgedane bevindingen van deze studie gegeven.



Figuur 1.3 Opzet van deze studie

2 LOCATIEPLANNING, MODELLEN EN INFORMATIESYSTEMEN

2.1 Introductie

In dit hoofdstuk worden theoretische, methodologische en praktische aspecten geschetst van het gebruik van computergestuurde systemen in locatieplanning. Allereerst wordt in paragraaf 2.2 locatieplanning geïntroduceerd vanuit de dynamiek van vestiging en verplaatsing van sociaal-economische activiteiten. Aansluitend volgt een overzicht van specifieke modellen van locatie-planning: locatie- en keuzemodellen. In paragraaf 2.3 staan de theoretische en methodologische achtergronden en benaderingen van locatieplanning centraal, in het bijzonder keuzemodellen. De procesmatige aspecten van het ontwikkelen en gebruik van modellen worden eveneens beschouwd. In paragraaf 2.4 wordt het gebruik van informatiesystemen voor locatieplanning ingekaderd en afgebakend. Allereerst wordt daarbij in een korte uiteenzetting de rol en het belang van informatie in locatieplanning aan de orde gesteld. Vervolgens worden de essentiële bouwstenen van informatiesystemen, zijnde een samenhangend stelsel van gegevens en functies, in de context van locatieplanning geïntroduceerd. Tot slot wordt het gebruik van modellen en informatie-systemen in het -rationele - proces van locatieplanning geplaast. Enkele concluderende opmerkingen sluiten het geheel af (paragraaf 2.5).

2.2 Locatieplanning: dynamiek en modellen

2.2.1 De dynamiek van vestiging en verplaatsing

Het nemen van beslissingen is de mens eigen. Op ieder moment van de dag worden beslissingen genomen, soms bewust soms onbewust. Een deel van de beslissingen, die individuen, huishoudens, instellingen en bedrijven dagelijks nemen, hebben betrekking op het functioneren van de betreffende actoren in de geografische ruimte. De winkelkeuze door een individuele consument, de plaatsing van afvalbakken in een woonwijk door de lokale overheid of de vestigingsplaatskeuze van een bedrijf zijn voorbeelden van keuzevraagstukken met een ruimtelijke impact. Ruimtelijk keuzegedrag manifesteert zich in ruimtebeslag voor sociaal-economische activiteiten en verplaatsingen van personen, goederen en informatie in de geografische ruimte.

Het dynamisch geheel van sociaal-economische activiteiten in de geografische ruimte - aangeduid met *vestiging* en *verplaatsing* - leidt tot ruimtelijke structuren van vraag en aanbod. Door de dagelijkse activiteiten van individuen, huishoudens, instellingen en bedrijven verandert op ieder moment wel iets aan de ruimtelijke en sociaal-economische structuur van de dagelijkse omgeving. Het ruimtelijk systeem wordt dan ook beschouwd als een dynamisch geheel van artefacten, activiteiten en actoren in de geografische ruimte, dat voortdurend onderhevig is aan veranderingen als gevolg van allerlei ontwikkelingen en processen met een ruimtelijk effect. Deze ontwikkelingen en processen kunnen van zeer uiteenlopende aard en invloed zijn, zoals groei-processen, vernieuwingsprocessen, verplaatsingsprocessen, et cetera. De ruimtelijke relevantie van deze processen en ontwikkelingen zit met name in de invloed op het ruimtelijk gedrag van de actoren. Ontwikkelingsprocessen kunnen worden beschouwd als uitvloeisel van het vrije krachten spel van en tussen de actoren en hebben een ruimtelijke neerslag in de vorm van *verplaat-singsgedrag* en *vestigingsgedrag*. Deze twee ruimtelijke activiteiten vertonen een duidelijke samenhang. Wijzigingen in het vestigingsgedrag hebben invloed op patronen van verplaatsing, waardoor nieuwe wijzigingen in patronen van vestiging plaats vinden. Deze afhankelijkheidsrelatie, waarbij voortdurend allerlei wijzigingen elkaar opvolgen als gevolg van allerlei ontwikkelingsprocessen, wordt aangeduid met *ruimtelijke dynamiek* (Lambooy 1995). Een belangrijk deel van de ontwikkelingen heeft - zo kan verondersteld worden - zijn grondslag in het gebruik van de ruimte door individuen, huishoudens, instellingen en bedrijven. Regelmatigheden in ruimtelijk gedrag resulteren immers in ruimtelijke structuren en processen voor uiteenlopende sociaal-economische activiteiten, zoals transport, wonen, voorzieningen, recreatie, bedrijvigheid, et cetera. Deze ruimtelijk relevante activiteiten kenmerken zich door verwevenheid en tegelijkertijd door conflicterende belangen. Tegelijkertijd blijft het afwegingsproces omgeven door onzekerheden en risico's. Het inrichten van de schaarse geografische ruimte is een afwegings-proces waarbij velerlei actoren en factoren een rol spelen. Dit maakt het nemen van beslissingen omtrent het doen van ruimte-lijke investeringen een complexe taak. Investeringen in ruimtelijke inrichting zijn zeer kostbaar en het daaraan voorafgaande afwegingsproces zal evenwichtig en goed overwogen dienen plaats te vinden. Om inzicht te verkrijgen in het gedrag van de relevante actoren is kennis omtrent het ruimtelijk handelen van de actoren dan ook een vereiste. De handelingen, die gepaard gaan met het gebruik van ruimte en de bijbehorende verplaatsingen, vormen het *ruimtelijk gedrag* van de actoren. De analyse van activiteitenpatronen van vestiging en verplaatsing is slechts een eerste stap in de beschrijving van de ruimtelijke dynamiek. In belangrijke mate gaat het om inzicht in veranderingen, die (zullen) optreden in activiteitenpatronen en de oorzaken daarvan. Dat ruimtelijke ontwikkelingen tot discrepanties (kunnen) leiden in de verdeling van ruimte behoeft geen nader betoog. Ruimtelijke ontwikkelingen leiden immers al gauw tot allerlei conflicten en

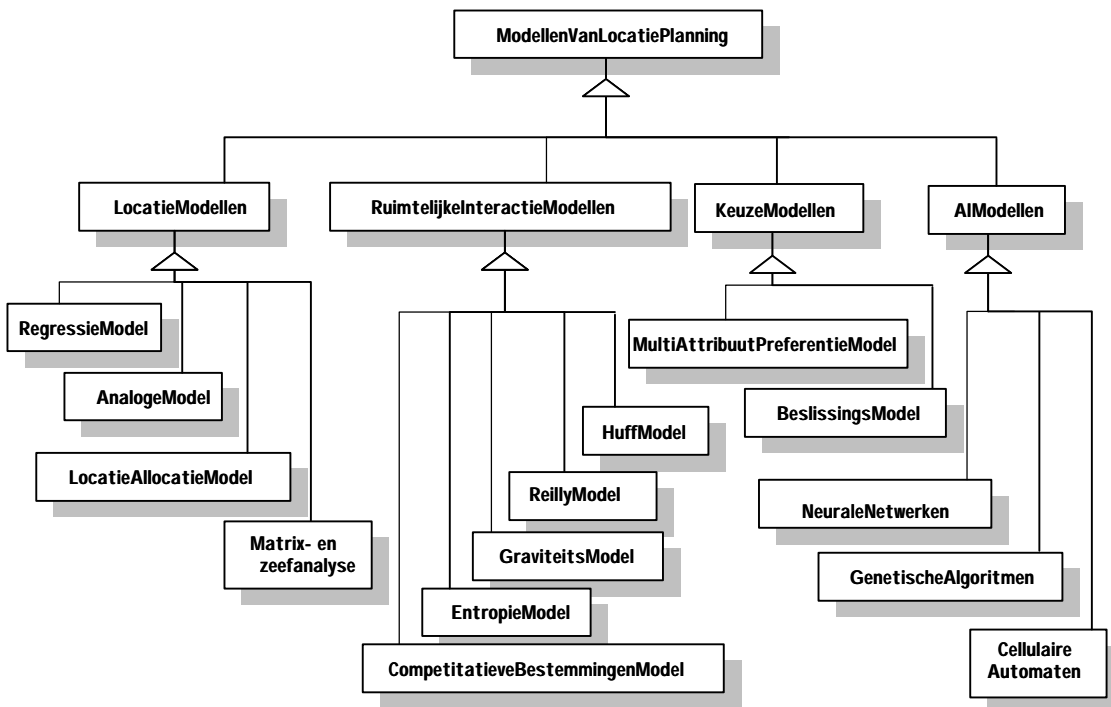
knelpunten gezien de diversiteit aan betrokken actoren en hun uiteenlopende belangen. Dergelijke *ruimtelijke probleemsituaties* komen veelal niet uit zich zelf tot een bevredigende oplossing. Het in goede banen leiden van de (locationele) dynamiek van het ruimtelijk systeem is een activiteit, waarbij actoren met uiteenlopende doelstellingen, belangen en preferenties betrokken zijn. Er is sprake van een locatieprobleem indien een discrepantie bestaat tussen de huidige en gewenste invulling van het ruimtegebruik. Daarbij is sprake van een verstoorde verhouding tussen de vraag naar en het aanbod van ruimte. Er bestaat geen taxonomie van dergelijke probleemsituaties en richtlijnen voor het oplossen van locatieproblemen ontbreken (vooralsnog). Dit is op zich niet verwonderlijk vanwege het feit, dat sprake is van een complexe activiteit met een sterk contextgebonden karakter. Ruimtelijke probleemsituaties, in het bijzonder locatievraagstukken, kenmerken zich door hun *multidimensionaliteit, ongestructureerdheid en complexiteit* (Densham en Rushton 1988). Voor een evenwichtige (her)verdeling van de schaarse ruimte is inzicht in de processen, die de ruimtelijke structuren tot stand brengen en veranderen en de ontwikkelingen die daarvan weer het gevolg zijn, evident. Ten behoeve van het bestemmen en (her)verdelen van de geografische ruimte wordt een uiteenlopend instrumentarium aangewend, zoals wet- en regelgeving, planprocedures, (wetenschappelijk) onderzoek, beleidsanalyse en informatiesystemen. Het bestuderen van de wederzijdse dynamiek in vestiging en verplaatsing in het ruimtelijk systeem en - indien gewenst - anticiperen op en sturen van ontwikkelingen wordt in deze studie aangeduid met *locatieplanning*. Locatieplanning heeft als onderwerp het proces van (her)bestemmen van de geografische ruimte voor sociaal-economische activiteiten¹. Het meest tot de verbeelding sprekende locatievraagstuk is het zoeken van de 'beste' locatie voor een gegeven bestemming. In een tijd, waarin ruimte een schaars en kostbaar goed is, is herbesteding een steeds belangrijker onderdeel van locatieplanning. Het monitoren van de geschiktheid van bestaande bestemmingen, de toedeling van middelen naar locatie en de herverdeling van bestemmingen zijn activiteiten, die in toenemende mate een rol (gaan) spelen in locatieplanning. Locatieplanning is daarmee niet alleen een activiteit van de overheid, die verantwoordelijk is voor de evenredige inrichting van de schaarse ruimte, maar ook voor private ondernemingen en individuen met ruimtelijk gesitueerde activiteiten. De doelstellingen verschillen uiteraard. Daar waar de overheid ten doel heeft een inrichting van de ruimte na te streven, waarbij de actoren en activiteiten op evenwichtige wijze tot hun recht komen, ligt bij private ondernemingen (en individuen) het accent op efficiëntie en effectiviteit c.q. het optimaliseren van de bedrijfsresultaten. Door het hanteren van diverse instrumenten proberen overheid en bedrijfsleven het proces van locatieplanning te structureren en de onzekerheid en risico omtrent de te nemen locatiebeslissingen te reduceren.

2.2.2 Modellen van locatieplanning

Locatieplanning is in belangrijke mate gebaseerd op het verkrijgen van inzicht in de - ruimtelijke en niet-ruimtelijke - relaties en samenhang tussen een activiteit op een bepaalde locatie en zijn omgeving. Instrumenten, die worden aangewend om de relatie en samenhang te beschrijven van ruimtelijk vestigings- en verplaatsingsgedrag, zijn modellen van locatieplanning. Verschillende benaderingen en invalshoeken ten aanzien van het bestuderen van vestigings- en verplaatsingsgedrag zijn te onderscheiden. Deze benaderingen onderscheiden zich naar theoretische uitgangspunten en methodologische achtergronden. Zonder de pretentie volledig te zijn, worden hier vijf modelmatige benaderingen voor het bestuderen van vestigings- en verplaatsingsgedrag in locatieplanning onderscheiden (zie figuur 2.1). *Locatiemodellen* hebben de locatie als uitgangspunt. Door gegevens met betrekking tot de bestaande en potentiële locaties voor sociaal-economische activiteiten te verwerken wordt getracht beslissingen in locatieplanning te onderbouwen. De *checklistmethode* is gebaseerd op het samenstellen en evalueren van een set relevante locatiefactoren. Locaties worden aan de hand van deze checklist geëvalueerd en met behulp van een uiteenlopende methoden - zoals multidoeleinstellingsmethoden - gerangschikt. Met name vanwege het structureren en standaardiseren van de gehanteerde locatiefactoren en het daarbij hanteren van een inzichtelijke afwegingsprocedure wordt de checklistmethode veelvuldig toegepast. De benadering kenmerkt zich door een zekere mate van subjectiviteit bij het vaststellen van de checklist en het wegen van de determinante locatiefactoren. Belangrijke typen locatiemodellen zijn analoge modellen, regressiemodellen en locatie-

¹ Locatieplanning wordt beschouwd als een onderdeel van ruimtelijke planning, zoals tot uitdrukking komt in een omschrijving van ruimtelijke planning van Kreukels (1980, pp. 132): ruimtelijke planning als "het strategisch beleid gericht op de ruimtelijke inrichting in functie van het sociaal-cultureel en sociaal-economisch bestel en ten behoeve van bewoning en beleving van de ruimtelijke omgeving door actoren, waarbij de noodzakelijke eisen, die het fysisch milieu stelt, recht worden gedaan. Dit beleid krijgt vorm middels locatie- en ruimtebeslagmaatregelen, technische inrichting, esthetische vormgeving en milieuzorg". Locatieplanning is daarmee een onderdeel van ruimtelijke planning, dat zich vooral richt op het ondersteunen van het nemen van locatie- en ruimtebeslagmaatregelen.

allocatiemodellen. *Analoge modellen* worden aangewend voor het identificeren van potentiële locaties op basis van het functioneren van bestaande activiteiten op analoge locaties. Zowel de checklist als de analoge methode zijn sterk afhankelijk van de kennis, selectie en waardering van locatiefactoren door experts, hetgeen in snel veranderende competitiegevoelige omgevingen gepaard gaat met veel onzekerheden en zeker niet altijd het beoogde resultaat heeft. *Regressiemodellen* worden gehanteerd om de attractiviteit ofwel performance van vestigingslocaties op statistische wijze vast te stellen. Als afhankelijke variabele wordt de attractiviteit van locaties verklaard aan de hand van kenmerken van de locatie en de nabije omgeving. Een derde groep locatie-modellen, die een bijdrage hebben geleverd aan het verklaren van locatiepatronen zijn *locatie-allocatie modellen*. Dit zijn modellen - veelal ontwikkeld binnen de operations research - waarmee op basis van (heuristische) zoekprocedures en doelstellingsfuncties optimale locatiepatronen van sociaal-economische activiteiten bestudeerd kunnen worden (Ghosh en Rushton 1987). Technieken van *matrixanalyse*



en *zeefanalyse* leveren vooral een bijdrage aan locatieplanning vanuit de ontwikkeling en toepassing van geografische informatiesystemen. Deze technieken nemen eveneens de locatie als uitgangspunt voor het leggen van (uiteenlopende) ruimtelijke relaties - in de vorm van geometrische en topologische relaties - met andere locaties. Deze technieken worden vaak toegepast voor het zoeken van ruimtelijke belemmeringen en het uitvoeren van geschiktheidsanalyses.

Figuur 2.1 Overzicht modelbenaderingen van locatieplanning

Ter ondersteuning van locatieplanning worden deze technieken veelal toegepast in combinatie met complementaire modellen, zoals multidoelstellingsmethoden en lineair programmeren (zie verder paragraaf 3.4.2). *Ruimtelijke interactiemodellen* zijn globaal de modellen, die zijn afgeleid van de klassieke locatietheorieën en de graviteitstheorie in het bijzonder. Diverse modelbenaderingen zijn ontstaan vanwege alternatieve analytische afleidingen en methodologie (zie verder paragraaf 2.3.1). In het verlengde van de ruimtelijke interactiemodellen liggen de *keuzemodellen*.

Deze modellen kenmerken zich door het centraal stellen van het keuzegedrag van de relevante actor(en)². Keuzemodellen beschrijven het vestigings- en verplaatsingsgedrag van individuele actoren op basis van individuele beslissingsprocessen. Het individuele keuzegedrag is daarbij afhankelijk van de afweging van diverse attribuutkenmerken van keuze-alternatieven. Volgens Timmermans (1988) kunnen grofweg twee typen keuzemodellen worden onderscheiden: *multi-attribuut preferentiemodellen* en *beslissingsmodellen*. Multi-attribuut preferentiemodellen zijn in veel gevallen gebaseerd op het micro-economische principe van nutsmaximalisatie. Dit leidt tot een preferentiestructuur, waarbij op basis van het principe van nutsmaximalisatie het

² Vanwege de grondslag van keuzemodellen in het gedrag van individuele actoren en het belang van keuze- en beslissingsgedrag van individuele actoren in locatieplanning zijn voor het beschrijven van het vestigings- en verplaatsingsgedrag keuzemodellen te prefereren boven locatiemodellen (Timmermans 1994).

alternatief met het grootste nut wordt gekozen (zie verder paragraaf 2.3.3). Beslissingsmodellen zijn meer gebaseerd op veronderstellingen, waarbij beperkingen worden opgelegd aan de 'keuzevrijheid' van individuen (zie verder paragraaf 2.3.4). In volgende paragraaf worden benaderingen geschetst, die het verplaatsings- en vestigingsgedrag van de actoren in de geo-grafische ruimte beschrijven en verklaren.

Tenslotte zijn ook de 'intelligente' modelbenaderingen te noemen (Openshaw 1992). Deze benaderingen danken hun soortnaam aan hun ontstaan in de *artificiële intelligentie* (kortweg AI). Voorbeelden van deze modelsoorten en -technieken, die een meer-waarde voor locatieplanning kunnen hebben, zijn neurale netwerken, genetische algoritmen en cellulaire automaten. *Neurale netwerken* (kortweg NN) zijn rekenmodellen gebaseerd op de werking van biologische hersenen; een NN bestaat uit een aantal processoren, die met elkaar in verbinding staan en signalen doorgeven. Deze signalen worden door de rekenfuncties van de neuronen en de geleidbaarheid van de verbindingen daartussen bepaald. De werking van een neuraal netwerk wordt gevoed aan de hand van leerregels, waardoor NN lerende in plaats van geprogrammeerde systemen zijn. Verschillende toepassingen van NN voor locatieplanning zijn denkbaar, zoals het gebruik van neurale netwerken voor het beschrijven van ruimtelijke interacties (Openshaw 1992), classificatie en gebiedsgeschiktheidsanalyse (Wang 1994) en optimalisatieproblemen (Fischer en Gopal 1993). *Genetische algoritmen* (kortweg GA) zijn zoektechnieken voor het oplossen van complexe optimalisatieproblemen.

In geval van problemen met veel gegevens, meerdere lokale optima, veel vrije parameters en/of complexe samenhang tussen de parameters, worden GA-algoritmen en aanverwante evolutionaire algoritmen ingezet. Met een oorsprong in de evolutieleer maken deze technieken gebruik van een populatie van kandidaatoplossingen met een specifieke gen-representatie, van seksuele gen-recombinatie en een survival-of-the-fittest selectiemethode. Genetische en aanverwante evolutionaire algoritmen vinden hun toepassing in geografische gebieden en in de context van geografische informatiesystemen, bijvoorbeeld in de winkellocatieplanning (Pereira *et al.* 1994). *Cellulaire automaten* (kortweg CA) hebben hun oorsprong in de wiskunde. Een CA-model bestaat uit een systeem van aaneengesloten cellen met ieder een unieke toestand. Vervolgens zorgt het CA-model ervoor dat met behulp van de transitierregels transities van toestand van cellen in de tijd plaatsvindt. De eerste geografische CA-beschouwing (Tobler 1979) heeft geleid tot enkele recente toepassingen in geografische probleemdomen (zie bijvoorbeeld Roy (1996), Sanders (1996) en White en Engelen (1994)).

2.3 Theorie en keuzemodellen van locatieplanning

2.3.1 Achtergronden; de klassieke locatietheorieën

De bestudering van vestigings- en verplaatsingsgedrag heeft zijn oorsprong in de *klassieke locatietheorieën*. De locatietheorieën van Von Thünen, Weber en Christaller zijn wellicht de meest bekende voorbeelden van ruimtelijke theorieën omtrent de locatie van economische activiteiten. Deze locatietheorieën hebben aanleiding gegeven tot een veelheid aan geografische studies, waarin is getracht deze theorieën te toetsen en alternatieve theorieën omtrent de locatie van economische activiteiten te ontwikkelen.

De klassieke locatietheorieën hebben een belangrijke bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van conceptuele kaders en denk-beelden voor de bestudering van ruimtelijke structuren en locatiepatronen voor economische activiteiten. Voor het doorgronden van de dynamiek in locatiepatronen en de economische ontwikkeling van regio's en steden zijn de onderliggende assumpties in de klassieke locatietheorie echter te beperkt gebleken³ (Lambooy 1995). Een andere invalshoek van waaruit een stroom aan studies naar wetmatigheden in de (relatieve) locatie en spreiding van economische activiteiten is ontstaan, zijn studies waarin het beschrijven en verklaren van locatiepatronen vanuit de *graviteits-theorie* van Newton plaatsvindt. De graviteits- of zwaarte-krachttheorie veronderstelt dat twee massa's m_i en m_j elkaar aantrekken met een kracht a_{ij} , die evenredig is aan hun massa's en omgekeerd evenredig aan het kwadraat van de afstand d tussen massa i en j :

$$a_{ij} = m_i \cdot m_j \cdot d_{ij}^{-2} \quad (2.1)$$

³ De onrealistische veronderstellingen in deze locatietheorieën betreffen vooral het keuzegedrag van de relevante actoren in relatie tot de ruimtelijke spreiding van economische activiteiten en de geografisch ruimte, zoals volledig geïnformeerde, rationeel handelende individuen, uniforme geografische ruimten, minimalisatie van transportkosten en het ontbreken van agglomeratie- en competitie-effecten (Lambooy 1995).

De eerste geografische analogie wordt door Ravenstein in 1885 geïntroduceerd voor de bestudering van migratiestromen tussen Engelse steden. Young en Reilly volgen respectievelijk in 1924 en 1931 met studies betreffende migratie van boeren en koopstromen in de retailsector. De eerste 'volledige' graviteitsmodellen zijn van Stewart in 1941 en Zipf in 1949 en zijn:

$$T_{ij} = k \cdot O_i \cdot D_j \cdot d_{ij}^{-2} \quad (2.2)$$

waarbij T_{ij} de totale interactiestromen tussen oorsprong i en bestemming j representeert, O_i en D_j de stuwende en attractievariabelen van oorsprong i en bestemming j zijn, k een schalingsfactor is en d_{ij} de afstand tussen oorsprong i en bestemming j weerspiegelt. Dit graviteitsmodel heeft geleid tot een grote hoeveelheid studies omtrent de theoretische afleiding en praktische aspecten van ruimtelijke interactie in sociaal-economische systemen (voor achtergronden en ontwikkelingen zie De la Barra 1990; Fotheringham en O'Kelly 1989; Nijkamp en Reggiani 1992; Sen en Smith 1995). De varianten op het graviteitsmodel, aangeduid onder de noemer *ruimtelijke interactiemodellen*, zijn ontstaan als gevolg van modificaties in analytische afleiding, schattingsprocedure of toepassingsveld en staan - in chronologische volgorde - bekend onder namen als *law of retail gravitation* (Reilly 1931), *minimum effort model* (Zipf 1949), *model of consumer behavior* (Huff 1964), *intervening opportunity model* (Stouffer 1969), *entropy model* (Wilson 1970), *multiplicative competitive interaction model* (Nakanishi en Cooper 1974) en *competing destination model* (Fotheringham 1983). Het gebruik van ruimtelijke interactiemodellen heeft onder andere geleid tot geïntegreerde modellen voor het economisch functioneren van steden en regio's als gesloten systemen. Lowry (1964) ontwikkelde een model, waarin graviteitsprincipes werden toegepast om relaties tussen twee subsystemen in een stedelijke structuur (de residentiële sector en retail sector) met behulp van een attractie- en productie-beperkt interactie model te verklaren. Het Lowry-model en de nadien ontwikkelde varianten kenmerken zich door het proces van ruimtelijke verdeling en herverdeling tussen de subsystemen (zie De la Barra 1990; Putman 1991). In de loop van de tijd is bij de bestudering van het totstandkomen van ruimtelijke interactiestromen en locatiepatronen het onderliggende ruimtelijke keuzegedrag van individuele actoren in toe-nemende mate centraal komen te staan. De accenten zijn langzamerhand verlegd van een evenwichtige verdeling van ruimtelijk stromen binnen een (gesloten) ruimtelijk systeem, naar benaderingen waarin het ruimtelijk keuzegedrag van de individuele actoren wordt bestudeerd. Dit heeft geleid tot de *gedragmatige benadering* die zich kenmerkt door de aandacht voor het individuele afwegingsproces, waarbij preferenties, cognitie, beslissingsregels en keuze de centrale begrippen zijn.

De gedragmatige benadering heeft in belangrijke mate zijn grondslag in het economisch denken. In de klassieke locatietheorie zijn de actoren voorgesteld als volledig geïnformeerde, rationeel handelende individuen. De ondernemer en de consument worden overeenkomstig de neo-klassieke opvattingen uit de micro-economische wetenschap gezien als homo economicus, die slechts reageert op prijssignalen en waarbij sociaal contact slechts via de markt tot stand komt. Een belangrijke aanzet tot toe-nemende aandacht voor de gedragmatige benadering werd gegeven door Huff (1964). Huff ontwikkelde een graviteitsmodel voor de detailhandel, waarin het afwegingsproces van de consument werd gebaseerd op een nutsfunctie; de winkelvestiging, die de consument het hoogste nut verschaft, wordt uiteindelijk gekozen (nutsmaximalisatie):

$$U_{ij} = A_j \cdot d_{ij}^{-\beta} \quad (2.3)$$

waarbij,

- U_{ij} = het nut, dat consument i aan winkelvestiging j toekent;
- A_j = de attractiviteit van winkelvestiging j ;
- d_{ij} = de afstand tussen consument i en winkelvestiging j ;
- β = de te schatten afstandvervalparameter⁴.

Huff heeft bovenstaande nutsfunctie gecombineerd met de micro-economische benadering van keuze axioma's (Luce 1959). Het resulterende model bepaalt de kans dat een consument een winkelvestiging bezoekt, zijnde de ratio van het nut van de

⁴ Verondersteld wordt, dat β negatief is waardoor het nut afneemt naarmate de consument een grotere afstand aflegt. Bij klassieke graviteitsmodellen wordt de parameterwaarde van β a priori vastgesteld, terwijl bij de gedragmatige (keuze)benadering de parameter β wordt geschat op basis van waargenomen gedrag.

winkelvestiging en het nut van alle winkelvestigingen door de consument gezien (Luce 1959):

$$P_{ij} = \frac{U_{ij}}{\sum_{k=1}^n U_{ik}} \quad (2.4)$$

waarbij P_{ij} de kans is dat consument i winkelvestiging j bezoekt. Door vergelijking (2.3) in (2.4) te substitueren, ontstaat het bekende Huff-model (Huff 1964):

$$P_{ij} = \frac{A_j \cdot d_{ij}^{-\beta}}{\sum_{k=1}^n A_k \cdot d_{ik}^{-\beta}} \quad (2.5)$$

De behoefte om nader te kijken naar individueel ruimtelijk keuzegedrag en de rol van informatie en kennis daarbij, werd door Pred (1967; 1969) en Rushton (1969) naar voren gebracht. Zowel Pred als Rushton pleitten voor meer aandacht voor het keuze-gedrag van individuen in de ruimte; gericht op het vinden van de individuele beslissingsregels, die werden gehanteerd onafhankelijk van de ruimtelijke structuur. Rushton introduceerde daarbij de termen 'behaviour in space' and 'spatial behaviour', zijnde respectievelijk het gedrag opgelegd door de ruimtelijke omgeving en gedrag in de ruimtelijke omgeving gebaseerd op de vrije wil. De ideeën van Pred, Rushton en aanverwanten vinden aansluiting bij de heersende opvattingen op het raakvlak van economie en psychologie. Simon (1959; 1960) introduceerde namelijk het beeld van de 'beperkte rationaliteit': het individu beschikt niet (altijd) over voldoende en zeker niet (altijd) over volledige informatie om een rationele keuzen te maken. Bovendien streeft het individu lang niet altijd naar maximalisatie van winst en het nut, maar is eerder sprake van optimalisatie en sub-optimaal gedrag. De kern van de gedragsmatige benadering wordt gevormd door het idee, dat het ruimtelijk gedrag van individuen te beschrijven is vanuit de 'innerlijke' processen van het individu, die het gevolg zijn van de cognitieve eigenschappen van de menselijk geest. Cognitief wordt hier opgevat als het proces waarmee de mens informatie verwerft, selecteert, ordent en waardeert bij zijn/haar bewuste en onbewuste beslissingen in keuzesituaties. Complexe processen en begrippen als gewaarwording, perceptie, cognitie, evaluatie en beslissingen staan centraal bij het bestuderen van de relatie tussen enerzijds de ruimtelijke en maatschappelijke omgeving en anderzijds het gedrag van het individu. De bestudering van ontwikkelingen rondom het individueel keuzegedrag heeft geleid tot conceptuele en methodologische kaders voor keuzemodellen en de aanwending van deze modellen om de situering, omvang, functie en samenstelling van sociaal-economische activiteiten te kunnen beschrijven. Vanuit de gedragsmatige onderbouwing van keuzemodellen kan gesteld worden, dat dergelijke modellen een belangrijk analytisch instrument vormen voor locatieplanning. Een blik in achterliggende theorie en methodologie is daarvoor evident.

2.3.2 Theorie en benaderingen van ruimtelijk keuzegedrag

Het bestuderen van het ruimtelijk keuzegedrag van individuen is een activiteit waarbij concepten en methoden uit verschillende disciplines een belangrijke rol spelen, zoals de cognitieve psychologie, economie, informatica, geografie en ruimtelijke planning. Dit heeft geleid tot een veelheid aan studies waarin de theorievorming, methodologie en toepasbaarheid rond ruimtelijk keuzegedrag centraal staan. Ondanks de aanwezigheid van een veelheid aan literatuur en onderzoek naar ruimtelijk keuzegedrag en onderliggende beslissingsprocessen, heeft dit vooralsnog niet geleid tot een alomvattende uniforme theorie. Desondanks kan in ieder ruimtelijk keuzeprobleem een aantal fundamentele elementen worden onderscheiden.

Keuzegedrag behelst het kiezen van een alternatief uit een set van alternatieven. Het algemene discrete keuzeprobleem kan als volgt omschreven worden. Gegeven dat een individu i een keuze maakt uit een set N met n alternatieven j , hoe wordt dan een bepaald alternatief j' gekozen? Het individu doorloopt daarbij een beslissingsproces, waarbij de eigenschappen van de alternatieven worden vergeleken en beoordeeld. In ruimtelijke keuzesituaties gaat het om in de ruimte gesitueerde alternatieven of keuzemogelijkheden. Een viertal elementen zijn aanwezig in elk ruimtelijk keuzeprobleem (Fotheringham en O'Kelly 1989):

1. Het keuzeprocess is discreet; een alternatief wordt gekozen of niet;
2. De alternatieven zijn ruimtelijk gesitueerd, zodat sprake is van een ruimtelijk patroon waarin verschillende alternatieven een

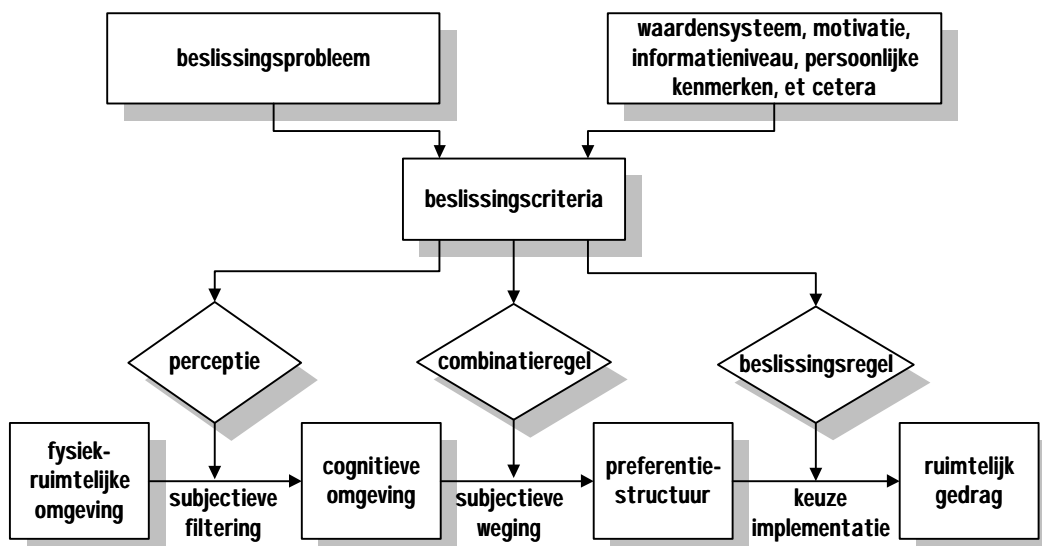
- competitieve relatie onderhouden;
3. Elk alternatief is op een gefixeerde afstand van het individu gesitueerd;
 4. Elk alternatief kan in een set kenmerken gedefinieerd worden: locatie-onafhankelijke factoren, situatiegebonden factoren (de relatieve locatie van een alternatief) en separatiefactoren (de ruimtelijke separatie tussen individu en alternatief).
- Vanwege de geografische situering van de keuze-alternatieven zijn enkele relevante verschillen te constateren tussen ruimtelijke en niet-ruimtelijke keuzesituaties Fotheringham (1988a):

1. Het aantal ruimtelijke alternatieven is veelal groter dan het aantal alternatieven in een niet-ruimtelijk keuzeproces;
2. Individuen evalueren alternatieven vaak in groepen of clusters. De niet-ruimtelijke alternatieven zijn eenvoudiger in groepen te verdelen dan ruimtelijke alternatieven. Ruimtelijke alternatieven zijn continu verdeeld, waardoor een indeling op basis van de geografische ruimte niet eenvoudig is;
3. In een niet-ruimtelijke keuzesituatie zijn de alternatieven in eenzelfde cluster willekeurig gerangschikt en in gelijke mate substitueerbaar. In ruimtelijke keuzesituaties is niet altijd sprake van gelijke substitutie-effecten vanwege de ruimtelijke spreiding van alternatieven; des te meer twee alternatieven ruimtelijk gescheiden zijn, des te minder substitueerbaar deze twee alternatieven voor een individu zijn. Kortom, indien de afstand tussen twee alternatieven toeneemt, neemt de mate van substitutie tussen de beide alternatieven voor het individu af;
4. In niet-ruimtelijke keuzesituaties is het cluster alternatieven constant voor alle individuen. In ruimtelijke keuzesituaties leidt de geografische spreiding van individuen tot verschillende percepties ten aanzien van de ruimte en de clusters van alternatieven.

De specifieke kenmerken van ruimtelijke keuzesituaties leiden bijvoorbeeld tot de aanwezigheid van ruimtelijke contexteffecten (Eagle 1988). Bij het ontwikkelen van een ruimtelijk keuzemodel zal terdege rekening moeten worden gehouden met de aanwezigheid van dergelijke ruimtelijke effecten.

Hoe verloopt nu het afwegings- of beslissingsproces van een individu in een ruimtelijke keuzesituatie? Op deze vraag is zeker geen eenduidig antwoord mogelijk. Ruimtelijk keuzegedrag is complex, van uiteenlopende aard en omvang en wellicht te divers om met één enkele theorie te kunnen beschrijven. Een algemene theorie van ruimtelijk keuzegedrag is derhalve niet voorhanden. Dat neemt niet weg, dat getracht is conceptuele kaders te ontwikkelen. Een conceptueel model van individueel keuzegedrag, waarin een belangrijk deel van de ontwikkelde en toegepaste modellen van ruimtelijk keuzegedrag ondergebracht kunnen worden, is - naar Timmermans (1981) - weergegeven in figuur 2.2. Dit conceptuele model, oorspronkelijk ontwikkeld voor het bestuderen van individueel keuzegedrag van winkelcentra door consumenten, laat zich als volgt interpreteren. Verondersteld wordt, dat een individu boodschappen gaat doen. Het individu heeft een *beslissingsprobleem*: de keuze uit de aanwezige winkel-vestigingen in zijn/haar omgeving. Elke winkelvestiging wordt gekenmerkt door een groot, maar eindig aantal eigenschappen of kenmerken, onder andere de relatieve locatie. Het beslissingsprobleem omvat het afwegen van alle winkelmogelijkheden op de kenmerken van de winkel-vestigingen door het individu. Dit geschiedt tegen de achtergrond van bepaalde *beslissingscriteria*, die het individu

hanteert ten aanzien van het beslissings-probleem. Verondersteld wordt verder, dat de beslissingscriteria eveneens afhankelijk zijn van het individueel *informatieniveau*; informatie omtrent de winkelstructuur in zijn/haar omgeving, die het individu heeft verzameld en opgeslagen onder invloed van *motivatie, waarden en persoonsgebonden karakteristieken*. In het algemeen wordt daarbij verondersteld, dat individuen slechts bekend zijn met een deel van de alternatieven in de



Figuur 2.2 Conceptueel model van ruimtelijk consumentengedrag (Timmermans 1981)

geografische werkelijkheid. Individuen zijn niet, zo wordt verondersteld, volledig geïnformeerd omtrent alle kwantitatieve en kwalitatieve eigenschappen van de winkelstructuur, laat staan dat een rationele afweging van het keuzeprobleem plaatsvindt. Het individu beschikt niet over de volledige informatie omtrent de aanwezige winkelvestigingen en de (objectief) waarneembare verschillen tussen de winkels, maar heeft slechts kennis van een beperkt aantal keuzemogelijkheden en factoren. Door *perceptie* van de objectief waarneembare *fysische werkelijkheid* vindt *subjectieve filtering* plaats met als gevolg dat het individu een *cognitief beeld* van de winkelstructuur in zijn/haar omgeving heeft opgebouwd. Cognitief betekent hier, dat niet alle alternatieven en eigenschappen daarvan in overweging kunnen worden genomen, vanwege het feit dat ieder individu beperkte informatie en kennis heeft van de geografische omgeving. Vervolgens evalueert het individu de informatie tot een totaalbeeld omtrent ieder afzonderlijk keuze-alternatief. Deze *subjectieve afweging* omvat het belangrijkste onderdeel in het beslissingsproces met als resultaat een rangorde of *preferentiestructuur* van mogelijke alternatieven. Een tweetal *combinatie-regels* wordt veelal gebruikt in ruimtelijke keuzesituaties: additieve en multiplicatieve combinatieregels. Bij de additieve combinatieregels draagt elk oordeel onafhankelijk bij tot het totaaloordeel, terwijl bij multiplicatieve combinaties hoge en lage oordelen elkaar niet compenseren. Op de resulterende rangorde wordt vervolgens door het individu een *beslissingsregel* toegepast. De veel toegepaste hypothese van de nutsmaximalisatie veronderstelt, dat het individu de winkelvestiging met de hoogste score kiest, waarna vervolgens het *ruimtelijk gedrag* zich manifesteert.

Er zijn verschillende varianten ontwikkeld op het bovenstaande conceptueel model van het ruimtelijk keuzegedrag van consumenten. Het bovenstaande model beschouwt het menselijk individu als 'active decision maker'; de verklaring van het gedrag wordt mede en soms uitsluitend bij het individu gelegd en niet in de ruimtelijke omgeving. Het individu of de mens beschikt over een vrije wil, heeft aspiraties, kent waarden en normen, denkt en voelt. Een andere benadering beschouwt het individueel handelen als resultante van de beperkingen, die aan de beslissings-, keuze-, en handelingsvrijheid van het individu worden opgelegd. Allerlei beperkingen in de maatschappelijke en ruimtelijke omgeving van het individu leiden tot 'reactive behaviour', waarbij preferenties niet altijd tot daadwerkelijk gedrag (kunnen) leiden (Desbarats 1983). In deze context bespreekt Couclelis (1986a) een conceptueel model van ruimtelijk keuzegedrag vanuit de theorie van 'productiesystemen' afkomstig uit de artificiële intelligentie en het 'information-processing' paradigma uit de cognitieve psychologie. De theorie van productie-systemen is gebaseerd op het lange en korte termijn geheugen van de menselijke individu. Ook Van der Smagt en Lucardie (1991) bespreken een tweetal paradigma's binnen de cognitieve psychologie voor individueel beslissingsgedrag: het paradigma van de 'information-processing' en het 'constructivisme'. Een andere benadering wordt voortgezet vanuit de 'relationele' visie op begrippen (Lucardie 1988). In de relationele begripsanalyse vindt operationalisatie van begrippen plaats binnen de actor-gebonden context. De actor, voor wie het begrip inhoud krijgt, stelt voorwaarden en legt beperkingen op aan de context en andersom. Ook hier geldt dat de individuele eigenschappen, voorwaarden en/of beperkingen centraal staan in het keuzegedrag van actoren. Een andere verwante benadering is de geografische tijd-ruimte benadering ontwikkeld door Hägerstrand (1970). Het tijd-geografisch model bestudeert het ruimtelijk gedrag van individuen vanuit de beperkingen, die aan individuen worden opgelegd. Biologische beperkingen, beperkingen in tijd en ruimte en beperkingen opgelegd door de overheid leiden tot individuele tijd-ruimte prisma's, die volgens Hägerstrand uitgangspunt dienen te zijn voor een meer 'humaan' sociaal-economisch ruimtelijk beleid.

Kortom, er kan gerust gesteld worden dat een uniforme theorie van ruimtelijk keuzegedrag vooralsnog ontbreekt. Conceptuele modellen van ruimtelijk keuzegedrag zijn ontwikkeld vanuit verschillende invalshoeken. De theoretische afleidingen staan sterk in relatie met de ontwikkelde modellen om ruimtelijk keuzegedrag te beschrijven. In deze studie wordt - naar Timmermans (1988) - een indeling in *multi-attribuut preferentiemodellen* en *beslissingsmodellen* gehanteerd. Multi-attribuut preferentie-modellen beschrijven het individuele keuzegedrag, zoals in het bovenstaande conceptuele model van ruimtelijk keuzegedrag is weergegeven (zie figuur 2.2). Beslissingsmodellen zijn meer gebaseerd op conceptuele modellen, die uitgaan van de beperkingen in keuzevrijheid bij individueel gedrag.

2.3.3 Multi-attribuut preferentiemodellen; het multinomiale logitmodel

De meest bekende voorbeelden van multi-attribuut preferentiemodellen zijn (varianten van) discrete keuzemodellen (Timmermans en Gollidge 1990). De achterliggende theoretische en methodologische beginselen rondom multi-attribuut preferentiemodellen

worden veelal aan de hand van de *discrete keuze theorie* en het afgeleide *multinomiale logitmodel* besproken⁵. Hier wordt het multinomiale logitmodel als uitgangspunt genomen vanwege de relatief inzichtelijke structuur en onderliggende assumpties. Het multinomiale logitmodel kan worden afgeleid van de ‘random utility’ theorie, die een micro-economische verklaring van individueel keuzegedrag geeft. De theorie veronderstelt, dat individueel keuzegedrag is gebaseerd op het kiezen van alternatieven op basis van de eigenschappen of attribuutkenmerken van deze alternatieven. Het individu ontleent aan ieder afzonderlijk attribuutkenmerk van het alternatief een hoeveelheid nut en heeft een waardering voor ieder alternatief als geheel gebaseerd op deze nutswaardering per afzonderlijk attribuutkenmerk. Er wordt daarbij verondersteld, dat individuen nutsmaximaliserend gedrag vertonen, dat wil zeggen individuen kiezen het alternatief dat hen het meeste nut verschaft. De theorie wordt als volgt afgeleid. Allereerst wordt verondersteld, dat individu i ($i = 1 \dots N$) een rationele keuze maakt uit een set S bevattende de alternatieve keuzemogelijkheden, $S = \{S_t\}$ met $t = 1 \dots T$. Daarnaast wordt verondersteld, dat een (niet te observeren) nutswaarde U_{it} bepaald wordt door een geparameteriseerde functie van de attribuutkenmerken Z_t van ieder alternatief t en de (socio-economische kenmerken E_i van individu i , die verhoogd wordt met een stochastische storingsterm; dus $U_{it} = U(Z_t, E_i, \Theta) + \tau_{it}$ waarbij Z_t en E_i vectoren met kenmerken zijn, Θ een vector met parameters is en τ_{it} een stochastische storingsterm met een bekende (geparameteriseerde) verdeling is. De kans, dat een individu i uit keuzeset S het alternatief S_t kiest, is nu als volgt:

$$P(S_t | Z_t, E_i, \Theta) = \text{Prob}(U_{it} \geq U_{ig}, g=1, \dots, T | Z_t, E_i, \Theta) \tag{2.6}$$

Vervolgens wordt verondersteld dat de structuur van de nutsfunctie $U(Z_t, E_i, \Theta)$ bekend is, terwijl de parameterwaarden onbekend zijn en een deel van de Z_t en E_i kenmerken niet waargenomen kunnen worden maar wel een bepaalde kansverdeling hebben. Neem x'_{it} als vector van wel waargenomen kenmerken van Z_t en E_i . De vector Θ bevat parameters - aangeduid met β -, die het belang van de waargenomen kenmerken weergeven en parameters - aangeduid met δ -, die het belang van de niet-waargenomen kenmerken weergeven. De nutswaarde U_{it} kan nu beschouwd worden als een stochast met een bepaalde kansverdeling geconditioneerd op de waarden van de onbekende Θ en de bekende x'_{it} . In het algemeen wordt aangenomen dat de nutsfunctie een ‘linear-in-de-parameters’ additieve vorm heeft:

$$U_{it} = x'_{it} \beta_{it} + x_{it} \delta_{it} + \tau_{it} \tag{2.7}$$

$$= V_{it} + \epsilon_{it} \tag{2.8}$$

waarbij x'_{it} de waargenomen en x_{it} de stochastische niet waargenomen kenmerken zijn van het nut van alternatief t voor individu i en $\epsilon_{it} = x_{it} \delta_{it} + \tau_{it}$ een stochastische storingsterm. De stochastische storingsterm representeert de verschillen tussen de voorkeuren van individuen en de gevoeligheid voor niet waargenomen kenmerken, waarbij δ_{it} de parameterwaarden bij de niet waargenomen kenmerken zijn en τ_{it} een exogene stochastische storingsterm. De vector ϵ_i (ϵ_{it} , $t = 1, \dots, T$) heeft een verdeling geconditioneerd op x'_{it} en δ_{it} die in de parameterklasse $F(\epsilon_i | x'_{it}, \delta_{it})$ ligt. In de theoretische en praktische beschouwingen omtrent discrete keuzen is het voldoende gebleken te veronderstellen, dat F de onafhankelijke en identiek verdeelde Weibull verdeling weergeeft en geen covariantie tussen de kenmerken en de storingsterm aanwezig is (δ_{it} is nul). Hieruit is het MultiNominale Logitmodel (kortweg MNL-model) afgeleid (Cramer 1991):

$$P(r | x_i, \beta_t) = \frac{e^{V_{it}}}{\sum_{k=1}^N e^{V_{ik}}} \tag{2.9}$$

Het MNL-model is een veelvuldig toegepast discreet keuzemodel in de economische, transport- en geografische wetenschappen (zie

⁵ Multi-attribuut preferentiemodellen zijn te verdelen in compositionele en decompositionele modellen. Bij compositionele modellen worden de attribuutkenmerken afzonderlijk ten opzichte van elkaar gewogen met behulp van wegingstechnieken. Bij decompositionele modellen vindt beoordeling van de attribuutkenmerken plaats op basis van de totaalbeoordeling van het keuze-alternatief, zoals bij discrete keuzemodellen gebaseerd op de discrete keuzetheorie.

Wrigley 1985). Het MNL-model is echter niet in alle (keuze)situaties direct toepasbaar vanwege enkele restrictieve eigenschappen van het model (Timmermans en Golledge 1990):

1. Het nut van een keuze-alternatief is onafhankelijk van de attributen van andere alternatieven in de keuzeset;
2. Keuzegedrag is compensatorisch⁶;
3. De modelparameters zijn invariant voor veranderingen in variatie van de attribuuteigenschappen van de keuzeset⁷;
4. Door de introductie van een nieuw alternatief in de keuzeset nemen de kansen tussen de bestaande keuze-alternatieven niet toe;
5. Keuzegedrag wordt niet beïnvloed door indifferentie tussen keuze-alternatieven;
6. De relatieve locatie van de keuze-alternatieven is niet van invloed op de kansen.

De meest in het oog springende restrictieve eigenschap van het MNL-model is de zogenaamde IIA-eigenschap of *Independent of Irrelevant Alternatives* eigenschap (Luce 1959). Het IIA-principe wordt als volgt omschreven. De ratio's van de kansen, dat een individu twee alternatieven kiest, wordt niet beïnvloed wanneer een derde alternatief wordt toegevoegd. De keuze tussen twee alternatieven is onafhankelijk van andere alternatieven. De IIA-eigenschap treedt op vanwege de veronderstelling dat de randomcomponenten onafhankelijk en gelijkmatig verdeeld zijn en leidt tot het ontbreken van substitutie- en dominantie-effecten. Substitutie-effecten treden op bij de introductie van een nieuw keuze-alternatief; dominantie-effecten treden op indien het te introduceren alternatief domineert in één van de eigenschappen waardoor de kans groter wordt. In beide gevallen echter, leidt het multinomiale logitmodel niet tot een grotere kans.

Een ander aspect van contextafhankelijkheid in ruimtelijke keuzemodellen is de kans op ruimtelijke niet-stationairiteit. Het betreft de variatie in de modelparameters dat kan optreden als gevolg van de invloed van de ruimtelijke structuur van keuze-alternatieven. Ruimtelijke structuureffecten duiden op de relatieve locatie van keuze-alternatieven ten opzichte van elkaar en worden doorgaans aangeduid met competitie- en agglomeratie-effecten (Fotheringham 1986). Competitie-effecten duiden op de ruimtelijke nabijheid van competitiegevoelige keuze-alternatieven, waardoor de kans op keuze voor die alternatieven afneemt. Agglomeratie-effecten beogen het tegenovergestelde; de ruimtelijke nabijheid van andere keuze-alternatieven verhoogt de kans op interactie. Verschillende auteurs wijzen erop, dat de samenstelling van de set van keuzemogelijkheden van invloed is op parameterschattingen in MNL-modellen (Barnard 1987; Black 1984; Fotheringham & O'Kelly 1989). Het ten onrechte opnemen of weglaten van keuzemogelijkheden in de keuzeset leidt tot een onzuiver model en onderschatte kanswaarden voor andere keuzemogelijkheden. Het MNL-model biedt de mogelijkheid om deze ruimtelijke en gedragsmatige aspecten van de individuele keuze mee te nemen door voor ieder individu een specifieke keuzeset te definiëren.

De restrictieve eigenschappen van het MNL-model hebben geleid tot de ontwikkeling en toetsing van een reeks van afgeleide, minder restrictieve modellen. Zo heeft de IIA-eigenschap geleid tot modificaties in het conventionele MNL-model, waarbij drie benaderingen te onderscheiden zijn: modellen zonder onafhankelijke, identiek verdeelde storingstermen, die wel correlaties tussen storingstermen en/of verschillen in variantie in de storingstermen toestaan, modellen met alternatieve specificaties en sequentiële keuze modellen (voor een overzicht zie Timmermans en Golledge 1990). Multinomiale probit-, dogit-, nested logit- en elimination-by-aspectsmodellen zijn voorbeelden van alternatieve discrete keuzemodellen, die zich kenmerken door een uiteenlopende theoretische afleiding en praktische toepasbaarheid. Het gaat hier te ver al deze afgeleide modellen te bespreken. Volstaan wordt te vermelden, dat het MNL-model - gezien de relatief simpele structuur, afleiding en operationele toepasbaarheid - een geschikt alternatief is voor het beschrijven van keuzegedrag in ruimtelijke keuzesituaties (Borgers en Timmermans 1987; Wrigley 1985). In deze paragraaf is een verkennend beeld geschetst van de theorie, methodologie rond het bestuderen van ruimtelijk keuzegedrag. Daarbij is slechts gekeken naar statisch en unidimensioneel keuzegedrag. Ontwikkelingen op het terrein van dynamisch keuzegedrag, activiteitenpatronen en dynamische discrete keuzemodellen zijn buiten beschouwing gelaten

⁶ De tweede bovengenoemde restrictieve eigenschap van het MNL-model heeft betrekking op het compensatorisch karakter van het model: een lage waarde voor een attribuutkenmerk wordt gecompenseerd door een hoge score op een ander attribuutkenmerk. Het is niet per definitie zo, dat individuen ruimtelijke informatie compensatorisch verwerken.

⁷ Een derde restrictieve eigenschap betreft de context-afhankelijkheid van dit keuzemodel, dat in geval van ruimtelijke keuzesituaties optreedt. Geschatte parameters geven de kenmerken van de bestaande keuzemogelijkheden in een gebied weer; de parameterwaarde van een variabele is laag indien keuze-alternatieven in een gebied weinig variatie vertonen met betrekking tot die variabele. Dit betekent niet, dat de variabele onbelangrijk is in het beslissingsproces, maar heeft wel tot gevolg dat de andere variabelen doorslaggevend worden. Wanneer een dergelijk model wordt gehanteerd om de keuze met een nieuwe keuze-alternatief te schatten, waarvan de eigenschappen afwijken van de alternatieven waarmee het model is geschat, ontstaan onbetrouwbare resultaten.

(zie Nijkamp en Reggiani 1992; Timmermans en Golledge 1990).

2.3.4 Beslissingsmodellen

Beslissingsmodellen komen tegemoet aan situaties waarin sprake is van niet-compensatorisch keuzegegedrag (Timmermans 1988). Beslissingsmodellen of beslissingsheuristieken zijn gebaseerd op niet-compensatorisch beslissingsgedrag, waarbij individuen attribuutkenmerken van keuze-alternatieven één voor één in beschouwing nemen. Vier typen noncompensatorische beslissingsregels worden onderscheiden: conjunctie, disjunctie, lexicografische regels en sequentiële eliminatie. Bij een *conjunctieve* afweging geldt voor elk attribuutkenmerk een minimum score. Indien een alternatief op één kenmerk beneden deze score ligt, wordt het alternatief uit de evaluatie verwijderd. Bij een *disjunctieve* afweging wordt voor elk attribuutkenmerk een maximum grenswaarde vastgesteld. Indien een alternatief aan de grenswaarde voldoet, wordt het alternatief verder in beschouwing genomen. Bij een *lexicografische* afweging rangschikt het individu de kenmerken naar belangrijkheid en selecteert het alternatief dat het hoogst scoort op het belangrijkste alternatief. Bij *sequentiële eliminatie*, waarbij voor ieder attribuutkenmerk eerst een minimumgrens is vastgesteld, worden de attribuutkenmerken willekeurig geselecteerd. Vervolgens worden de alternatieven, waarvoor het desbetreffende attribuutkenmerk de minimumwaarde niet wordt gehaald, uit de keuzeset verwijderd. *Beslissingsregels* worden in de vorm van productieregels met een ALS-DAN structuur gerepresenteerd. Met behulp van logische operatoren kunnen complexe beslissingsregels worden samengesteld. Ook (predikaten)logica, beslissingsnetten, -bomen en -tabellen worden als technieken gehanteerd om dergelijk beslissingsgedrag vast te leggen. Het gaat hier te ver om de verschillende methoden te bespreken (zie Jorna 1992). Volstaan wordt te vermelden dat de opgedane bevindingen met beslissingsheuristieken voor het beschrijven van ruimtelijk keuzegegedrag nog gering zijn (Timmermans en Golledge 1990). Indien keuze-gedrag zich kenmerkt door noncompensatorische elementen en veel interpersoonlijke variatie vertoont in het aantal en type attributen, dan bieden beslissingsmodellen een goed alternatief voor discrete keuzemodellen en multi-attribuut preferentie-modellen (Timmermans en Van der Heyden 1987).

Multi-attribuut preferentiemodellen hebben tot op heden veruit de meeste aandacht gekregen bij het bestuderen van ruimtelijk keuzegegedrag. Ondanks de onderliggende assumpties en context-effecten zijn multi-attribuut preferentiemodellen op velerlei terreinen ingezet voor planningsdoeleinden. Anderzijds kan geconstateerd worden, dat het gebruik van beslissingsmodellen in locatieplanning sterk in de belangstelling staan door het (toenemend) gebruik van informatiesystemen (Davis *et al.* 1987). Door de beschikbaarheid van expert- en kennissystemen is het relatief eenvoudig beslissingsmodellen c.q. productieregels voor het ondersteunen van planningsvraagstukken te hanteren (zie verder paragraaf 4.3). Voorts zijn door de ontwikkeling van geografische informatiesystemen, op beslissingsregels gebaseerde, functies voor kaartoverlaytechnieken op geautomatiseerde wijze binnen handbereik van planners gekomen (zie paragraaf 3.4.1).

2.3.5 Het ontwikkelen en gebruik van modellen in locatieplanning; een probleemgestuurde aanpak

De ontwikkeling en het gebruik van modellen van locatieplanning is complexe activiteit, waarbij theorie, methodologie en toepassing in onderlinge samenhang worden gezien. Bij het ontwerpen van een 'goed' model worden randvoorwaarden gesteld, die van logische, theoretische, methodologische en/of praktische aard zijn (Van Lierop 1985). Logische eisen verwijzen naar de interne consistentie en beperkingen van het model. De theoretische eisen hebben betrekking op de adequate representatie en structuur, het consistent functioneren van het model en de vorm. Bij methodologische overwegingen spelen termen als flexibiliteit, uniformiteit en analogie een rol. Vanuit praktisch oogpunt dient het model een simpele en inzichtelijke structuur te bezitten in relatie tot de beschikbare onderliggende gegevens. De aanwezigheid of afwezigheid van gegevens kan soms van doorslaggevende betekenis zijn bij modelontwikkeling. De praktische context kan er toe leiden, dat gegevens niet in het juiste formaat beschikbaar zijn of niet aansluiten op eisen, die gesteld worden vanuit de functionele en methodologische randvoorwaarden. Ook kan het voorkomen dat de gegevens er wel zijn, maar dat sprake is van onvoldoende combinatie van bestaande, verspreid liggende gegevens. Het is dan een kwestie van probleemgestuurde theorie- of modelbouw en niet een kwestie van nog meer meten. Verder dient het model oplossingsgericht te zijn en effectief ten behoeve van het bereiken van doelstellingen van locatieplanning. De kosten en tijd voor ontwikkelen en onderhouden van het model dienen daarbij beheersbaar te blijven. Stringente richtlijnen voor het ontwikkelen en gebruik van modellen zijn echter niet voorhanden. Het ontwikkelen en gebruik van modellen voor locatieplanning is persoons-, probleem- en situatiegebonden en dient in het licht van de middelen, die ter beschikking staan, te worden beschouwd. Kennis, theorieën en modellen zijn derhalve slechts relevant vanuit een specifieke probleemstelling. Dat maakt planningsrelevante theorie-

en modelbouw probleemgestuurd en probleemgericht (Geurts en Pranger 1997). Gevolg is ook, dat één theorie of model zeker niet in alle probleemsituaties toepasbaar zal zijn. Indicatoren, die voor het ene probleem toepasbaar zijn, kunnen voor het andere probleem verhullend werken. Ook de verschillende probleem-percepties bij actoren dragen erbij toe dat controverses over de te hanteren theorie of model te verwachten zijn, nog meer dan over de gegevens. Tegelijkertijd dient, daarbij opgemerkt te worden, dat het niet zozeer de gegevens zijn die een belangrijke rol spelen in beleidsontwikkeling, maar vooral de betekenis, die daaraan in de probleemcontext wordt gegeven. Die betekenis krijgen de gegevens pas als ze door middel van een bepaalde theorie of model met elkaar in verband worden gebracht (Geurts en Pranger 1997). Naar Openshaw en Goddard (1987) is het proces van modelontwikkeling en modelgebruik in een probleem-gericht raamwerk weergegeven (zie figuur 2.3). Aan de basis van een exercitie van modelontwikkeling en modelgebruik staan de relevante vraagstukken in het probleemdomein en de daaruit voortvloeiende doelstellingen, die ten grondslag liggen aan de ont-wikkeling of bouw van het model. De keuze voor en formulering van een theoretische basis voor het model hangt samen met de te hanteren *doelstelling(en)* en de opvattingen en inzichten betreffende het (keuze)gedrag van relevante actoren in het probleem-domein. De theorie legt de basis voor het verdere proces van modelontwikkeling en bepaalt de kracht en het toepassings-vermogen van het model. Naast een formele *theoretische grondslag* is het mogelijk, dat een probleemgericht *concept* wordt gehanteerd als basis voor modelontwikkeling en -gebruik. Aan de hand van de formulering van de theorie en/of uiteenzetting van een probleemgericht concept vindt de modelspecificatie plaats. *Modelspecificatie* betekent, dat de theorie op formele wijze wordt uiteengezet in een model. De keuze voor het model is afhankelijk van de theoretische uitgangspunten. De modelspecificatie weerspiegelt op formele wijze de veronderstellingen, de componenten en hun onderlinge relaties zoals uiteengezet in de theorie. De componenten in de modelspecificatie zijn één afhankelijke variabele en één of meerdere onafhankelijke variabelen en hun bijbehorende parameters. De relaties tussen deze componenten worden veelal vastgelegd in een additieve of multiplicatieve regel. Veelal synchroon aan de modelspecificatie vindt verdere operationalisatie van de *determinante modelvariabelen* plaats.

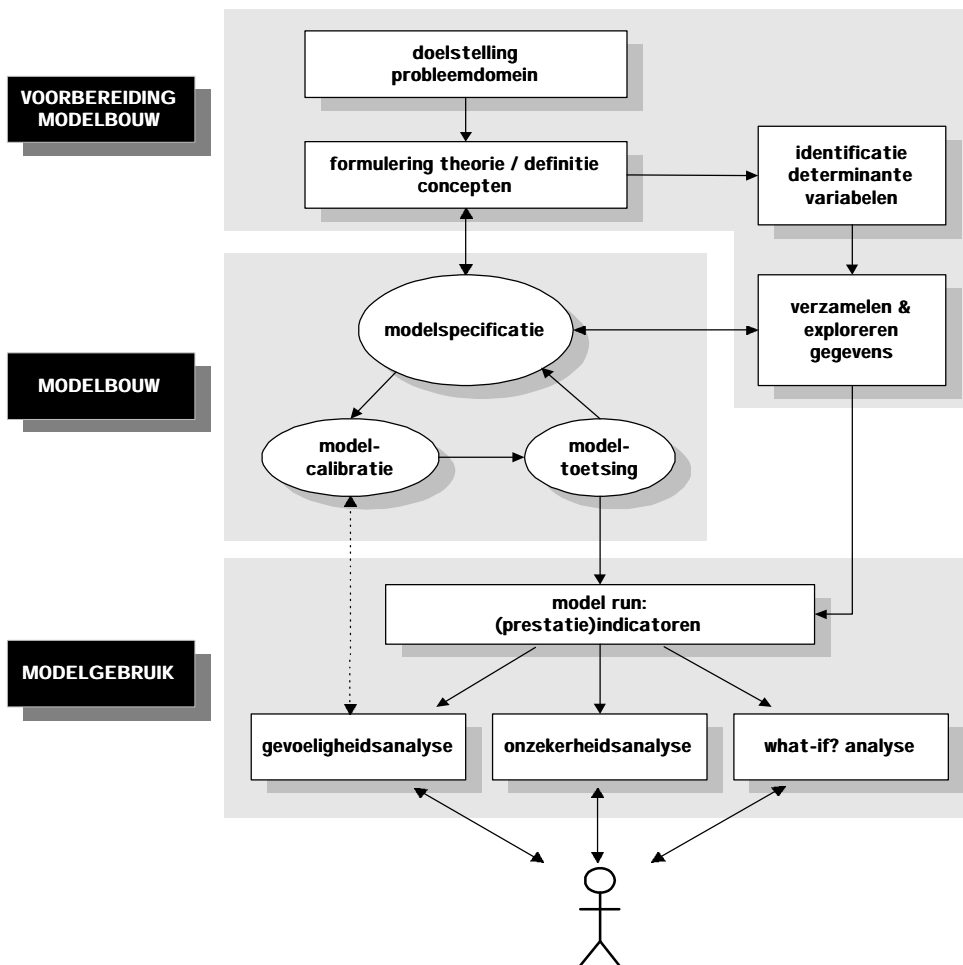
De empirische invulling vindt plaats op basis van al eerder opgedane ervaringen, de veronderstellingen en de relaties in het model, die moeten worden getoetst. De beschikbaarheid en kwaliteit van gegevens is vervolgens richtinggevend in het proces van *gegevensverzameling* en *gegevensexploratie*. In relatie tot de identificatie van determinante variabelen en gegevens-verzameling krijgt de modelspecificatie uiteindelijk zijn definitieve vorm. Daarbij is niet alleen het aantal en type model-variabelen vastgesteld, maar zijn ook de modelparameters in het model aangegeven. De modelparameters bepalen namelijk de mate waarin de modelvariabelen de werkelijkheid beschrijven. Tijdens het vaststellen van de modelparameters of -coëfficiënten - aangeduid met *calibratie* - worden de modelparameterwaarden, veelal op basis van waarnemingen, vastgesteld. Een procedure voor het schatten van de parameterwaarden en een maat, die aangeeft in hoeverre de modelspecificatie overeenkomsten vertoont met de waarnemingen, wordt daarvoor aangewend. Na calibratie vindt *toetsing* plaats, waarbij op basis van de onafhankelijke variabele wordt bezien in hoeverre het model de 'werkelijkheid' weergeeft. Ook voor toetsing geldt, dat vooraf een keuze is gemaakt voor de toetsingsprocedure en -maat. Indien het model voldoende zeggingskracht heeft, kan het model ingezet worden voor planningsexercities. De stuur- of planningsvariabelen van het model bieden de mogelijkheid in te grijpen in het ruimtelijk systeem. Door via de planningsvariabelen van het model veranderingen in het ruimtelijk systeem aan te brengen, kunnen de effecten van planningsmaatregelen op het functioneren van het systeem worden vastgesteld. Het vaststellen van plannings-variabelen is in het licht van het gebruik van modellen essentieel. De *prestatie-indicator* - in eerste instantie de onafhankelijke variabele van het model - geeft aan of de planningsexercitie het gewenste doel bereikt. Deze indicator⁸ geeft een beschrijving van de toestand van het systeem op een bepaald moment. De indicator kan vergeleken worden met het dashboard van een auto of de cockpit van een vliegtuig: ze ondersteunen de bestuurder of de piloot met het nemen van beslissingen voor het besturen van het voertuig. De prestatie-indicator is de modeluitkomst, die direct wordt aangewend voor gebruik in planningsexercities.

In Bertuglia *et al.* (1994) is uiteengezet op welke wijze modeluitkomsten en de daaraan ten grondslag liggende (basis)gegevens

⁸ Johnstone (in Clarke en Wilson 1986) omschrijft een indicator als "it should be something giving a broad indication of the state of the situation being investigated. It does not necessarily do this with a high degree of scientific exactness but it does indicate the general state of what is being examined". Simplificatie is de primaire functie van het gebruik van een indicator. De indicator is het compromis tussen wetenschappelijk nauwkeurigheid en de behoefte aan accurate gegevens en dient aan een aantal eisen te voldoen: de gegevens dienen in een geschikt formaat tot uitdrukking worden gebracht, de indicatoren dienen representatief te zijn voor het gekozen systeem, dienen een wetenschappelijke basis te bezitten en kwantificeerbaar te zijn.

kunnen worden aangewend voor de ontwikkeling en het gebruik van de uitlopende - afgeleide - planningsindicatoren⁹. Naast het vaststellen van indicatoren omtrent het functioneren van (aspecten van) het ruimtelijk systeem is het van belang onzekerheden en gevoeligheden te bepalen ten aanzien van het gebruik van gegevens, modellen en afgeleide planningsindicatoren (Openshaw en Goddard 1987). Naast de beschikbaarheid en toegankelijkheid speelt de kwaliteit van de onderliggende gegevens, de basisgegevens, een rol bij de verwerking tot informatie. Het bekende 'garbage-in, garbage-out'-principe illustreert het belang van

de behoefte aan kwalitatief hoogwaardige gegevens. Aspecten als actualiteit, consistentie, volledigheid, relevantie, vergelijkbaarheid en flexibiliteit dragen in onderlinge samenhang bij tot de kwaliteit van de gegevensverwerking (Nijkamp en Rietveld 1984). Voor het vaststellen van gegevenskwaliteit, onder andere ten opzichte van positionele nauwkeurigheid, worden kwaliteitsindicatoren ontwikkeld. Diverse wiskundige technieken, al dan niet in combinatie met visualisatie, kunnen hiervoor worden aangewend. Wat betreft *onzekerheidsanalyse* bij modelontwikkeling en -gebruik is veelal de vorm en specificatie van de modellen doorslaggevend. Zo zijn bijvoorbeeld preferentiemodellen gebaseerd op een onzekerheidstheorie. Bij beslissingsmodellen ontbreekt echter een dergelijke theorie, zodat onzekerheden op andere wijze worden verdisconteerd, bijvoorbeeld door gevoeligheidsanalyse (zie Reitsma 1990). Door *gevoeligheidsanalyse* toe te passen kunnen bepaalde onzekerheden worden gereduceerd. Afhankelijk van het type model kunnen verschillende vormen van gevoeligheidsanalyse worden



Figuur 2.3 Het ontwikkelen en gebruik van modellen (naar Openshaw en Goddard 1987)

uitgevoerd, waaronder methodegevoeligheid. Onzekerheidsevaluatie en gevoeligheidsanalyse vormen daarmee essentiële onderdelen van het gebruik van indicatoren in planning. Uiteindelijk is het uitvoeren van *what-if? analyse* één van de belangrijkste functies van modelgebruik. Hierbij staat het meten van de effecten van scenario's en stuuracties - via de invoer van alternatieve modelvariabelewaarden - op de performance indicator(en) centraal.

⁹ In locatieplanning geven indicatoren een indicatie van het functioneren van vraag en/of aanbod van het ruimtelijk systeem en kunnen in principe drie typen indicatoren worden onderscheiden: vraag-, aanbod- en interactie(systeem)-indicatoren. De drie typen indicatoren geven een beschrijving van de toestand van de vraagzijde, aanbodzijde en de ruimtelijke relatie tussen vraag en aanbod. De vraagindicator geeft de mate van effectiviteit aan, waarin het ruimtelijk systeem toegang geeft tot het aanbod. De aanbodindicator geeft een beeld van de mate van efficiency, waarin het aanbod in het ruimtelijk systeem als sociaal-economische activiteit functioneert. Naast vraag- en aanbodindicatoren worden interactie(systeem)-indicatoren onderscheiden, die het functioneren van het ruimtelijke systeem beschrijven (Bertuglia *et al.* 1994; Birkin *et al.* 1996; Clarke en Wilson 1986).

2.4 Locatieplanning en de richtinggevende werking van informatie(systemen)

2.4.1 Locatieplanning en de rol van informatie

Locatieplanning is een beïnvloedings- en sturingsproces, waarbij voortdurend *beslissingen* worden genomen. Een scala aan beslissingen van uiteenlopende aard worden onderscheiden, die op één of andere manier betrekking hebben op de (her)inrichting van de geografische ruimte. De effecten van dergelijke beslissingen manifesteren zich in het bijzonder in de gedaante van veranderingen in de locatie en eigenschappen van sociaal-economische verschijnselen en patronen, hetgeen leidt tot nieuwe ruimtelijke structuren en veranderend ruimtelijk gedrag van de relevante actoren. Een evenredige (her)inrichting van de geografische ruimte is derhalve onlosmakelijk verbonden met het verkrijgen van inzicht in het beslissingsgedrag van deze actoren (Timmermans 1994). Het is derhalve niet verwonderlijk dat, gezien het beslissingsgerichte karakter van locatieplanning, informatie een sleutelpositie inneemt bij locatieplanning. Planning is gebaat bij *gegevens* en *informatie*¹⁰ omtrent de effecten van maatregelen en beslissingen met een geografische impact. De rol van informatie in het proces van locatieplanning is daarbij richtinggevend. Met gegevens en informatie begint de beschrijving van de verschijnselen, patronen en processen in de geo-grafische werkelijkheid, waardoor het mogelijk is meer inzicht te verkrijgen omtrent de complexe relaties en afhankelijkheden in het probleemdomain. Vervolgens maakt een gerichte gegevensverwerking en informatievoorziening het mogelijk om indien gewenst in te grijpen in de locatie en spreiding van sociaal-economische activiteiten. Onderzoek naar de effecten van (beleids)maatregelen en te nemen beslissingen staat aan de basis van een effectieve locatieplanning. Dit onderzoek is erop gericht via een proces van gegevensverwerking relevante gegevens aan te dragen omtrent het huidige en toekomstig functioneren van het ruimtelijk systeem. Nijkamp en de Jong (1988, pp. 111) stellen, dat “Informatie is de voortsturende en integrerende basis geworden van publieke besluitvorming en planning. Informatiesystemen zijn daardoor onmisbare instrumenten op alle niveaus van planning en beleid. Beschikbaarheid van relevante gegevens en de aanwezigheid van operationele methoden en technieken om de veranderingen in het ruimtelijk systeem te monitoren zijn belangrijke factoren in een adequate publieke besluitvorming”. Informatiesystemen vormen het medium waarmee de gegevens, veelal van uiteenlopende aard en origine, geïntegreerd en beschikbaar gesteld worden. Enige relativisering ten aanzien van de rol van informatie en de gegevensverwerkende instrumenten in locatieplanning is hier eveneens op zijn plaats. De beschikbaarheid en het gebruik van de gegevens in locatieplanning zullen in het huidige informatie-tijdperk eerder toe dan afnemen (Le Clerq 1990a; 1990b; Couclelis 1991). Termen als ‘overinformatie’ en ‘misinformatie’ geven aan, dat meer gegevens en meer informatie niet bij voorbaat tot ‘betere’ beslissingen leiden¹¹. Daarbij komt informatie op verschillende manieren tot stand; van gerichte gegevensverwerking met behulp van formele modellen tot informatie, die ontstaat via onderhandelingen, informele kanalen, et cetera. Ondanks de structurerende en richtinggevende werking van informatie blijft het uiteindelijke proces van locatieplanning omgeven met onzekerheid, namelijk onzekerheid omtrent (te verwachten) ontwikkelingen in de geografische ruimte; onzekerheid met

¹⁰ De begrippen ‘gegevens’ en ‘informatie’ worden in veel gevallen als synoniemen gehanteerd. In de informatiekunde echter worden beide begrippen niet als equivalenten beschouwd. Gegevens (data) zijn “de objectief waarneembare neerslag van feiten of kennis in of op een drager” (In ‘t Veld 1989, pp. 5). Bemelmans (1994) voegt daar aan toe, dat de gegevens zodanig zijn opgeslagen (een medium) dat ze uitgewisseld kunnen worden. Informatie is “de betekenis die de mens er volgens bepaalde conventies aan geeft of aan ontleent” (In ‘t Veld 1989, pp. 5). Kennis wordt daarbij geleidelijk opgebouwd uit een veelheid aan informatie. “Het plaats nieuwe informatie in een brede context en legt verbanden, maakt een complex geheel overzichtelijk en begrijpelijk.” (In ‘t Veld 1989, pp. 5). Kortom, gegevens en informatie zijn duidelijk te onderscheiden begrippen. Toch wordt de term informatie veelvuldig gehanteerd indien eigenlijk de term gegevens op zijn plaats is. Een karakteristiek voorbeeld is de term ‘informatiesysteem’. Een informatiesysteem is niet zoals de term suggereert een systeem, dat informatie verwerkt. De aanduiding ‘gegevensverwerkend’ systeem is meer consistent. Informatie ontstaat pas nadat een individu gegevens interpreteert (informatie is dus persoonsgebonden). In onderhavige studie wordt de term informatiesysteem (en informatievoorziening) echter wel gehanteerd, vanwege de algemeen inburgering van deze begrippen, ook al is ze eigenlijk onjuist.

¹¹ De invloed van informatie op beslissingen is niet eenvoudig vast te stellen. Veelvuldig wordt het gebruik van informatie aangeprezen vanwege de te verwachten kwaliteitsverbetering van de besluitvorming. Ten behoeve van de waardebeoordeling van informatie c.q. de kwaliteit van informatie in een organisatie zijn echter nauwelijks beproefde meetinstrumenten voorhanden dan wel getoetst (Rijsenbrij 1993; zie ook Van Egten 1994). Informatie en (daaruit voortvloeiend) beslissingsgedrag zijn echter sterk persoons-, probleem- en situatiegebonden, waardoor het bepalen van de (meer)waarde van informatie een complexe zaak (Bemelmans 1994).

betrekking tot het wetenschappelijk onderzoek (de kwaliteit van de gegevens in relatie tot het gebruik van methoden en technieken) en onzekerheid voortvloeiende uit de beslissingsomgeving (politieke acceptatie en subjectiviteit van de bij de beslissingen betrokken actoren). De constatering, dat onderhavige studie zich richt op de bijdrage van wetenschappelijk onderzoek in locatieplanning geeft aan, dat deze bijdrage tevens een beperkte is en omringd wordt en blijft door onzekerheden.

2.4.2 Informatiesystemen voor locatieplanning; gegevens en functies

De computer is inmiddels niet meer weg te denken als hulpmiddel bij het verwerken van gegevens. Bij het geautomatiseerd ondersteunen van de informatievoorziening¹² gaat het niet zozeer om de capaciteiten van de computer, maar om de mogelijkheden de onderliggende gegevens te verwerken en beschikbaar te stellen aan de gebruiker(s). Een terugblik leert, dat in de loop van de tijd een verschuiving is opgetreden in de positie en functie van informatiesystemen in organisaties¹³. Informatiesystemen zijn in de loop der jaren geëvolueerd naar beslissingsondersteunende systemen en zijn “bedoeld om aan mensen informatie te verschaffen voor het besturen¹⁴ van doelgerichte activiteiten” (Bemelmans 1994, pp. 15). De relatie tussen informatiesystemen en beslissen komt ook uitgesproken terug bij Gorry en Scott-Morton (1971, pp. 57), die stellen dat “Information systems should only exist to support decisions”. Rijsenbrij (1993, pp. 667) omschrijft een informatiesysteem als een “stelsel van gegevens en functies met als doel het verzamelen, bewerken, bewaren, transporteren en verstrekken van gegevens ten behoeve van het nemen van beslissingen en het aansturen/bijsturen van activiteiten en processen”. Informatiesystemen hebben daarmee een eenduidige functie: indien een informatiesysteem geen effectieve ondersteuning biedt voor het nemen van beslissingen dan dient de nood-zakelijkheid van het bestaan van het informatiesysteem betwijfeld te worden. Dit geldt ook voor het gebruik van informatie-systemen ten behoeve van

¹² Informatievoorziening kan worden omschreven als “alle bedrijfsactiviteiten en middelen (geautomatiseerd of handmatig) die worden ingezet voor het verzorgen van informatie voor enigerlei onderdeel van het bedrijf” (Rijsenbrij 1993, pp. 674). Het systeem van de informatievoorziening is opgebouwd uit vier lagen: technische infrastructuur, gegevensinfrastructuur, informatiesystemen en de bedrijfsvoering van de informatievoorziening. De technische infrastructuur, als laagste niveau van de informatievoorziening, omvat de apparatuur en besturings-programmatuur (hardware en software voor besturing). Deze laag vormt het fundament voor de gegevensinfrastructuur: de permanente gegevensverzamelingen van de organisatie. De informatiesystemen op een niveau hoger verzorgen de toegankelijkheid van de gegevensinfrastructuur. De bedrijfsvoering van de informatievoorziening omvat zowel de gebruikers van de informatiesystemen, de organisaties voor onderhoud van de informatiesystemen en het beheer van de gegevensinfrastructuur en technische infrastructuur.

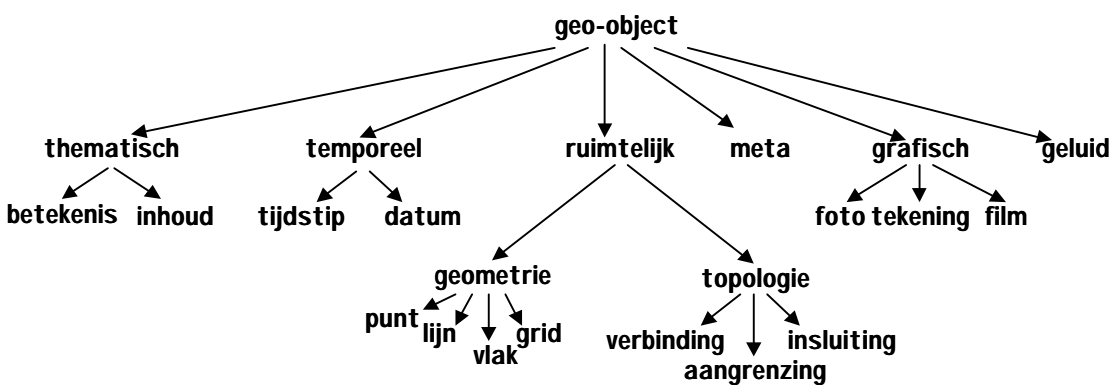
¹³ Lemmen *et al.* (1993) onderscheiden vier fasen in de evolutie van het gebruik van informatiesystemen. In de beginjaren staat het opslaan, manipuleren en produceren van gegevens centraal, waarbij het informatiesysteem hulpmiddel is om op basis van een gegeven invoer een bepaalde uitvoer te genereren (het invoer-uitvoermodel). In de tweede fase heeft het informatiesysteem een coördinerende functie gekregen door als informatiebuffer tussen verschillende activiteiten en processen in de organisatie te fungeren (het informatiestroommodel). Communicatie via het gemeenschappelijk gebruik van centraal aanwezige gegevens (toegankelijk via het informatiesysteem) staat, onder noemer 'informatie- of gegevensbankmodel', in de derde fase centraal. In de huidige fase is het informatiesysteem geëvolueerd tot een hulpmiddel bij het oplossen van problemen. Het informatiesysteem is een hulpmiddel om activiteiten en processen in organisaties te bewaken, het gedrag van een organisatie te ondersteunen en, indien nodig, (bij) te sturen. Informatiesystemen zijn beslissingsondersteunend geworden.

¹⁴ Besturen wordt in de optiek van Bemelmans (1994) beschouwd als synoniem van beslissen. Beslissen kan worden beschouwd als “het geven van de voorkeur aan één van tenminste twee mogelijke en onderkende (potentiële) handelwijzen” (De Jong 1983, pp. 16). Ook in veel andere omschrijvingen van beslissen staat de keuze centraal. Beslissen en besluitvorming omvat echter meer dan alleen het maken van een keuze uit twee of meer alternatieven. Deze stellingname is gelegen in het werk van Simon (1960). Simon ontwikkelde een - inmiddels klassiek - conceptueel model van het proces van beslissen. In het model van Simon wordt beslissen opgevat als een proces bestaande uit drie opeenvolgende fasen: probleemherkenning ('intelligence'), probleemformulering ('design') en keuze ('choice'). Het zoeken, ontwikkelen, analyseren en toetsen van mogelijke oplossingen is een iteratief proces. Indien mogelijke oplossingen en hun effecten zijn gegeneerd dan kan een uiteindelijke keuze worden gemaakt. Beslissen of besluitvorming als activiteit dient derhalve niet beperkt te blijven tot het maken van een keuze. Het rationele besluitvormingsproces van Simon is zeker niet de enige visie op beslissen als activiteit. Dit perspectief van de wetenschappelijke of technische rationaliteit is eerder een beperkte visie. In moderne theorieën van organisatiekunde zijn ook andere aspecten, die een rol spelen in besluitvorming, meegenomen zoals economische, psychologische, organisatorische aspecten. Er heeft geleid tot een verscheidenheid aan benaderingen en theorieën rond het proces van besluitvorming, waaronder benaderingen van de beperkte rationaliteit: politieke beslissingsmodellen en cognitieve stijl van besluitvorming ('garbage-can' en 'muddling through'). Ondanks deze inspanningen blijkt nauwelijks overeenstemming te bestaan omtrent wat onder het proces van beslissen dient te worden verstaan (Bosman 1988).

het ondersteunen van locatieplanning (Densham en Rushton 1988). De essentiële componenten van een informatiesysteem zijn *gegevens* en *functies*, die in onderlinge samenhang de meerwaarde leveren voor de aansturing van planning en besluitvorming. In de context van locatieplanning krijgen de gegevens en functies een specifieke invulling, namelijk een ruimtelijke.

Voor locatieplanning worden gegevens verwerkt, die een relatie met het aardoppervlak hebben ofwel gegevens met een ruimte-lijke component¹⁵. De gegevens representeren objecten uit de geografische werkelijkheid. Deze geografische objecten of *geo-objecten* zijn uniek identificeerbare objecten - reëel of virtueel - met een vaste plaats aan, op of onder het aardoppervlak.

Bij geo-objecten worden diverse uiteenlopende gegevens- of attribuutdimensies onderscheiden (figuur 2.4). In deze studie zal de aandacht gericht zijn op de thematische en ruimtelijke attribuutdimensie. Andere attribuutdimensies, zoals *temporele* attributen (tijdstip, datum, et cetera), *grafische* attributen (beelden, tekeningen, foto's, et cetera), *fonetische* attributen (geluid) en *meta*-attributen¹⁶ worden slechts indien relevant ter sprake gebracht. *Thematische* attributen geven objecten hun betekenis en inhoud. Naast thematische attributen worden twee soorten *ruimtelijke* attributen onderscheiden: de geometrische en topologische attributen. De *geometrie* weerspiegelt de absolute ligging van de objecten (vastgelegd aan de hand van coördinaten). De absolute ligging van reële en virtuele geo-objecten aan, in of onder het aardoppervlak wordt aan de hand van grafische primitieven (zoals punt, lijn en gebied) via (één of meerdere) coördinaatparen opgeslagen. De *topo-logie* beschrijft de relatieve ligging van geo-objecten. In de



topologische attributen van geo-objecten zijn relaties met andere geo-objecten weergegeven. Over het algemeen worden drie typen topologische relaties onderscheiden: verbinding (geo-object *a* is verbonden met geo-object *b*), aanliggend/aangrenzend (geo-object *a* ligt/grenst aan geo-

Figuur 2.4 Attribuutdimensies van geo-objecten

object *b*) en insluiting (geo-object *a* ligt in geo-object *b*). In locatieplanning speelt zowel de absolute als de relatieve ligging van geo-objecten een elementaire rol. In de absolute ligging is vanzelfsprekend de geografische factor *afstand* gelegen; een nagenoeg onmisbare variabele in locatieplanning. In de relatieve ligging worden de ruimtelijke relaties tussen de geo-objecten vastgelegd en is het mogelijk de ruimtelijke patronen van vestiging en processen van verplaatsing op te vragen.

Gegevens krijgen pas meerwaarde indien gebruikers via de functies van het informatiesysteem toegang krijgen tot de gegevens. Vanuit diverse invalshoeken is het mogelijk de functionele component van informatiesystemen voor locatieplanning aan de orde te stellen. Zo onderscheidt Nijkamp (1984) in de context van het gebruik van informatiesystemen voor regionale planning elf methoden van gegevensverwerking: het systematisch verzamelen van gegevens, de verificatie van de validiteit van gegevens, het sorteren van gegevens in klassen of volgorde, het aggregeren, het wiskundig manipuleren en extrapoleren, het bijschatten van ontbrekende gegevens, het opslaan en opvragen van gegevens op/van opslagmedia en het uiteindelijk doorgegeven van gegevens aan

¹⁵ Deze gegevens worden veelal onder verschillende noemers aangeduid, zoals 'vastgoedgegevens', 'ruimtelijke gegevens', 'ruimtelijke informatie' en 'geo-informatie'. In deze studie wordt de veelvuldig gehanteerde term 'geo-informatie' gebruikt. Bij geo-informatie draait het om gegevens betreffende uiteenlopende geografische objecten. Bij geografische objecten gaat het om reële, zichtbare en tastbare objecten (zoals wegen, woningen, leidingen) en om virtuele objecten (eigendomsverhoudingen, administratieve gebiedsindelingen en functionele bestemmingen). De term 'geo-informatievoorziening' wordt doorgaans gehanteerd voor de informatievoorziening, waarbij gegevens worden verwerkt, die een relatie met het aardoppervlak hebben ofwel gegevens met een ruimtelijke component.

¹⁶ Meta-attributen of meta-informatie omvat 'gegevens over de gegevens'. Deze gegevens geven inzicht in allerlei aspecten rondom de herkomst, beschikbaarheid, kwaliteit, actualiteit, inhoud en kosten van gegevens.

gebruikers. Voor een inventarisatie van methoden en technieken voor locatieplanning kan eveneens het beslissings-georiënteerde raamwerk van Zachary (1986) worden gehanteerd. Zachary's taxonomie van *decision support technieken* onderscheidt zes groepen beslissingsondersteunende technieken: uiteenlopende typen procesmodellen, keuzemodellen, informatiecontroltechnieken, analyse- en redeneermethoden en hulpmiddelen voor (grafische) presentatie. Dit raamwerk heeft zijn grondslag in de cognitieve ondersteuning van individuele besluitvormers en geeft een overzicht van technieken voor de ontwikkeling van beslissingsondersteunende systemen. Ook de in paragraaf 2.2.2 geïntroduceerde modellen van vestigings- en verplaatsingsgedrag worden toegankelijk als functies van informatiesystemen. Kortom, een scala aan methoden en technieken van sociaal-wetenschappelijk onderzoek geeft invulling aan de functionele component van informatiesystemen. Voor locatieplanning kan gedacht worden aan ruimtelijke modellen, database- en GIS-technieken, presentatietechnieken, beslissings-ondersteunende technieken, et cetera¹⁷.

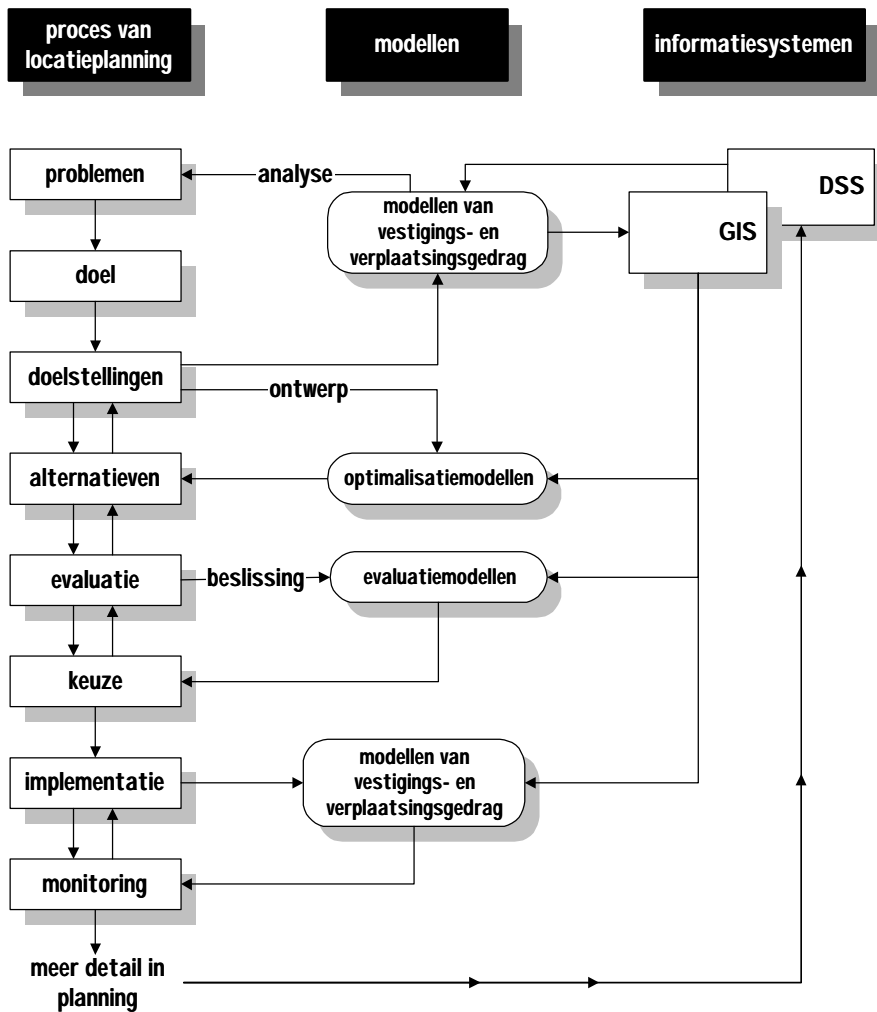
2.4.3 Modellen en informatiesystemen in het proces van locatieplanning

Bij het ontwikkelen van een informatiesysteem voor locatieplanning geldt in ieder geval de eis, dat ruimtelijke relaties tussen geo-objecten vastgesteld kunnen worden in de vorm van modellen van vestigings- en verplaatsingsgedrag. *Geografische informatiesystemen* bieden de mogelijkheden deze relaties in absolute en relatieve vorm vast te leggen in een ruimtelijk gegevensmodel. Door de aanwezigheid van specifieke functies voor opslag, bewerking, opvraag en presentatie van gegevens over geo-objecten in geografische informatiesystemen ontstaat een complementaire relatie met het gebruik van modellen. Het werken met modellen van vestigings- en verplaatsingsgedrag in combinatie met GIS-functies is weliswaar voor beide niet noodzakelijk, maar biedt diverse complementaire voordelen. De achtergronden, rol en meerwaarde van GIS in relatie tot de inbedding van modellen van vestigings- en verplaatsingsgedrag worden in hoofdstuk 3 uitvoerig aan de orde gesteld. Daarbij wordt tevens nadrukkelijk aandacht besteed aan het proces van representatie van de complexe geografische werkelijkheid naar het computerdomein.

Ervaringen op het terrein van de inbedding van modellen in GIS zijn echter - vooralsnog - beperkt. Voor concepten betreffende de inbedding van modellen in informatiesystemen is derhalve een beroep gedaan op de ervaringen bij de ontwikkeling en het gebruik van *beslissingsondersteunende systemen*. Deze typen informatiesystemen kenmerken zich nadrukkelijk door de inbedding van modellen en het gebruik ervan in plannings- en beslissingsprocessen. Daarbij wordt tevens accent gelegd op de menselijke factor, die zeker niet over het hoofd mag worden gezien bij het ontwikkelen van GIS-applicaties voor locatieplanning. De integratie van modellen van vestigings- en verplaatsingsgedrag, GIS-technieken en concepten van beslissingsondersteunende systemen leidt tot geïntegreerde systemen, die zich kenmerken door een uniforme presentatie naar de gebruiker toe. Door het gebruik van de modellen, die zijn ontsloten via het informatiesysteem, wordt vervolgens het proces van locatieplanning ondersteund. Modellen worden - afhankelijk van uitgangspunten en beoogde doelstellingen - op uiteenlopende wijzen ingezet in het proces van locatieplanning. Birkin *et al.* (1996) en Clarke (1990a) onderscheiden diverse toepassingsmogelijkheden van modellen in de context van locatieplanning en GIS: van transformatie, synthese en integratie tot voorspellen, impact-analyse en optimalisatie. Ook Arentze *et al.* (1996a) zien - in de context van (geografische) informatiesystemen - modellen diverse functies vervullen in het proces van planning.

Een gerelateerd perspectief beziet de rol van (geografische) informatiesystemen in het planningsproces als wetenschappelijk proces van beschrijven, voorschrijven en voorspellen (Webster 1994a; 1994b). Batty (1993a) heeft de wetenschappelijke inbreng in het

¹⁷ Wanneer in het vervolg gesproken wordt van 'modellen van locatieplanning' wordt afhankelijk van de context bedoeld methoden en technieken van locatieplanning in het algemeen (inclusief ruimtelijke modellen) of meer specifiek de in paragraaf 2.2.2 geïntroduceerde modellen van ruimtelijk vestigings- en verplaatsingsgedrag.



Figuur 2.5 Positie van modellen en informatiesystemen in locatieplanning (Batty 1993a)

(rationele) planningsproces¹⁸ als uitgangspunt genomen (zie figuur 2.5). Daarmee is de rol van informatiesystemen in het proces van locatieplanning in belangrijke mate ingekaderd; de waarde van informatiesystemen voor locatieplanning zit vooral in het toegankelijk maken van gegevens en modellen ten behoeve van de uiteenlopende planningsexercities en toepassingsmogelijkheden. Gedurende iedere fase van het proces van planning worden uiteenlopende modellen ingezet om informatie te genereren voor het ondersteunen van planning en besluitvorming.

Bij het aan het beslissingsproces verwante proces van locatieplanning wordt gesteld, dat het gehele proces ondersteuning behoeft van gegevensverwerking. De ondersteuning vindt plaats door de inbedding van en met modellen (Batty 1993a). In het rationele proces van locatieplanning worden uiteenlopende modellen gehanteerd. Het effectief gebruik en de meerwaarde van modellen van locatieplanning zit vooral in de complementariteit. Op diverse hierboven genoemde aspecten van het gebruik van informatiesystemen in locatieplanning wordt in de loop van deze studie meer aandacht besteed. In het bijzonder zal in het verdere verloop van deze studie een combinatie van gegevens-verwerkende functies in de context van de ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning aan de orde komen, zoals modellen van verplaatsings- en vestigings-gedrag, specifieke

2.5 Conclusies

Bij de bestudering van ruimtelijke structuren, processen en dynamiek spelen de individuele actoren in de geografische werkelijk-

¹⁸ Planning kan worden opgevat (van Doorn en van Vught 1978, pp. 9) "als een proces van analyse (van verleden en heden), van anticipatie (op de toekomst), van ontwerp (van alternatieve programma's), van actie (van één gekozen programma) van evaluatie (beoordeling van de resultaten van dit proces)". Deze werkschrijving van planning stelt het proces van planning centraal, hetgeen wordt aangeduid met 'procedurele' planningsoriëntatie. Procedurele planning omvat het systematisch zoeken naar een algemeen toepasbare planningsprocedure. Het gaat hier te ver om een dekkend overzicht te geven van planningsoriëntaties (zie bijvoorbeeld Geertman 1996). Hier wordt volstaan met het hanteren van een algemene omschrijving van planning. Deze omschrijving vertoont nauwe overeenkomsten met het proces van wetenschappelijk onderzoek. Vandaar dat bij planning vaak gesproken wordt van wetenschappelijke beleidsvoorbereiding. Het uiteindelijk doel van de beleidsvoorbereiding is het aandragen van relevante informatie voor het formuleren van ruimtelijk beleid en het nemen van beslissingen met een ruimtelijke impact.

heid een evidente rol. De actoren nemen beslissingen ten aanzien van het gebruik van de geografische ruimte, hetgeen resulteert in ruimtegebruik en/of verplaatsingen in de ruimte. Inzicht in het ruimtelijk keuzegedrag stelt planners in staat om locatie-patronen van sociaal-economische activiteiten te begrijpen en de effecten van planningsmaatregelen kwantitatief te bepalen. Het bestuderen van het vestigings- en verplaatsingsgedrag kenmerkt zich door een multidisciplinaire grondslag van theorie en concepten. Het ontbreken van een eenduidige theorie, de complexiteit van methodologie en de beschikbaarheid en het gebruik van een scala aan meetinstrumenten, maakt het gebruik van modellen in de planningspraktijk geen eenvoudige aangelegenheid. Zoals in dit hoofdstuk is uiteengezet worden uiteenlopende methoden en technieken gehanteerd ten behoeve van de ondersteuning van locatieplanning. Een eenduidige taxonomie van methoden en technieken voor locatieplanning ontbreekt echter. Een tweetal benaderingen zijn hier gemakshalve onderscheiden: locatiemodellen en keuzemodellen. Er is geen waardeoordeel uitgesproken omtrent welke benadering te hanteren in locatieplanning; harde richtlijnen ontbreken daartoe. De complementaire relatie tussen de diverse benaderingen zal in de praktijk wellicht de beste resultaten te zien geven.

Voor het ontwikkelen en gebruik van modellen is geconstateerd, dat een proces van modelontwikkeling en -gebruik diverse aspecten te onderscheiden zijn. Naast de inhoudelijke aspecten wat betreft de operationalisatie en de beschikbaarheid en kwaliteit van de onderliggende gegevens zijn methodische aspecten van modelspecificatie, -calibratie en -toetsing te onderscheiden. Het modelgebruik kent eveneens diverse dimensies, waaronder onzekerheidsanalyse, gevoeligheidsanalyse en impactanalyse. Het gehele interactieve traject van modelbouw en -gebruik heeft als einddoel het genereren van informatie voor het nemen van locatiebeslissingen door planners en besluitvormers. Informatiesystemen - bestaande uit gegevens en functies - spelen een onmisbare rol in planningsprocessen, waarbinnen complexe locatievraagstukken opgelost moeten worden. De gegevens zijn complex van aard en representeren veelal objecten uit de werkelijkheid met een vaste plaats boven, op of onder het aardoppervlak. Deze geo-objecten zijn de bouwstenen van het informatiesystemen. Via functies kunnen de gegevens van en over geo-objecten worden veredeld. De functies variëren uiteraard van simpele opvraag tot meer ingewikkelde modelberekeningen. Voor het uitvoeren van dergelijke bewerkingen zijn uiteenlopende typen informatiesystemen in gebruik, in het bijzonder geografische informatiesystemen (zie hoofdstuk 3) en beslissingsondersteunende systemen (zie hoofdstuk 4).

3 GEOGRAFISCHE INFORMATIESYSTEMEN

3.1 Introductie

De geautomatiseerde verwerking van gegevens, waarbij expliciet de relatie met de geografische ligging wordt vastgelegd, heeft op relatief grote schaal geleid tot de ontwikkeling en het gebruik van geografische informatiesystemen (GIS). GIS kenmerken zich door de mogelijkheden om de ruimtelijke attribuutdimensie van geo-objecten in de computer op te slaan, te beheren, te manipuleren en (carto)grafisch weer te geven. De meerwaarde van het gebruik van GIS in locatieplanning kan slechts worden verkregen door GIS te bezien in relatie tot relevante modellen van locatieplanning. In deze studie wordt dan ook betoogd, dat een belangrijke meerwaarde zal voortvloeien uit de complementaire relatie tussen GIS en modellen van locatieplanning. In dit hoofdstuk worden achterliggende concepten van digitale representatie van de geografische werkelijkheid vanuit het perspectief van de integratie van GIS en modellen bezien. Allereerst wordt het proces van (computer)representatie van de ruimtelijke component van gegevens vanuit een klassiek informatietheoretisch concept beschreven (paragraaf 3.2). In paragraaf 3.3 wordt GIS vanuit het praktisch perspectief belicht aan de hand van blikvelden, historie en functionaliteit voor locatieplanning. In paragraaf 3.4 wordt vervolgens ingegaan op de complementaire relatie tussen GIS en modellen van locatieplanning. Enkele concluderende opmerkingen sluiten het geheel af (paragraaf 3.5).

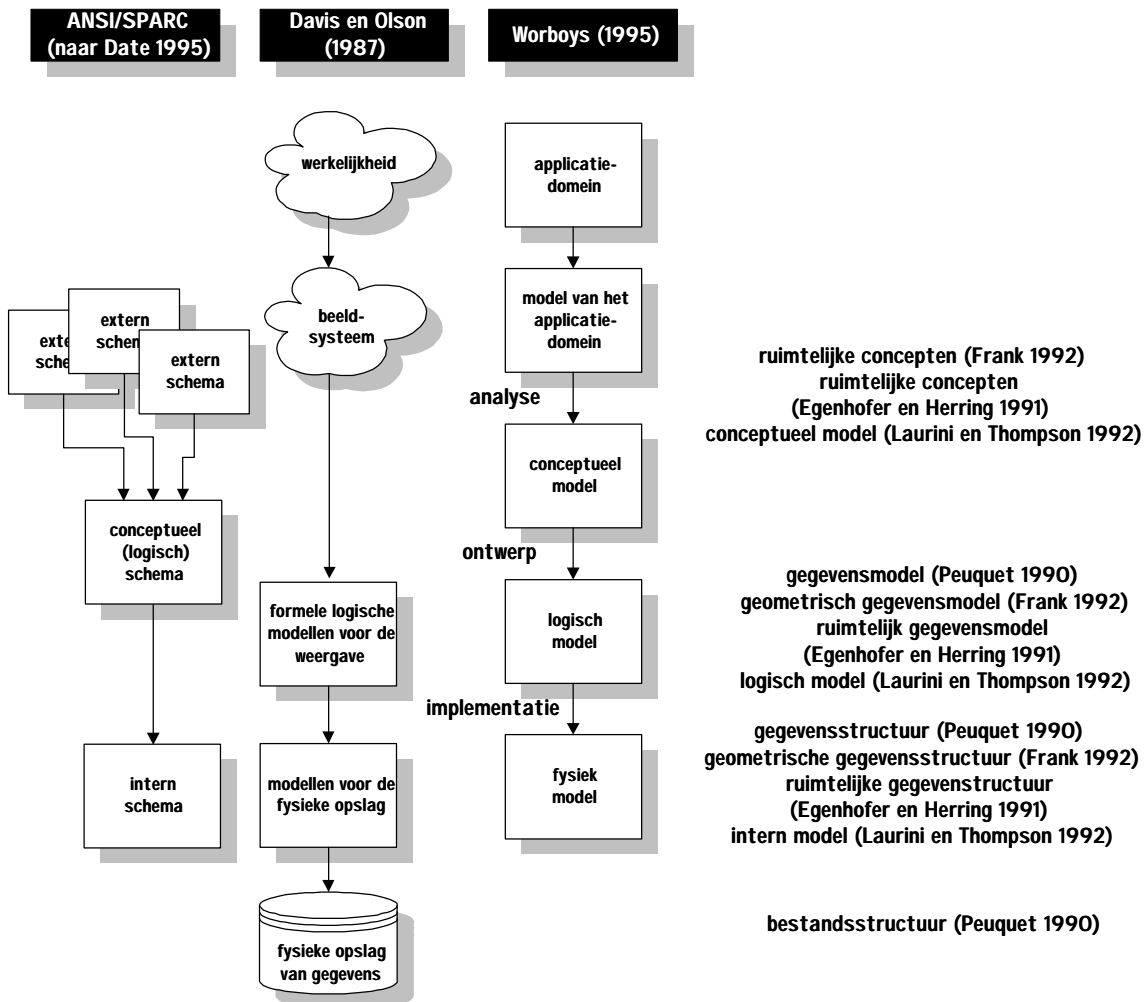
3.2 Van geografische werkelijkheid naar representatie in de computer

3.2.1 Geografische representatie in de computer; een proces van abstractie

Theoretische beginselen en concepten van geografische informatiesystemen hebben hun grondslag in de conceptuele representatie van de geografische werkelijkheid in de computer. De wijze, waarop de geografische werkelijkheid wordt gerepresenteerd in de computer - zowel conceptueel als fysiek - vormt een essentieel onderdeel van het computergestuurd bestuderen van verschijnselen, structuren en processen op, aan en onder het aardoppervlak. Een theorie of methodologie voor een uniforme representatie van de geografische werkelijkheid is echter vooralsnog niet voorhanden (Burrough en Frank 1995; Peuquet 1988; 1990). De geografische werkelijkheid vormt een complex geheel van verschijnselen, die op basis van hun geografische locatie en ligging in relatie tot elkaar staan. De interactie tussen de verschijnselen leidt tot ruimtelijke structuren en processen van velerlei aard, origine en complexiteit. Het representeren van de geografische werkelijkheid in de vorm van gegevenselementen in een statische gegevensbank is gezien de dynamiek in de geografische werkelijkheid alles behalve een eenduidige activiteit. Tevens is de representatie van verschijnselen uit de werkelijkheid in de computer sterk contextgebonden en dient in relatie tot de gebruiker van de gegevensbank gezien te worden (Burrough en Frank 1995). Ondanks het ontbreken van een raamwerk voor de representatie van de geografische werkelijkheid in de computer zijn richtlijnen voorhanden, die de overgang van geografische werkelijkheid naar de digitale representatie begeleiden. Deze richtlijnen zijn onder meer afkomstig van conceptuele grondslagen en beschouwingen rondom het ontwikkelen van gegevensbanken en informatiesystemen (Peuquet 1988). Het uitgangspunt is de - inmiddels klassieke - ANSI/SPARC-architectuur voor representatie van gegevens in gegevensbanken. De ANSI/SPARC-architectuur onderscheidt drie niveaus van abstractie bij het opzetten van gegevensbanken (Date 1995). Allereerst wordt het 'external level' of extern schema onderscheiden, dat het gezichtspunt van de individuele gebruikers beschrijft. Dit niveau behelst verschillende 'individual user views' of gebruikersvisies, waarbij verschillende typen individuele gebruikers op een eigen wijze hun kijk op de noodzakelijke gegevens voor de gegevensbank verwoorden. Op het tweede niveau komen de individuele gezichtspunten samen in een 'community user view' of gezamenlijke gebruikersvisie. Dit 'conceptual level' of conceptuele schema beschrijft in relatief abstracte terminologie de kijk van alle gebruikers op de gegevensbank. Dit wordt ook wel het conceptueel (logisch) schema genoemd. Met het derde niveau, het 'internal level' of interne schema, wordt de fysieke gegevensopslag bedoeld. Davis en Olson (1987) onderscheiden vier abstractieniveaus van representatie. Allereerst is bij het digitaal representeren van de werkelijkheid de context van belang. De context, in de gedaante van de toekomstige gebruiker van de gegevensbank of het informatiesysteem, heeft immer een subjectief beeld van de werkelijkheid in de vorm van een beeldsysteem. Het beeldsysteem is een individuele en vereenvoudigde interpretatie van de werkelijkheid, hetgeen ook wel wordt aangeduid met conceptueel model. Dit beeld kenmerkt zich door een bepaalde mate van abstractie, simplificatie en generalisatie afhankelijk van de wijze waarop het individu of (de organisatie) de werkelijkheid ervaart en interpreteert. Op een abstractieniveau lager wordt het subjectieve beeldsysteem vertaald naar een formeel logisch gegevensmodel bestaande uit een relatief abstracte weergave van relevante entiteiten, de relaties daartussen en de bijbehorende attributen. Op het derde niveau van de fysieke opslag vindt de representatie van de entiteiten, relaties en attributen in gegevenselementen plaats, die

representeerbaar zijn in de computer.

Het model voor de fysieke opslag representeert de samenhang tussen gegevens-elementen in de vorm van een gegevensstructuur. De fysieke representatie kan restricties opleggen aan de logische weergave van de gegevens. Deze twee niveaus van abstractie bepalen in onderlinge relatie de weergave van het beeldsysteem in de computer. Het laatste abstractieniveau betreft de implementatie in de computer in de vorm van bestanden, records, et cetera. In figuur 3.1 zijn de verschillende beschouwingen weer-gegeven. In beschouwingen, waarbij de representatie van geografische verschijnselen in de computer centraal staat, worden nagenoeg dezelfde abstractieniveaus onderscheiden. Van eenduidigheid en consensus omtrent het aantal en de inhoud van de abstractieniveaus is bij geografische representatie geen sprake. De bijbehorende terminologie is daarbij enigszins aangepast aan de geografische representatie. Peuquet (1990) maakt onderscheid in 'data model', 'data structure' en 'file structure', Frank (1992) spreekt van



Figuur 3.1 De relatie tussen werkelijkheid, gegevensmodellen en fysieke opslag van gegevens

'concepts', 'geometric data model' en 'geometric data structure' en Egenhofer en Herring (1991) van 'spatial concepts', 'spatial data model' of 'high-level data structure' en 'spatial data structure' of 'low-level data structure'. Laurini en Thompson (1992) onderscheiden, in navolging van de ANSI/SPARC architectuur, een 'external model', 'conceptual model', 'logical model' en 'internal model'. Worboys (1995) bespreekt in de context van de ontwikkeling van geografische informatie-systemen van het (model van het) applicatiedomein, het conceptueel, logisch en fysiek model. Daarbij geeft Worboys tegelijkertijd aan welke fasen in het proces van analyse, ontwerp en implementatie - welke modellen opleveren. De drie fasen van systeemontwikkeling komen in hoofdstuk 5 in meer detail aan de orde in de context van objectgeoriënteerde systeemontwikkeling.

De representatie van geografische verschijnselen, structuren en processen in de computer voegt echter een extra dimensie toe aan het conventionele proces van representatie en stelt specifieke eisen (zie Burrough en Frank 1995). Ondanks de constatering, dat het onderscheid tussen de verschillende niveaus niet altijd even eenduidig en strikt is, worden in het verloop van deze para-graaf drie abstractieniveaus voor geografische representatie nader beschouwd: het *conceptueel model*, het *gegevensmodel* en de *gegevensstructuur*. Deze beschouwing heeft ten doel inzicht te verschaffen in achterliggende concepten en overwegingen rondom de representatie van de geografische werkelijkheid in de computer.

3.2.2 Conceptuele representatie van de geografische werkelijkheid

Het verkrijgen van inzicht in de complexe geografische werkelijkheid is slechts mogelijk via abstractie¹ door middel van de menselijke interpretatie vanuit een bepaald perspectief en in een bepaalde context (zie Burrough en Frank 1995). Het zo werkelijkheidsgetrouw mogelijk representeren van ruimtelijke verschijnselen, structuren en processen leidt tot een model van de werkelijkheid. Er zijn verschillende benaderingen te onderscheiden, waarin de representatie van de geografische realiteit onderwerp van studie is. Lucht- en satellietfoto's, cartografische beelden en maquette's zijn voorbeelden van geografische representaties. Het gaat hier te ver een dekkend overzicht te geven van benaderingen en disciplines, die zich bezig houden met de geografische representatie en bestudering van verschijnselen uit de werkelijkheid (zie Peuquet 1988).

De meest functionele representatie van de geografische werkelijkheid in het kader van onderhavige studie is de *cartografische representatie*; het representeren van verschijnselen en processen uit de geografische werkelijkheid in de vorm van (symbolische) abstracties in een kaartbeeld. Een cartografisch beeld kan op twee wijzen worden beschouwd (Peuquet 1988): als een grafisch beeld of als geometrische structuur in grafische vorm. De cartografische representatie als *grafisch beeld* is een visuele weergave bestaande uit een variatie van patronen, kleuren en symbolen. De kaart als grafisch beeld of image heeft zijn grondslag in de bestudering van de menselijke interpretatie van kaartbeelden met behulp van concepten uit de cognitieve psychologie. De wijze waarop individuen de geografische werkelijkheid zien, interpreteren en informatie opslaan is daarbij onderwerp van studie.

De cartografische representatie als *geometrische structuur* beschrijft de geometrie van punten, lijnen, curven, oppervlakten en volumes in een twee- of drie-dimensionaal coördinatensysteem. De elementen in een geometrische structuur en de relaties daartussen worden weergegeven in de vorm van uniforme wiskundige principes. De wiskundige aandacht voor geometrische structuren heeft geleid tot theorievorming, die eveneens concepten aandraagt voor het bestuderen van verschijnselen, structuren en processen in de geografische werkelijkheid, zoals geometrie, topologie en grafentheorie. Deze twee invalshoeken van cartografische representatie hebben geleid tot afzonderlijke stromingen waartussen slechts in beperkte mate integratie van denk-beelden heeft plaatsgevonden (Peuquet 1988). Gezien het feit, dat het kaartbeeld het resultaat is van een interpretatie van de geo-grafische werkelijkheid door een individu, geeft de tweeledige benadering van de cartografische representatie tevens inzicht in hoe individuen omgaan met de geografische werkelijkheid. Daarin speelt het verschil tussen hoe het individu de werkelijkheid ziet - het image - en de werkelijkheid ervaart - de geometrische structuur - een belangrijke rol. Deze dualiteit tussen zien en ervaren is algemeen gegeven in de cognitieve psychologie. Perceptie en cognitie spelen derhalve een belangrijke rol bij het zien en ervaren van de geografische werkelijkheid en leiden tot individuele en contextgebonden interpretaties. Een conceptuele representatie weerspiegelt de elementen en componenten van ruimtelijke structuren en processen in onderlinge relatie.

Voor het *begrijpen* van ruimtelijke structuren en processen is inzicht noodzakelijk in ruimtelijke relaties en samenhang. Ruimtelijke afhankelijkheid en heterogeniteit spelen bij het beschrijven en analyseren van ruimtelijke structuren en processen een belangrijke rol. De cartografische representatie is derhalve geen doel op zich, maar een middel om informatie over te dragen omtrent structuren en processen in de geografische werkelijkheid. Zoals gesteld, is de daarmee samenhangende conceptuele representatie van de geografische werkelijkheid sterk individueel en contextgebonden. Uiteenlopende concepten van cognitieve, geometrische en geografische aard spelen in onderlinge relatie en wisselwerking een rol bij het stand komen van de conceptuele representatie van de geografische werkelijkheid (Frank 1992).

De conceptuele representatie kenmerkt zich door de hoge mate van abstractie. Goodchild (1992a) onderscheidt twee vormen van geografische abstractie: de *field view* en de *object view*. De *field view* representeert de geografische werkelijkheid als een continue

¹ Vier abstractiemechanismen worden doorgaans gehanteerd tijdens het proces van computerrepresentatie: classificatie, generalisatie, aggregatie en associatie (zie verder paragraaf 5.2). Ook geografische representatie wordt beschouwd als een proces van abstractie, waarbij deze vier mechanismen een elementaire rol spelen (zie Nyerges 1991).

onafgebroken geografische ruimte met een oneindig aantal locaties met bijbehorende eigenschappen. De field view kenmerkt zich door de verzameling $\{a, x, y, z, t\}$, waarbij x , y en z de locatie weergeven, t de tijdsdimensie representeert en a een eigenschap of set van eigenschappen weerspiegelt. Vanwege praktische overwegingen worden de continue eigenschappen van de geografische ruimte, kenmerkend voor de field view, gerepresenteerd als discrete objecten (Burrough en Frank 1995). Tijdens het reduceren van de oneindige set locaties vindt in sterke mate abstractie plaats. Voorbeelden van concepten van discrete field views zijn 'regio's', 'isolijnen' en 'steekproeven' (Goodchild 1992a). In de weergave van de geografische werkelijkheid in aan-eensluitende regio's is elke locatie in het geografische vlak toebedeeld aan een regio op basis van een bepaalde functie, die de variatie in de regio beschrijft. Isolijnen zijn discrete objecten van de field view, die discrete punten met gelijke waarden met elkaar verbinden. Bij steekproeven wordt de continu geografische ruimte onderverdeeld in locaties op basis van de discrete waarde van een eigenschap van een eindig aantal locaties. Deze locaties kunnen regelmatig of willekeurig in de geografische ruimte verspreid zijn. Naast regio's onderscheidt Goodchild (1992a) ook 'segmenten' zijnde discrete objecten in een continue geografisch netwerk. Een continu netwerk is een bijzondere vorm van een continue geografische ruimte bestaande uit lijnen en knooppunten. Door het onderscheiden van segmenten in het netwerk kan de variatie in het geografisch netwerk worden opgeslagen.

De *object view* beschouwt de geografische werkelijkheid als een lege ruimte met objecten, waarbij de locaties in het geografisch vlak wel of niet deel uitmaken van één of meer objecten. De object view kenmerkt zich door de verzameling $\{e, a, s, t\}$, waarbij e de entiteit representeert, a de eigenschap of set van eigenschappen, t de tijdsdimensie en s de entiteit een positie in de geo-grafische ruimte geeft. De entiteiten uit de werkelijkheid - de geo-objecten - worden in de object view ruimtelijk gerepresenteerd door drie typen ruimtelijke objecten: punten, lijnen of vlakken. Deze drie ruimtelijke objecten vormen eveneens elementaire objecten bij de bestudering van de cartografische representatie als geometrische structuur.

3.2.3 Geografische representatie in een gegevensmodel

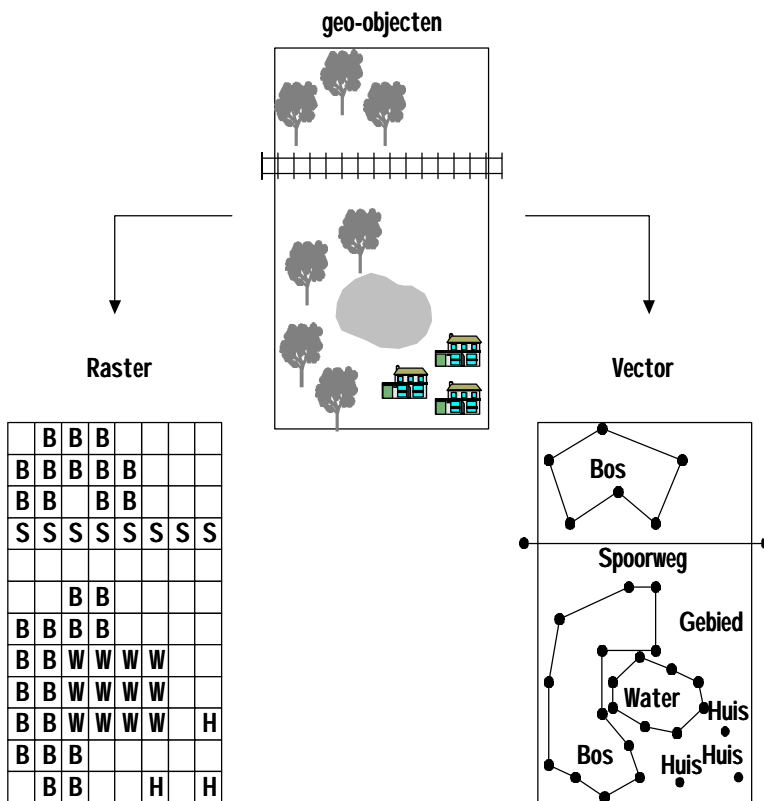
Na conceptuele representatie worden - in een abstractieniveau lager - de concepten omgezet in een gegevensmodel bestaande uit entiteiten, de relaties daartussen en de bijbehorende attributen. Uitgangspunt voor een gegevensmodel is het beeld van de geografische realiteit als een oneindige reeks van x en y -coördinaten en hun eigenschappen. Bij het vaststellen van een gegevens-model wordt de oneindige set van x en y -coördinaten teruggebracht tot een eindige set van discrete ruimtelijke objecten². Er zijn verschillende gegevensmodellen voor geografische representatie ontwikkeld, die een discrete representatie van het werkelijkheid geven. Een eenduidige typologie van gegevensmodellen is echter niet voorhanden (Frank 1992; Goodchild 1992a). In het algemeen worden twee typen ruimtelijke gegevensmodellen onderscheiden: raster- en vectorgeoriënteerde gegevensmodellen (zie figuur 3.2). In een raster worden gegevens-elementen geografisch weergegeven als gridcellen van gelijke grootte in een raster of matrix. Een gridcel kan verschillende vormen aannemen en ieder gridcel representeert een in omvang gelijk deel van de geografische werkelijkheid. Binnen ieder onderscheiden ruimtelijk object - de gridcel - wordt daarbij volledige homogeniteit in de attributen verondersteld. Indien de omvang van de gridcel (in een geografische meeteenheid) en het aantal gridcellen (in de vorm van het aantal rijen en kolommen) bekend zijn, kunnen op eenvoudige wijze allerlei ruimtelijke relaties tussen de gridcellen en bijbehorende attributen gelegd worden.

Vectorgeoriënteerde gegevensmodellen representeren entiteiten als discrete objecten in de vorm van (combinaties van) coördinaatparen. Met behulp van coördinaatparen - een x en y -coördinaat - is het mogelijk drie typen ruimtelijke objecten in een twee-dimensionale ruimte te representeren. Een puntlocatie wordt weergegeven met één coördinaatpaar (nul-dimensionaal), een lijn als de verbinding tussen twee puntlocaties (één-dimensionaal) en gebieden of vlakken als een aaneensluiting van discrete puntlocaties, waarbij het begin- en eindpunt door hetzelfde coördinaatpaar wordt gevormd (twee-dimensionaal). De verschillende vectorgeoriënteerde gegevensmodellen onderscheiden zich vanwege de uiteenlopende mogelijkheden om (ruimtelijke)

² Goodchild (1992a) ziet met betrekking tot de field view regio's en segmenten en vanuit de object view punten, lijnen en gebieden als de discrete typen ruimtelijke objecten. Het is echter niet altijd even eenvoudig en mogelijk de verschijnselen, structuren en processen in de geo-grafische werkelijkheid in een ruimtelijke gegevensmodel van discrete ruimtelijke objecten te representeren (Burrough 1992a). Dit vereist een strikte afbakening, categorisering en classificatie van de veelal vage of 'fuzzy' geo-objecten uit de werkelijkheid. Oplossingsbenaderingen voor de computerrepresentatie van vage geo-objecten zijn te vinden in Burrough en Frank (1996).

relaties tussen de drie onderscheiden objecten te specificeren. Bij relaties tussen ruimtelijke objecten gaat het uiteenlopende typen relaties, zoals geometrische, topologische, thematische en temporele (zie Frank en Mark 1991). Het meest eenvoudige vectorgeoriënteerde model is een structuur met alleen punten. Indien punten verbonden zijn ontstaan lijnen in de vorm van een spaghetti-model. Een spaghetti-structuur kenmerkt zich door de opslag van punten en tussenliggende verbindingen (lijnsegmenten of links) zonder dat er sprake is van een vastgelegde relatie tussen de punten en verbindingen. Het is bijvoorbeeld niet bekend welke lijnen elkaar kruisen op knooppunten, of lijnen een gebied vormen of eilandgebieden aanwezig zijn of welke gebieden gemeenschappelijke lijnen hebben. In een topologisch gegevensmodel zijn dergelijke relaties wel vastgelegd, waardoor nieuwe

relaties tussen ruimtelijke objecten gespecificeerd kunnen worden. Aan de basis van een topologisch model staan de relaties tussen knooppunten en lijnen. Drie typen topologische relaties kunnen hieruit worden samengesteld (punt, lijn- en gebiedstopologie). Bij de vectorgeoriënteerde gegevensmodellen zijn - in tegenstelling tot de rastergeoriënteerde modellen - de relaties tussen de ruimtelijke objecten niet altijd impliciet aanwezig. Topologische relaties worden bij vectorgeoriënteerde gegevensmodellen in de vorm van specifieke gegevenselementen vastgelegd, hetgeen bij rastergeoriënteerde gegevensmodellen niet nodig is. De keuze voor een ruimtelijk gegevensmodel is afhankelijk van het conceptuele model of de inter-subjectieve visie op de verschijnselen en processen in de geografische werkelijkheid. Het raster gegevens-model sluit conceptueel aan bij de field view, terwijl het vectormodel aansluiting vindt bij de object view. Er zijn verschillende gegevensmodellen, die een op de object view gebaseerde representatie van de werkelijkheid geven: grafen, spaghetti-modellen, topologische modellen en allerlei afgeleide varianten (Goodchild 1992a; Frank 1992; Laurini en Thompson 1992). Hier zijn echter uitzonderingen op mogelijk, bijvoorbeeld segmenten, zijnde objecten in een field view, kunnen in een vectorgeoriënteerd gegevensmodel worden gerepresenteerd (zogenaamde 'dynamische segmentatie'). Aldus zijn vele varianten van zowel de rastergeoriënteerde als vectorgeoriënteerde gegevens-



Figuur 3.2 Raster- en vectorrepresentatie in een tweedimensionale ruimte

modellen voorhanden. De indicatie 'raster' of 'vector' geeft slechts een globale aanduiding van de geografische representatie-vorm van de ruimtelijke dimensie in de computer. Tegelijkertijd kan gesteld worden, dat het raster- en vectorgeoriënteerde model een complementaire relatie onderhouden. Regelmatige gridcellen of rasters kunnen gerepresenteerd worden in een vectorgeoriënteerd gegevensmodel en andersom³.

³ Door de mogelijkheden voor computergestuurde conversie van raster- naar vectorgeoriënteerde structuren en vice versa groeien de raster- en vectormethode steeds meer naar elkaar toe. Aan een dergelijke conversie kleven echter wel bezwaren, die niet over het hoofd dienen te worden gezien. De conversie leidt onder andere tot geometrische generalisatie en daarmee tot positionele onnauwkeurigheid (Van der Knaap 1992).

3.2.4 Implementatie van gegevensmodellen; gegevensstructuur en systeemarchitectuur

Het gegevensmodel is de brug tussen de oneindige geografische werkelijkheid en de eindige representatie in discrete ruimtelijke objecten. Op een abstractieniveau lager worden entiteiten, relaties en attributen uit het gegevensmodel verder geconcretiseerd in een *gegevensstructuur*. De gegevensstructuur bepaalt de wijze waarop de entiteiten, attributen en relaties in de vorm van gegevens-elementen in de computer worden opgeslagen en toegankelijk gemaakt. In principe is het mogelijk of eigenlijk vereist, dat veranderingen in het gegevensmodel geen gevolgen hebben voor de gegevensstructuur en andersom⁴.

In het verlengde van de raster- en vectorgeoriënteerde gegevensmodellen worden ook de gegevensstructuren onderscheiden. Het rastergeoriënteerde model kent verschillende varianten aan structuren, waarin niet alleen de vorm van het raster, maar tevens de opslagtechniek in de computer varieert. Verschillende (compressie)technieken bestaan om het rastergeoriënteerde gegevensmodel zo efficiënt mogelijk in de computer op te slaan, zoals 'run-length encoding', hiërarchische bomen en 'quadrees'. Het vectorgeoriënteerde gegevensmodel heeft eveneens geleid tot uiteenlopende gegevensstructuren; van 'points sets', simpele spaghetti tot gegevensstructuren waarin de meer 'intelligente' topologische gegevensmodellen zijn opgeslagen (voor details zie Burrough 1986; 1992b; Frank 1992; Laurini en Thompson 1992; Worboys 1995).

Vanuit het gegevensmodel zijn specifieke aspecten met betrekking tot het ruimtelijk schaalniveau, de gewenste resolutie en nauwkeurigheid, de benodigde geometrische bewerkings- en geografische opvraagmogelijkheden in onderlinge samenhang en in relatie tot de performance van belang bij de keuze, het ontwikkelen en implementeren van een gegevensstructuur. De implementatie van een gegevensstructuur kenmerkt zich door de optimale organisatie van gegevens-elementen en een efficiënte methode van opslag in de computer. Richtinggevend voor de keuze van een bepaalde gegevensstructuur is de gewenste functionaliteit en performance om gegevens-elementen op te vragen en ter beschikking te stellen. Afhankelijk van de gewenste geometrische bewerkingen en topologische opvraag zijn opslagcapaciteit, zoeksnelheid en ruimtelijke indexeringen hier centrale begrippen (zie Laurini en Thompson 1992; Van Oosterom 1993; Worboys 1995).

De afweging omtrent de te hanteren gegevensstructuur is dus een sterk contextgebonden activiteit en concrete richtlijnen voor het kiezen van een juiste gegevensstructuur bij digitale representatie van geografische verschijnselen zijn nauwelijks voorhanden.

Wanneer het om grote hoeveelheden ruimtelijke gegevens-elementen gaat, is een geïntegreerde opslag bijna een vereiste (Laurini en Thompson 1992; Van Oosterom 1993). Diverse benaderingen en architecturen voor de opslag van ruimtelijke gegevensstructuren zijn voorhanden. Voor het opslaan, ordenen en beschikbaar te stellen van gegevens zijn een gegevensbank, een database managementsysteem (DBMS) en een vraagtaal evident (Date 1995). Met behulp van het DBMS en de bijbehorende vraagtaal is het mogelijk de gegevensbestanden en -bank te organiseren, te beheren en gegevens te combineren en op te vragen. Er zijn verschillende methoden voorhanden voor de organisatie van gegevensbestanden en als zodanig zijn er verschillende DBMS, zoals hiërarchische, netwerk, relationele en objectgeoriënteerde DBMS. In het bijzonder zijn de - op de markt dominerende - relationele DBMS (kortweg RDBMS) in gebruik in relatie tot GIS⁵ (Healey 1991). Grofweg kunnen een viertal benaderingen worden onderscheiden voor een op een DBMS gebaseerde GIS-architectuur: de hybride, de gelaagde, de object-georiënteerde en de objectrelationele architectuur.

De *hybride* of georelationele architectuur kenmerkt zich door de aanwezigheid van twee gegevensstructuren: een ruimtelijke, bestaande uit geometrische en topologische attribuutgegevens, en een veelal relationele DBMS-gegevensstructuur voor de thematische attribuutgegevens. Vanwege de enorme hoeveelheid ruimtelijke gegevens-elementen en het ontbreken van ruimtelijke opvraagmogelijkheden via de relationele vraagtaal worden voor ruimtelijke gegevens-elementen eigen gegevensstructuren gehanteerd. Dit leidt tot een hybride of duale opslag van gegevens-elementen, waarin voor beide typen gegevens afzonderlijke gegevensstructuren worden gehanteerd. Middels een sleutelvariabele is op eenvoudige wijze een koppeling tussen de niet-ruimtelijke en ruimtelijke gegevens-elementen mogelijk. Voorbeelden van hybride GIS-architecturen zijn aan te treffen in ARC/INFO (Morehouse 1992; Puequet en Marble 1990).

⁴ Dit wordt gegevensafhankelijkheid genoemd (Davis en Olson 1987).

⁵ RDBMS domineren de markt wat betreft DBMS. Reden voor de populariteit van RDBMS is wellicht gelegen in de eenvoud van deze systemen. Het relationele model is een relatief eenvoudig te begrijpen model gebaseerd op een uniforme en solide theorie (Date 1995). Daarnaast zijn standaarden ontwikkeld voor het opvragen van gegevens uit een RDBMS, in het bijzonder 'structured query language' (SQL), waarmee RDBMS toegankelijk zijn gemaakt voor een zeer grote groep gebruikers. Recente ontwikkelingen op het terrein van DBMS, SQL en GIS zijn in paragraaf 5.4 en 5.5 uiteengezet in de context van objectgeoriënteerde GIS, open standaarden en Open GIS.

In de *gelaagde* architectuur worden de ruimtelijke gegevenselementen en de thematische beide in een (veelal relationele) DBMS ondergebracht. Vanwege het complexe karakter van geometrische en topologische attribootgegevens worden deze gegevens in diverse, gekoppelde tabellen opgeslagen. Op deze wijze zijn de geometrische gegevenselementen echter moeilijk toegankelijk, omdat het DBMS geen efficiënte algoritmen bevat om aan de veelal ingewikkelde geometrische queries te voldoen. De gelaagde architectuur ontstaat vervolgens wanneer 'boven op' het RDBMS een specifieke schil wordt aangebracht, die het mogelijk maakt om ruimtelijke gegevenselementen op efficiënte manier op te vragen en te bewerken. Deze schil of laag vertaalt de ruimtelijke query naar de voor het systeem te interpreteren vraagtaal. Voorbeelden van geïntegreerde GIS-architecturen zijn GFIS (Batty 1992a), SIRO (Abel 1989) en System 9 (Spooner 1990). Deze systemen slaan de geometrische en topologische gegevens-elementen in (gekoppelde) tabellen op⁶.

De *objectgeoriënteerde* architectuur is gebaseerd op de geïntegreerde opslag van gegevenselementen in objecten. Een object heeft eigenschappen in de vorm van de gegevens en de functies om gegevens te verwerken. De objecten en hun eigenschappen worden opgeslagen in een zogenaamde 'objectstore'. De objectgeoriënteerde opslag biedt voor ruimtelijke gegevenselementen diverse voordelen, die zijn gelegen in de onderliggende objectgeoriënteerde principes (zie verder hoofdstuk 5 voor een uiteenzetting over objectgeoriënteerde principes). Op objectgeoriënteerde principes gebaseerde DBMS - kortweg O(OD)BMS - zijn nog niet volledig uitontwikkeld. In het bijzonder is het ontbreken van een objectgeoriënteerd vraagtaal debet aan de relatief beperkte adoptie van deze DBMS. In paragraaf 5.4.3 wordt nader ingegaan op de ontwikkeling van objectgeoriënteerde DBMS als opslagmedium voor geo-informatie. Als variant op de volledige O(OD)BMS wordt de objectstore boven op een relationele DBMS geplaatst⁷. Voorbeelden van dergelijke 'objectgeoriënteerde' GIS zijn LaserScan (Woodsford 1995) en Smallworld (Chance *et al.* 1990).

Naast de objectgeoriënteerde architectuur wordt - meer recentelijk - de objectrelationele architectuur naar voren geschoven zijnde een geïntegreerde architectuur met eigenschappen van zowel de objectgeoriënteerde als relationele benadering. In een *objectrelationele* - ook wel 'extended' of vrij vertaald 'uitgebreide' - architectuur zijn de niet-ruimtelijke en ruimtelijke gegevenselementen volledig geïntegreerd opgeslagen in een relationele DBMS in de vorm van objecten via 'abstracte datatypen'. Het gaat om de implementatie van ruimtelijke gegevenstypen en daarop afgestemde zoekalgoritmen en ruimtelijke operaties in de DBMS-kernel⁸. Voorbeelden van objectrelationele architectuur voor de opslag van geo-informatie zijn SDO/SC voor het DBMS Oracle (Herring 1996), OME/SOL voor het DBMS CA-OpenIngres (zie Van Oosterom en Lemmen 1996), Spatial Datablade voor het DBMS Informix (Stonebraker 1997) en GEO++ voor het DBMS Postgress (Van Oosterom 1993; Van Oosterom en Vijlbrief 1991). De ontwikkeling van objectrelationele DBMS - in de markt bekend als 'Universal Servers' - is enerzijds ingegeven door de behoefte aan opslag- en opvraagmogelijkheden van complexe gegevenselementen zoals grafische (bewegende) beelden en geluid en anderzijds door de tot op heden beperkte (opvraag)mogelijkheden van de 'volledige' O(OD)BMS (zie verder paragraaf 5.5).

⁶ Een variant op deze geïntegreerde architectuur is het opslaan van ruimtelijke gegevenselementen in de zogenaamde BLOBs. Een BLOB - hetgeen staat voor Binaire Large Object - vormt een gegevenstype in een RDBMS. Als gegevenstype is het mogelijk gegevenselementen met variabele lengte op te slaan in een BLOB. Een BLOB is een zogenaamde ongestructureerde 'bit bucket'. Het RDBMS is niet bekend met de inhoud van een BLOB en kan de inhoud alleen opslaan en opvragen. Dit betekent tegelijkertijd, dat bij het gebruik van BLOB voor de opslag van ruimtelijke gegevenselementen ruimtelijke operaties als extra laag boven op het RDBMS moet worden toegevoegd (zie bijvoorbeeld ESRI 1995).

⁷ Daarmee is de huidige objectgeoriënteerde GIS-architectuur een mengvorm van zowel de objectgeoriënteerde en de geïntegreerde of gelaagde relationele GIS-architectuur.

⁸ In deze drie eigenschappen zijn tevens de beperkingen van relationele DBMS gelegen voor de opslag van ruimtelijke gegevenselementen. Relationele DBMS (RDBMS) hebben geen mogelijkheden voor de opslag van geometrische gegevens, in het bijzonder grote hoeveelheden coördinaten van variabele lengte. De zoektechnieken voor het opvragen van gegevens in RDBMS - veelal gebaseerd op de ééndimensionale B-tree indexering - zijn niet toegerust voor geometrische opvraag, waarvoor multidimensionale indexering vereist is (zie Van Oosterom 1993). Daarnaast ontbreken in RDBMS de noodzakelijke mogelijkheden voor de specifieke ruimtelijke opvraag. Voor de huidige RDBMS is SQL/92 de standaard opvraagtaal. SQL/92 is niet geschikt voor het opvragen van ruimtelijke gegevenselementen (Egenhofer 1992). In paragraaf 5.5.1 wordt ingegaan op internationale standaardisatie-initiatieven om SQL/92 uit te breiden voor de opvraag van complexe gegevenselementen. Objectrelationele DBMS bieden mogelijkheden om objecten te definiëren, die als rijen in een relationele tabel worden opgeslagen en is het mogelijk objectgeoriënteerde concepten - zoals overerving - toe te passen. Ruimtelijke indexeringsmechanismen - zoals de 'R-tree' en 'quadtree' - maken het mogelijk de ruimtelijke gegevenselementen via ruimtelijke operaties op te vragen. Tevens bieden objectrelationele DBMS de mogelijkheid zelf functies te definiëren (in SQL of een taal zoals C++) als uitbreiden op de aanwezige SQL-functies.

Een geïntegreerde opslag is vanuit DBMS-oogpunt - en in sommige gevallen ook vanuit systeemperformance - doorgaans de meest efficiënte opslagmethode: "Though they have quite different characteristics, geometric and non-spatial data should not be forced to be physically separated from each other in different types of databases." (Egenhofer and Frank 1988, pp. 12).

Daarbij biedt een geïntegreerde DBMS-aanpak de mogelijkheden voor gedistribueerde opslag en toegang tot gegevens voor meerdere gebruikers tegelijkertijd. Systeemeisen voor GIS (zoals versiebeheer, integriteitscontrole, concurrentie, beveiliging, et cetera) krijgen met de geïntegreerde DBMS-aanpak automatisch invulling (Frank 1988).

3.3 Geografische informatiesystemen nader verkend

3.3.1 Geografische informatiesystemen: definities en blikvelden

Het representeren van geografische verschijnselen, structuren en processen in de computer heeft geleid tot de ontwikkeling en grootschalig gebruik van geografische informatiesystemen. Een exacte omschrijving van GIS is niet voorhanden en verschillende omschrijvingen en blikvelden bestaan naast elkaar (Maguire 1991). Accentverschillen in definiëring zijn mede het gevolg van het feit, dat GIS een relatief jonge informatietechnologie is, waar vanuit verschillende disciplines aan gewerkt wordt⁹. Hieronder volgt - in chronologische volgorde - een beknopte selectie van omschrijvingen van GIS:

1. "A GIS is a powerful set of tools for collecting, storing, retrieving at will, transforming and displaying spatial data from the real world." (Burrough 1986, pp. 6);
2. "A system for capturing, storing, checking, manipulating, analysing and displaying data which are spatially referenced to the Earth" (Department of the Environment 1987);
3. "A Decision Support System involving the integration of spatially referenced data in a problem solving environment" (Cowen 1988, pp. 1554);
4. "Het geheel van handelingen en middelen dat ertoe moet leiden, dat bij het uitvoeren van taken en het nemen van beslissingen m.b.t. ruimtelijke vraagstukken voorzien wordt in de daarbij gewenste informatie." (Scholten 1991).

De bovenstaande vier omschrijvingen accentueren elk een bepaald aspect van het fenomeen GIS. Een veel gehanteerde benadering - naar Burrough (1986) - is die van GIS als gereedschapskist of 'toolbox' bestaande uit een scala van functies om ruimtelijke gegevens te verwerken. Het Department of the Environment (1987) beziet GIS als een informatiesysteem, waarin het gehele database management proces centraal staat. Cowen (1988) beschouwt GIS als een beslissingsondersteunend systeem verbonden aan een specifiek probleemveld. Scholten (1991) ziet de gehele institutionalisering van GIS als onderdeel van het fenomeen; GIS-technologie, gegevens en gegevensbanken en de organisatorische 'infrastructuur' maken hiervan mede deel uit.

In navolging van de diversiteit aan definities onderscheidt Maguire (1991) drie *blikvelden* als het gaat om de definiëring en positionering van GIS. In de eerste benadering wordt GIS voornamelijk beschouwd als een instrument voor cartografische manipulatie en weergave van gegevens. De 'Map Algebra' is hier het meest treffende voorbeeld van (zie Tomlin 1990).

De tweede benadering beschouwt GIS als een zorgvuldig ontworpen en geïmplementeerde gegevensbank voor ruimtelijke gegevens. Deze benadering kenmerkt zich door het gebruik van functies voor het efficiënt opslaan en opvragen van gegevens. Het derde blikveld beschouwt GIS als ruimtelijk-analytisch instrument ten behoeve van het beschrijven en analyseren van ruimtelijke verschijnselen, structuren en processen. In de ruimtelijk-analytische benadering wordt GIS ook wel aangeduid met 'Geographical Information Science' (Goodchild 1992b), vanwege de academische invalshoek op *ruimtelijke analyse* (zie verder paragraaf 3.3.4). De verschillende zienswijzen op GIS - via de definities en blikvelden uitgedrukt - laten zien dat GIS een nogal divers en diffuus fenomeen is. Een perspectief dat sterk heeft bijgedragen aan de diversiteit en het diffuse karakter, is de GIS-markt bestaande uit leveranciers van GIS- en GIS-gerelateerde producten en de afnemers daarvan.

⁹ Laurini en Thompson (1992) onderscheiden de volgende disciplines, die rol spelen bij de ontwikkeling en het gebruik van GIS:

1. Disciplines, die ruimtelijke concepten ontwikkelen (cognitieve wetenschappen, geografie, ruimtelijke economie en psychologie);
2. Disciplines, die instrumenten ontwikkelen voor het inwinnen en verwerken van geo-informatie (cartografie, geodesie, remote sensing);
3. Disciplines, die theorieën ontwikkelen op het terrein van de geo-informatica (informatica, geometrie, artificiële intelligentie, statistiek);
4. Allerlei toepassingsvelden.

3.3.2 Van enkele GIS-pioniers naar een omvangrijke markt

Omtrent de afkomst en het ontstaan van GIS is relatief weinig bekend. Dit heeft mede zijn oorzaak in het feit, dat de historische ontwikkelingen met betrekking tot GIS verbonden zijn aan personen, instituties en organisaties, die niet (meer) beschikken over de historische documenten, dan wel de historische ontwikkelingen niet hebben prijs gegeven, zoals de NASA en het Ministerie van Defensie in de Verenigde Staten (Coppock en Rhind 1991). De eerste ontwikkelingen hebben tevens onafhankelijk van elkaar plaatsgevonden vanuit verschillende instituten in met name de Verenigde Staten en Canada. Van enkele academische GIS-pioniers zijn persoonlijke beschouwingen verschenen omtrent het ontstaan van het fenomeen GIS (Sinton 1991; Steinitz 1993a; 1993b; 1993c; Tomlinson 1990). In zijn totaliteit levert het een nogal fragmentarisch beeld op van de GIS-historie.

De eerste ontwikkelingen ten aanzien van computergestuurde informatiesystemen, die ruimtelijke gegevens konden verwerken, dateren uit de jaren zestig (Coppock en Rhind 1991), zoals het Canadian Geographic Information System (Tomlinson 1990) en het voormalige Harvard Graphics Laboratory (Steinitz 1993a). Een belangrijk gegeven achter de eerste ontwikkelingen is, dat de pioniers nagenoeg allen op zoek waren naar mogelijkheden om op geautomatiseerde wijze terugkerende ruimtelijke planningsprocessen in uiteenlopende velden te ondersteunen (Steinitz 1993a). Vele jaren later zal blijken, dat de destijds ontwikkelde geautomatiseerde overlay-techniek nog steeds één van de meest toegepaste GIS technieken is, die het mogelijk maakt grote hoeveelheden ruimtelijke gegevens van verschillende ruimtelijke schaalniveaus te integreren. In de *pioniersfase* - lopend tot ongeveer halverwege de jaren zeventig - zijn het met name de individuele pioniers geweest, die richting gaven aan de ontwikkeling van de computergestuurde verwerking van geografische gegevens. Toen in de zeventiger jaren nationale en lokale overheden in toenemende mate met GIS gingen experimenteren, werd gesproken van een tweede fase, de *experimenteerfase* (Coppock en Rhind 1991). Niet langer bleef GIS beperkt tot de kleine groep van oorspronkelijke pioniers, maar vond verspreiding plaats naar met name overheidsinstellingen. Deze tweede fase liep in de jaren tachtig geleidelijk over in de derde fase, ook wel de *commerciële fase* genoemd. GIS werd commercieel interessant vanwege een grote potentiële vraag, de toenemende beschikbaarheid van digitale ruimtelijke gegevens en snelle ontwikkelingen in de automatiseringsindustrie. GIS werd zogezegd 'business'. Deze fase kenmerkte zich door het ontstaan van een dienstverlenende industrie, die zich richt(te) op het ontwikkelen van de technologie - zowel hard- als software - voor het inwinnen, de opslag, be- en verwerking en weergave van ruimtelijke gegevens. De ontwikkeling van hard- en software voor geografische toepassingen liep daarbij synchroon aan de ontwikkelingen, die plaatsvonden in de conventionele automatisering. De prijs-prestatie verhoudingen van hardware en de technologische mogelijkheden voor het inwinnen van digitale geo-informatie namen enorm toe en versterkten daarmee de positie van de GIS-industrie. De ontwikkelingen op het terrein van de informatietechnologie en DBMS hebben in belangrijke mate bijgedragen aan de verdere ontwikkeling en verspreiding van GIS. Aan het begin van de jaren negentig is een markt ontstaan met een breed scala aan generieke GIS-producten, waaronder generieke GIS-applicatiesoftware in vele maten en soorten (zie GIS World 1994). De concurrentie werd hevig en de strijd om de GIS-consument werd groot.

Om aan de behoeften en wensen van de markt te kunnen blijven voldoen, kwam langzamerhand de markt steeds centraler te staan, waarbij de behoeften en wensen van de gebruikers centraal stonden. Deze fase, waarin GIS heden ten dage is aanbeland, wordt de *gebruikersfase* genoemd. Een grote, internationaal gedifferentieerde groep gebruikers kan worden onderscheiden.

Ook in Nederland heeft - zij het enigszins recenter - na een periode van (academisch) pionieren en langzame diffusie, de adoptie van GIS plaatsgevonden binnen het bedrijfsleven (zie Grothe *et al.* 1994) en de overheid (zie Grothe en Scholten 1996). Veel organisaties hebben geïnvesteerd in de opbouw van de geo-informatievoorziening en de eerste vruchten worden geplukt. Het is in de tweede helft van de jaren negentig, dat de volledige integratie van de ruimtelijk informatievoorziening bij veel organisaties tot stand zal (gaan) komen. Echter naarmate de acceptatie van GIS toeneemt, zullen ook hogere eisen aan de technologie en het gebruik ervan worden gesteld. De consument wordt kritischer en in de komende tijd zal moeten blijken of het product GIS zijn vruchten op duurzame wijze zal blijven afwerpen voor de (steeds) grote(re) groep potentiële gebruikers.

3.3.3 GIS en hun functionaliteit

Naast het geografisch representeren van gegevens in een gegevensbank, richt GIS zich op de manipulatie en presentatie van gegevens. Gezien de complexiteit van de geografische werkelijkheid en de representatie daarvan in de computer kan worden verondersteld, dat het gaat om een scala van uiteenlopende be- en verwerkingsmogelijkheden voor de opslag, het beheer, de manipulatie en weergave van geografische gegevens. Deze functionaliteit is eveneens terug te vinden in de veelvuldig gehanteerde definitie van Burrough (1986, pp. 6) "GIS is a powerful set of tools for collecting, storing, retrieving at will, transforming and

displaying spatial data from the real world." GIS-functies omvatten een breed scala aan geometrische, reken-kundige, statistische of mathematische bewerkingen en technieken voor cartografische presentatie. Diverse auteurs hebben een typologie van GIS-functionaliteit gepresenteerd (Burrough 1986; 1992b; Goodchild 1987; Maguire en Dangermond 1991; Raper en Maguire 1992). Ondanks de pogingen te komen tot een classificatie van mogelijke manipulaties in GIS ontbreekt een algemene syntax voor bewerkingen op ruimtelijke gegevenselementen. Om enige overzicht aan te brengen in het scala aan GIS-instrumenten en GIS-functionaliteit worden, analoog aan conventionele informatiesystemen, vier functionele GIS-componenten onderscheiden (Goodchild 1987; Anselin en Getis 1993): invoer, opslag, analyse en uitvoer. De onderscheiden functionele componenten zijn niet wezenlijk anders dan de taken van conventionele informatiesystemen, is het niet dat de gegevens een extra attribuutdimensie hebben, namelijk de ruimtelijke attribuutdimensie. In deze paragraaf zullen de vier functionele componenten worden beschreven vanuit de specifieke kenmerken van de ruimtelijke component van gegevens. Hiervoor is het overzicht van GIS-functionaliteit van Maguire en Dangermond (1991) en Raper en Maguire (1992) gepositioneerd in de vier centrale functies invoer, opslag, analyse en uitvoer (zie figuur 3.3). Bij de *invoer* spelen drie aspecten een rol: het inwinnen, de transfer en validatie. Voor het *inwinnen* van gegevens worden allerlei handmatige en digitale technieken aangewend om geometrische, topologische en niet-ruimtelijke gegevenselementen te meten en op te slaan in digitale vorm. De *transfer* van gegevens is nadrukkelijk van belang voor gegevensuitwisseling en gezamenlijk gegevensgebruik. Bij *validatie* - de beoordeling van de kwaliteit van de geometrische en topologische gegevenselementen - spelen aspecten als positionele nauwkeurigheid, ruimtelijk schaalniveau en resolutie een belangrijke rol (zie Chrisman 1991; Goodchild en Gopal 1989; Goodchild 1992c). De digitale representatie heeft daarbij het voordeel dat het relatief eenvoudig is gevoeligheidsanalyses uit te voeren naar het meest geschikte schaalniveau van representatie (Fotheringham en Rogerson 1993) of positionele foutenmarges te bepalen (Drummond 1992).

Het *opslaan en ordenen* van gegevens is een tweede belangrijke functie van GIS. Deze taak komt voor een deel overeen met die van niet-geografische informatiesystemen. Het grote verschil - en tegelijkertijd de complexiteit - zit in de toevoeging van de ruimtelijke component (Frank 1988). In figuur 3.3 is de opslag in diverse taken onderverdeeld: structureren, herstructureren, generalisatie en transformatie. Het *structureren* en *herstructureren* hebben betrekking op functies ten behoeve van omzetten van het gegevensmodel naar de gegevenstructuur (zie paragraaf 3.2.4). *Generalisatie* is een (cartografisch) proces, waarbij geo-objecten hun ruimtelijke representatie krijgen in relatie tot het ruimtelijk schaalniveau. In GIS zijn uiteenlopende algoritmen aan te treffen, waarbij generalisatie van ruimtelijke component van gegevens kan worden bewerkstelligd (voor een overzicht zie Müller *et al.* 1996). Onder *transformatie* worden uiteenlopende geometrische bewerkingen beschouwd; van het berekenen van zwaartepunten en oppervlakten tot interpolaties en geometrische intersecties (zie Preparata en Shamos 1985).

Het uitvoeren van *analyses*, die specifiek betrekking hebben op de ruimtelijke component van de gegevens, is het uiteindelijke doel van het gebruik van GIS. Omtrent het gebruik van GIS voor ruimtelijke analyse zijn diverse beschouwingen verschenen en invalshoeken onderscheiden. Nu is ruimtelijke analyse¹⁰ een niet eenvoudig te definiëren begrip en bestaan diverse opvattingen omtrent de mogelijkheden van ruimtelijke analyse in relatie tot GIS (zie Anselin en Getis 1993¹¹; Openshaw 1990; Scholten en

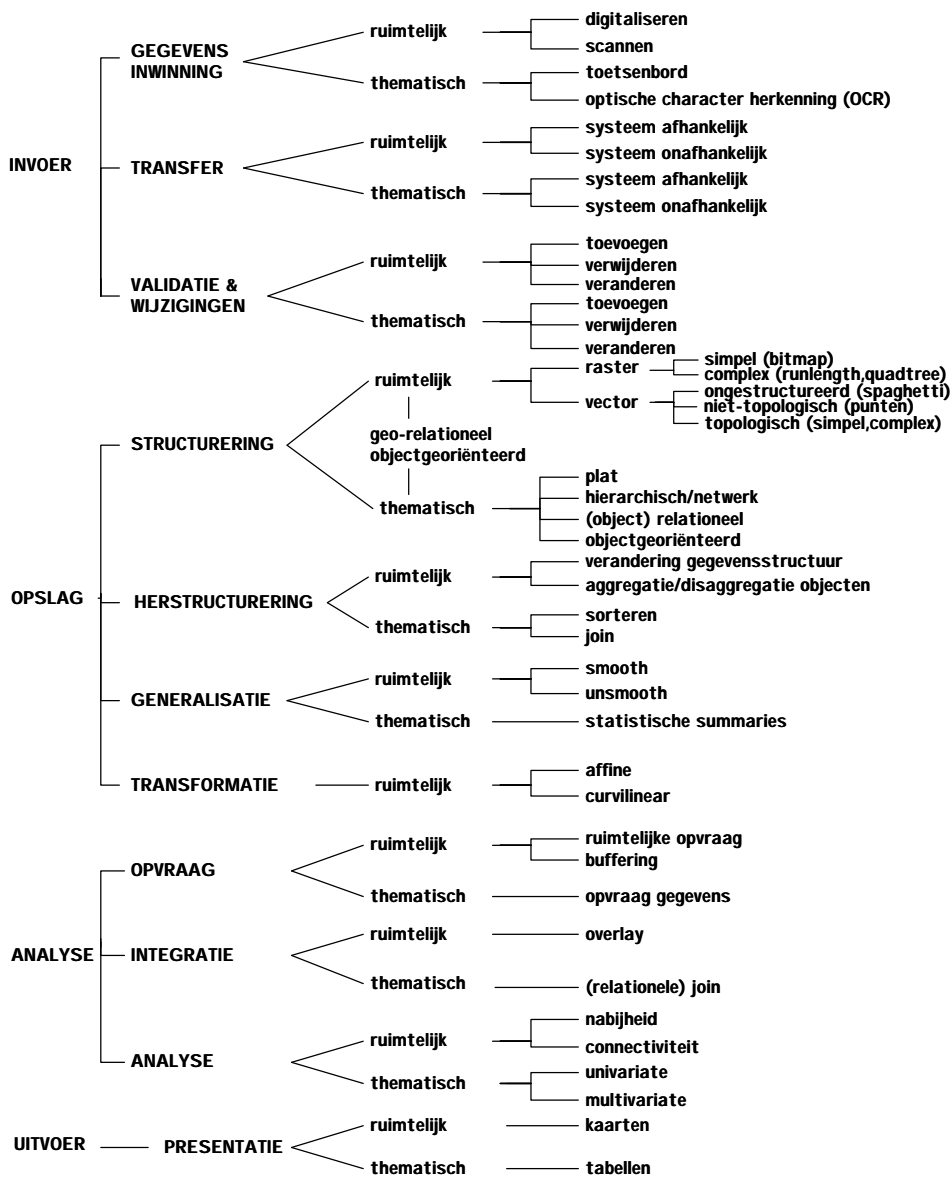
¹⁰ Ruimtelijke analyse is een breed en diffuus begrip, dat is ontstaan in de jaren vijftig vanuit de kwantitatieve geografie. In een veelvuldig geciteerde definitie van Hägerstrand (1973, pp. 69) wordt ruimtelijke analyse omschreven als "... a study in depth of the patterns of points, lines, areas and surfaces depicted on maps of some sort or defined by co-ordinates in two- or three-dimensional space". In het algemeen wordt gesteld, dat het beschrijven en analyseren van ruimtelijke structuren en processen centraal staat in de ruimtelijke analyse. De nadruk ligt daarbij op beschrijven en analyseren. Het begrijpen van ruimtelijke processen en de causale verklaring behoren niet tot het domein van de ruimtelijke analyse. Technieken van ruimtelijke analyse zijn derhalve beperkt in wat ze kunnen bieden (Scholten en Openshaw 1991). Ruimtelijke analyse is geen doel op zich, maar bij uitstek een hulpmiddel voor probleemgericht werken bij de ondersteuning van planning en besluitvorming (Batty 1993a; Fischer *et al.* 1996; Fotheringham en Rogerson 1993). Openshaw (1991) onderscheidt derhalve naast een exploratieve en confirmatieve context een toepassingsgerichte context van ruimtelijke analyse.

¹¹ In het conceptueel model van Anselin en Getis (1993) worden oorspronkelijk vier componenten van analyse onderscheiden: selectie, manipulatie, exploratie en confirmatie. *Selectie* betreft de opvraag van gegevens uit de gegevensbank. Onder *exploratie* worden inductieve methoden beschouwd, waarbij geen specifieke hypothesen omtrent de te verwachten relaties in de gegevens zijn geformuleerd. Juist bij deze benadering van analyse biedt GIS nieuwe mogelijkheden voor de beschrijving van ruimtelijke patronen en relaties (Openshaw 1991; Anselin 1993). Eén van de argumenten voor een exploratieve benadering is de toenemende aanwezigheid van grote hoeveelheden ruimtelijke gegevens en de maatschappelijke behoefte om patronen in de gegevens bloot te leggen (Openshaw 1991). Sommigen spreken hier van 'data-led analysis': laat

Openshaw 1991). Hier wordt bij GIS-analyse - naar Maguire en Dangermond (1991) en Raper en Maguire (1992) - onderscheid gemaakt tussen de opvraag, integratie en analyse. *Opvraag* vindt via een vraagtaal in relatie tot het DBMS op tweeërlei wijzen plaats: via de attributen en/of de locatie. Voor het selecteren van gegevens op basis van attributen worden (standaard) vraagtaalen gehanteerd, zoals 'structured query language'. Ruimtelijke opvraag of selectie omvat de opvraag van gegevenselementen via een geografische operator of interactief via de weergave van de kaart op het computerscherm. Dergelijke queries kunnen verschillende vormen aannemen en kenmerken zich door het specificeren van een ruimtelijke relatie (bijvoorbeeld 'is in', 'links van', 'rechts van' en 'is verbonden met'). Bij interactieve selectie vindt opvraag van gegevens plaats via het aanwijzen van locaties (met geografische zoom en schuif functies) en het afbakenen van een geografische gebied met behulp van geometrische gebiedsafbakeningen (zoals vierkant, cirkel, een aanwezige gebiedsindeling of een zelfgedefinieerd gebied). Selectie leidt vaak onmiddellijk tot weergave van de geselecteerde set gegevenselementen in een kaartbeeld. Na selectie blijven de geometrische, topologische en thematische gegevenselementen ongewijzigd aanwezig in de gegevensbank. Voor opvraag en selectie via de ruimtelijke component van de gegevens of geografische locatie zijn echter (vooralsnog) geen uniforme vraagtaalen voorhanden (Egenhofer 1992; Healey 1991). Vanwege het specifieke karakter van de ruimtelijke component van gegevens kan een ruimte-lijke vraagtaal verschillende vormen aannemen (Frank en Mark 1991). Voor uiteenzettingen over het ontwikkelen van een ruimtelijke vraagtaal wordt verwezen naar Egenhofer (1992). Bij analyse gaat het tevens om de *integratie* van gegevens via de locatie. Bij integratie van gegevens in GIS staat 'overlay-analyse' centraal. Bij overlay-analyse - ook wel aangeduid met *zeef-analyse* - worden thematische kaartlagen over elkaar gelegd en gecombineerd via bepaalde combinatorische regel(s) tot een geïntegreerde nieuwe kaartlaag. Ook aan overlay-analyse, waarbij uiteenlopende combinatorische regels kunnen worden toegepast, liggen geometrische intersecties ten grondslag. Dit geldt echter alleen bij vectorgeoriënteerde gegevensmodellen. Rastergeoriënteerde gegevensmodellen hebben vanwege de eenduidige structuur geen geometrische intersecties nodig voor de integratie van gegevens via de ruimtelijke component. Hierbij is het zinvol te wijzen op een initiatief om de integratie van gegevens in rastergeoriënteerde gegevensmodellen te standaardiseren. Dit heeft geleid tot een typologie (met bijbehorende vraagtaal) van functies voor de integratie van gegevens in rastergeoriënteerde gegevensmodellen, de 'map algebra' (Tomlin 1990). Tomlin's map algebra omvat een syntax voor de opvraag van gegevens op basis van een diversiteit aan transformaties en bewerkingen op ruimtelijke objecten, gerepresenteerd in de computer door gridcellen. Verder wordt analyse door Maguire en Dangermond (1991) en Raper en Maguire (1992) beschouwd aan de hand van de ruimtelijke relaties 'nabijheid' en 'connectiviteit'. Het gaat hierbij om de aanwezigheid van de ruimtelijke component in de analyse via het vastleggen van topologische relaties, bijvoorbeeld voor het uitvoeren van berekeningen in netwerken (zie Lupien *et al.* 1987).

Tenslotte is cartografische *presentatie* het logisch gevolg van al het werk, dat in relatie met GIS wordt uitgevoerd. De kaart vormt namelijk het meest geschikte medium om geografische gegevens inzichtelijk te presenteren (zie Ormeling en Kraak 1990). Als eindproduct dient cartografische presentatie planning en besluitvorming te ondersteunen door heldere en inzichtelijke gegevensoverdracht. Een tweetal vormen van weergave kunnen worden onderscheiden in de context van GIS: product en query (Goodchild 1987). Als *product* worden gegevens statisch (veelal op papier) vastgelegd in de vorm van een kaartbeeld, tabel en grafiek. De tweede vorm van weergave *query* geeft de mogelijkheid tot interactie met de gegevens via een computergestuurd systeem. In combinatie met andere computergestuurde visualisatie methoden (zoals 'business graphics', 'statistical graphics' en 'computer graphics') ontstaan mogelijkheden voor nieuwe methoden van visuele en exploratieve analyse (zie Kraak 1996). Via 'interactive graphics' bijvoorbeeld kan de gebruiker op interactieve wijze exploratieve statistische analyse technieken (histogram, boxplots, barcharts, scatterplots, et cetera) hanteren door de directe koppeling met een kaartbeeld via gekoppelde vensters (Haslett *et al.* 1990; Batty en Xie 1994a; 1994b). Een andere term in deze context is 'visual interactive modelling', waarbij gedurende het proces van modellering op iteratieve wijze interactie plaats vindt met de modelinput en -output via selectie, manipulatie en

de gegevens spreken! (Openshaw 1991; Scholten en Openshaw 1991). Onder exploratieve (ruimtelijke) analyse vallen verschillende methoden en technieken (zie Goodchild *et al.* 1992; Anselin 1993; Openshaw en Clarke 1996). Bij confirmatieve analyse worden a priori hypothesen geformuleerd omtrent de te verwachten ruimtelijke relaties in de vorm van een theorie, model of statistisch verband. Confirmatieve methoden en technieken hebben hun oorsprong in verschillende disciplines, zoals operations research (lineaire programmering, netwerkanalyse, locatie-allocatie modellen), de geografie en regionale economie (interactie modellen, micro-economische keuze modellen, regionale input-output modellen, ruimtelijke econometrie) en statistiek. Selectie, manipulatie, exploratie en confirmatie zijn vormen van analyse, die complementaire relaties onderhouden. Aan confirmatie zal in veel gevallen manipulatie en exploratie vooraf gaan. De op exploratieve en confirmatieve wijze gegenereerde gegevens kunnen leiden tot nieuwe inzichten in ruimtelijke relaties en patronen. Het samen-spel met de weergave van gegevens via het kaartbeeld of via andere visualisatiemethoden is voor alle vormen van analyse zeer waardevol.



Figuur 3.3 Functionele componenten van GIS (naar Raper en Maguire 1992)

ontwerpen snel en efficiënt te vergelijken.

3.3.4 Geografische informatiesystemen; een kritische blik

Een consument en tegelijkertijd initiator van innovatieve ontwikkelingen, die vanaf het begin aanwezig is geweest bij het ontwikkelings- en diffusieproces van GIS, is de academische wereld. Ondanks de huidige belangstelling en enorme investeringen in GIS vanuit overheid en bedrijfsleven, zijn vanuit de academische wereld ook kritische geluiden hoorbaar (Anselin *et al.* 1993; Batty en Xie 1994a; 1994b; Burrough 1992a; 1992b; Clarke en Clarke 1995; Couclelis 1991; Fotheringham en Rogerson 1993; Fischer *et al.* 1996; Goodchild 1987; Fischer en Nijkamp 1993; Openshaw 1990; Scholten en Openshaw 1991). Deze geluiden hebben hun

weergave (Densham 1994; Hurrion 1986). Computer animatie met behulp van GIS voegt daar de temporele dimensie aan toe (Dorling en Openshaw 1992). Het kaartbeeld blijft de meest elementaire vorm van visualisatie in relatie tot GIS. Het produceren van een kaart is echter niet zo eenvoudig als het soms wel lijkt. Een troebele of onjuiste cartografische weergave kan een vertekening van de werkelijkheid tot gevolg hebben. Daarbij komt, dat menselijke visuele herkenning en interpretatie van patronen en relaties op kaartbeelden al snel kan leiden tot verkeerde interpretaties. Voor het interpreteren van ruimtelijke gegevens is derhalve een eenduidige en heldere kaartopbouw evident. Het ontwerpen van kaarten vereist derhalve kennis omtrent de principes van cartografische presentatie (Ormeling en Kraak 1990). Deze kennis ontbreekt veelal bij gebruikers van GIS (Weibel en Buttenfield 1992). Weibel en Buttenfield (1992) bespreken in deze context enkele ondersteunende ontwikkelingen, variërend van het 'default' specificeren van het kaartontwerp door cartografische experts tot het gebruik van expertsystemen voor kaartontwerp. Egbert en Slocum (1992) pleiten voor een meer exploratieve wijze om kaarten te ontwerpen. Door exploratieve interactie met de kaart via de computer is het mogelijk om de effecten van verschillende varianten op kaart-

grondvest in wat wordt aangeduid met 'Geographical Information Science' (Goodchild 1992b); de academische discipline, die zich bezighoudt met op GIS-gebaseerde ruimtelijke analyse. Goodchild (in Gatrell 1991, pp. 120) onderstreept het belang van de ruimtelijk-analytische kijk op GIS door te stellen, dat "The true potential of Geographical Information Systems lies in its ability to analyse spatial data using the techniques of spatial analysis". Al enige jaren constateert de academische GIS-gemeenschap echter, dat de functionaliteit van de op-de-markt-verkrijgbare GIS-software tekort schiet wat betreft de ruimtelijke analyse: "Today, geographic information systems (GIS) incorporate many state-of-the-art principles such as relational database management, powerful graphics algorithms, interpolation, zoning and simplified network analysis, yet what is termed spatial analysis and modelling is often no more than map manipulation such as polygon overlay and buffering. The lack of analytical and modelling functions is widely recognized as a major deficiency of current systems." (Fischer *et al.* 1996, pp. 3)¹². Nu heeft de integratie van technieken van ruimtelijke analyse en GIS volop aandacht gekregen in de wetenschappelijke wereld (zie Fotheringham en Rogerson 1993; Fischer en Nijkamp 1993; Fischer *et al.* 1996; Wegener en Fotheringham te verschijnen).

De aandacht is daarbij vooral uitgegaan naar het uitvoeren van ruimtelijke analyse met behulp van GIS. Vooral het toepassen van bestaande ruimtelijk-analytische technieken van statistische aard in een GIS-omgeving stond centraal. Tot op heden ontbrak het in belangrijke mate aan de koppeling van GIS met ruimtelijke modellen, waarmee het mogelijk wordt het proces van modelontwikkeling en -gebruik met behulp van GIS-functionaliteit te ondersteunen en - waar mogelijk - te verbeteren (Fotheringham 1995). De academische wereld heeft een traditie op het terrein van het ontwikkelen van modellen voor planning en besluitvorming. In generieke GIS-software ontbreken veelal functies voor de ontwikkeling en toetsing van deze modellen, zoals bijvoorbeeld keuzemodellen voor het modelleren van verplaatsings- en vestigingsgedrag. De uitzonderingen op deze 'regel' doen zelfs een stap terug: "There have been relatively few developments which link spatial models and GIS and those that have often represent as *step backwards* for spatial modelling procedures¹³ which are actually worse than those conventionally used outside a GIS!" (Fotheringham 1995, pp. 3). In paragraaf 3.4 wordt nader beschouwd op welke wijze het mogelijk is de complementaire relatie tussen het ontwikkelen en gebruik van ruimtelijke modellen met GIS tot stand te brengen.

Het is eigenlijk niet geheel verwonderlijk, dat een discrepantie bestaat tussen de huidige functionaliteit van generieke GIS-applicaties en de aanwezigheid van wetenschappelijke modellen voor planning en besluitvorming (zie ook Maguire 1995). De diversiteit en complexiteit van (ruimtelijk-analytische) technieken is een mogelijke oorzaak voor het feit, dat de huidige generatie GIS-software zich nog nauwelijks op dit terrein heeft ontwikkeld. Wetenschappelijke exercities naar specifieke ruimte-lijke processen en structuren zijn vaak relatief gecompliceerd en staan als zodanig relatief ver van enig maatschappelijk gebruik. Tevens vereist het implementeren van modellen complexe gegevensstructuren, die in generieke GIS-applicaties ontbreken. Daarbij komt dat het ontwikkelen voor specifieke probleemsituaties en kleine groepen gebruikers financieel immers minder interessant is voor de leveranciers van generieke GIS-applicaties. Derhalve kunnen via de bij generieke GIS-applicaties horende ontwikkeltalen specifieke GIS-applicaties ontwikkeld worden. Tot slot is er de noodzakelijke processorcapaciteit van computers, die eveneens een belemmerende rol heeft gespeeld in deze ontwikkeling. Gezien de snelle ontwikkelingen op het terrein van de computertechnologie, is deze factor van steeds minder belang. Tegelijkertijd kan afgevraagd worden of het zinvol is om geavanceerde wetenschappelijke methoden en technieken direct op te nemen in commerciële GIS-software. Het gevaar voor oneigenlijk gebruik en toepassing van

¹² Fotheringham (1995, pp. 2) constateert, dat "in fact GIS-based spatial analysis functionality generally consist of techniques such as spatial querying, point-in-polygon operations, buffering, and union, intersection, dissolving and cookie-cutting methods of creating new data, which many spatial analyst would not regard as analysis at all".

¹³ Ook Openshaw en Clarke (1996, pp. 25) onderschrijven deze constatering: "The major advantage of such models lies in their ability not only to address 'what-is?' questions, but also the crucial 'what-if?' questions that many organisations require for future planning. Spatial modelling procedures based on spatial interaction or location optimisation are generally very good at addressing these sorts of questions. However those now appearing in proprietary GIS are both inadequate and often presented as black-box solutions which ignore 25 years of work on the problems of model specification, parameter estimation and model evaluation." De beschikbare modelspecificaties zijn zeker niet overeenkomstig de state-of-the-art modellen zoals die in het wetenschappelijk onderzoek zijn ontwikkeld (Arentze *et al.* 1996; Fotheringham 1995; Openshaw en Clarke 1996). De integratie van keuzemodellen in op-de-markt-verkrijgbare GIS beperkt zich tot de aanwezigheid van veelal normatieve modellen gebaseerd op assumpties van afstandsminimalisatie (Grothe en Scholten 1990). Ook procedures en functionaliteit om het proces van modelontwikkeling te ondersteunen, zoals het schatten van modelparameters en toetsen van modellen, zijn in generieke GIS niet direct beschikbaar. In dergelijke gevallen vindt via een koppelingsmechanisme integratie plaats van externe modellen met GIS.

complexe methoden en technieken in GIS zal eerder plaatsvinden. Inzicht in de effecten van de toepassing van wetenschappelijke methoden vereist immers kennis en ervaring, die bij veel potentiële gebruikers niet aanwezig is. Tevens vereist het gebruik van standaard GIS-software inmiddels veel kennis en vaardigheid (GIS-software met meer dan duizend commando's is geen uitzondering), terwijl voor veel toepassingen slechts een klein deel van de totale functionaliteit (en commando's) noodzakelijk is. Uitbreiding van de toolbox met nieuwe functionaliteit zal nog meer kennis vergen van de gebruiker en uiteindelijk leiden tot eenzijdige expertise, hetgeen in veel situaties niet wenselijk en mogelijk is. Voor het welslagen van de integratie van state-of-the-art wetenschappelijke modellen en GIS zal derhalve zeer nadrukkelijk kennisoverdracht plaats dienen te vinden.

Over de noodzaak van de integratie van modellen en GIS bestaat echter geen discussie: "There is a wide agreement in both the GIS and spatial analysis communities that the future success of the GIS technology will depend to a large extent on incorporating more powerful analytical and modelling capabilities" (Fischer *et al.* 1996, pp. 3). In onderhavige studie zal vanuit een gebruikergecentreerde benadering aandacht worden besteed aan de integratie van modellen van vestigings- en verplaatsings-gedrag in GIS-applicaties. De volgende paragraaf zullen ervaringen en enkele ontwikkelingen met betrekking tot het gebruik van GIS in locatieplanning aan de orde stellen. Het ontbreken van functionaliteit voor ruimtelijke analyses en modellering in generieke GIS-applicaties betekent zeker niet bij voorbaat, dat deze systemen niet inzetbaar zijn voor locatieplanning.

3.4 Geografische informatiesystemen en locatieplanning

3.4.1 Het gebruik van GIS voor locatieplanning: enkele ervaringen

De eerste operationele geografische informatiesystemen zijn in de jaren zestig ontwikkeld en toegepast ten behoeve van locatie- en landgebruikplanning (Steinitz 1993a). In deze 'vroege' studies stond het zoeken naar en evalueren van geschikte locaties op basis van zogenaamde zeef- of overlay-analyse centraal (zie paragraaf 3.3.3). Bij overlay-analyse worden via selectiecriteria of combinatoreregels nieuwe kaartlagen gecreëerd (Unwin 1996). In Hopkins (1977) zijn de diverse combinatoreregels voor dergelijke gebiedsgeschiktheidanalyses uiteengezet, zoals mathematische (ordinale, lineaire en nonlineaire combinatie), statistische (factor- en clusteranalyse) en logische combinatoreregels. Hopkins geeft aan, dat vanwege het complementaire karakter van de verschillende methoden het zinvol is meerdere methoden te hanteren in gebiedsgeschiktheidsanalyses.

Het gebruik van overlay-analyse voor gebiedsgeschiktheidsanalyse, zoals door Hopkins (1977) uiteen is gezet, is in een formele taal voor overlay-analyse en andere ruimtelijke bewerkingen omgezet. De 'Map Algebra' van Tomlin (1990) is gebaseerd op matrixalgebra vanwege de nauwe verwevenheid met het rastergeoriënteerd gegevensmodel. In het rastergeoriënteerde gegevensmodel vindt overlayanalyse via matrixalgebra plaats. Map Algebra omvat naast mogelijkheden om op basis van combinatoreregels kaarten te combineren ook andere rekenkundige technieken, waarin afstandsberoeeningen een rol spelen. Overlay-analyse en matrixanalyse zijn, zonder twijfel, de meest veelvuldig gehanteerde ruimtelijke technieken, die via GIS hernieuwde aandacht en toepassing hebben gekregen. Openshaw *et al.* (1990, pp. 175) stellen, naar aanleiding van een omvangrijke zoektocht naar potentiële locaties voor kerncentrales in het Verenigd Koninkrijk, dat "it is still possible to manage without GIS but the additional flexibility offered by a computer automated system is important". Vervolgens geven ze enkele belangrijke argumenten voor het gebruik van GIS-gebaseerde overlay-analyse in locatieplanning:

1. De reken capaciteit van de computer maakt het mogelijk grote hoeveelheden kaartlagen te combineren, daarmee te experimenteren en de precisie te verbeteren;
2. GIS biedt voordelen voor besluitvormers om alternatieven te genereren;
3. Op andere (beslissings)regels in het proces van locatieplanning of wat-gebeurt-er-als?-vragen, kan eenvoudig worden geanticipeerd.

Daarnaast zijn tevens enkele methodologische nadelen aan overlay-analyse te onderkennen. Janssen en Rietveld (1990) onderkennen enkele beperkingen van het gebruik van (GIS-gebaseerde) overlay-analyse, onder meer het feit dat overlay-analyse minder inzichtelijk is in geval van relatief veel onderliggende criteriovariabelen¹⁴. Om tegemoet te komen aan de methodo-

¹⁴ Naast de ondoorzichtigheid signaleren Janssen en Rietveld (1990) dat,

1. Bij overlay-analyse het onderlinge belang van de criteriovariabelen niet is meegenomen;
2. Het werken met continue criteriovariabelen classificatie vereist naar nominale waarden, waarbij het effect van de drempelwaarden of

logische beperkingen van overlaytechnieken, is onder andere gezocht naar de complementariteit met andere, meer kwantitatieve methoden van optimalisatie en multicriteria-analyse (Unwin 1996), zoals lineaire programmeringsmodellen (zie Chuvieco 1993) en multidoelstellingsmethoden (zie Carver 1991; Eastman *et al.* 1993; Geertman 1996; Jankowski 1995; Jankowski en Richard 1994; Janssen en Rietveld 1990; Menegolo en Peckham 1996; Pereira en Duckstein 1993).

Wanneer de overlaytechniek en matrix-analyse worden beschouwd in het licht van de in paragraaf 2.2.2 geschetste locatie- en keuzemodellen, kan gesteld worden dat deze technieken in de categorie locatiemodellen kunnen worden ondergebracht. Bij de overlay-techniek en matrix-analyse wordt de locatie nadrukkelijk als uitgangspunt genomen voor het waarden van de geschiktheid van een locatie voor een bepaalde activiteit. Op basis van een checklist, eventueel gewogen via multicriteria-analyse, worden gebieden 'gezeefd' op basis van de geometrie en betekenis.

Keuzemodellen worden via externe koppeling in combinatie met GIS gebruikt. Multi-attriboot preferentiemodellen en daarmee samenhangende mathematische modellen voor het modelleren van verplaatsings- en vestigingsgedrag, zoals ruimtelijke interactiemodellen, zijn - zoals in paragraaf 3.3.4 is aangegeven - in mindere mate in gebruik in combinatie met GIS. Voorbeelden van integratie van multi-attriboot preferentiemodellen en GIS zijn te vinden in Arentze *et al.* (1994), Bailey en Munford (1991), Batty (1992b), Batty en Xie (1994a; 1994b), Birkin en Foulger (1992), Birkin *et al.* (1996), Grothe en Scholten (1994), Miller (1991) en Shaw (1993). *Beslissingsmodellen* worden via de koppeling van expertsystemen met GIS gebruikt. Voorbeelden van de integratie van GIS met beslissingsmodellen en technieken van kennissystemen voor locatieplanning zijn te vinden in Armstrong *et al.* (1990), Arentze *et al.* (1996c), Chen *et al.* (1994), Diamond en Wright (1988), Davis en Grant (1987), Han en Kim (1989b), Golledge *et al.* (1994), Leung en Leung (1993a; 1993b), Reitsma (1990), Smith en Yiang (1991), Suh *et al.* (1988), Tanic (1986) en Yan *et al.* (1991). Voor de integratie van keuzemodellen en GIS zijn verschillende benaderingen en invalshoeken te onderscheiden. Tevens is de te behalen meerwaarde van integratie afhankelijk van diverse factoren.

In de volgende paragrafen wordt nader op de complementaire relatie en (meer)waarde ingegaan. Tevens wordt de koppeling van modellen en GIS nader beschouwd.

3.4.2 Integratie van modellen en GIS; functionele meerwaarde

Er is geen enkele reden tot twijfel over de mogelijkheden van de huidige op-de-markt-verkrijgbare generieke GIS-applicaties ten behoeve van het ondersteunen van de complexe vraagstukken in locatieplanning. De basisfunctionaliteit van generieke GIS-applicaties bestaat uit een set generieke bewerkingen op de ruimtelijke component van gegevens. Deze generieke set - alhoewel niet geheel strikt af te bakenen - is in paragraaf 3.3.3 reeds aan de orde gesteld. Met behulp van deze set geometrische en topologische bewerkingen is het mogelijk (locatie)modellen samen te stellen. In sommige GIS-applicaties zijn inmiddels modellen opgenomen, zoals ruimtelijke interactiemodellen en locatie-allocatie modellen¹⁵. Toch ontbreken in generieke GIS-software de noodzakelijke instrumenten om met deze modellen het gehele proces van modelontwikkeling en -toetsing te doorlopen (zie paragraaf 3.3.4). Door het integreren van modellen is het mogelijk de functionaliteit en toepasbaarheid van GIS-software te vergroten en modellen toegankelijk te maken via GIS-functies met als resultante meerwaarde voor beide. De (meer)waarde van *integratie* van modellen en GIS is al in een vroeg stadium naar voren gebracht (De la Barra *et al.* 1984; Birkin *et al.* 1987; Robinson en Coiner 1986). Op de vraag van Birkin *et al.* (1987) getiteld "GIS and model-based locational analysis: ships in the night or the beginnings of a new relationship?" kan dan ook inmiddels een antwoord worden gegeven. Er kan gerust gesteld worden, dat sprake van een complementaire relatie tussen GIS en modellen van locatieplanning. Het ontwikkelen en gebruik van ruimtelijke modellen heeft traditioneel altijd plaatsgevonden onafhankelijk van de ontwikkeling en het gebruik van GIS (Fischer 1995; Fotheringham 1995). De vraag of het überhaupt noodzakelijk is beide te integreren lijkt dus gerechtvaardigd. Fotheringham (1995, pp. 3) stelt, dat "... it is not necessary to use a GIS to undertake spatial modelling and integrating the two will not necessarily lead to any greater insights into the problem at hand. However, for certain aspects of the

klassengrenzen op het eindresultaat onbekend is;

3. Het classificeren van continue criteriavariabelen naar nominale variabelen leidt tot gegevensverlies.

¹⁵ Ook de integratie van locatie-allocatie modellen, die zich expliciet richten op de optimalisatie van locatiepatronen met inachtneming van bepaalde doelstellingsfuncties en GIS heeft plaatsgevonden. Dit is terug te vinden in diverse toepassingen (Armstrong *et al.* 1991; Church en Sorensen 1994; Densham 1994; Densham en Rushton 1996; Willer 1990).

modelling procedure, integration will have reasonably high probability of producing insights that would otherwise be missed if the spatial models were not integrated within the GIS." Daarvoor is het nodig vast te stellen op welke wijze beide elkaar versterken ofwel; waarin zit nu eigenlijk de complementaire relatie in het gebruik van GIS en modellen van locatieplanning?

En daarbij zal vooral voor het proces van modelontwikkeling- en gebruik moeten worden vastgesteld waar een bijdrage vanuit GIS-functionaliteit kan worden verwacht.

Belangrijke voorwaarde voor het integreren van beide is de te verwachten meerwaarde. Openshaw en Clarke (1996) hanteren enkele richtlijnen voor het integreren van modellen van locatieplanning en GIS. Een GIS-aanpak dient zeer grote hoeveelheden gegevens te kunnen verwerken, is onafhankelijk van het studiegebied toepasbaar, de resultaten zijn op cartografische wijze te presenteren en de GIS-aanpak is generiek, toepassingsonafhankelijk, bruikbaar en inzichtelijk. Een belangrijke richtlijn achter het gebruik van modellen en GIS is de richtlijn, dat de output van analytische modeloefeningen in kaart weergegeven kunnen worden. Dit leidt volgens Openshaw en Clarke (1996) tot een paradigma van ruimtelijke analyse, dat sterk gebaseerd is op visualisatie. In *interactie* met de computer geeft de *cartografische weergave* een visuele toegang tot de gegevens(elementen) en modellen, hetgeen kan leiden tot nieuwe inzichten voor analyses en modeloefeningen in het iteratieve proces van ontwikkeling en gebruik van modellen (Batty en Xie 1994b; Densham 1994). Via interactie met de cartografische weergave op de computer is het mogelijk om selecties en wijzigingen in de gegevens(elementen) aan te brengen en resultaten van modeloefeningen te presenteren. Daarnaast zorgt GIS voor de opslag en toelevering van gegevens(elementen) als input voor modellen. Via computergestuurde visuele interactie of een formele specificatietaal (zoals SQL) kunnen gegevens(elementen) geselecteerd en/of gewijzigd worden. Als zodanig heeft GIS een functie voor gegevensopslag en het ter beschikking stellen van gegevens via een vraagtaal en/of interactief via de cartografische weergave. GIS biedt tevens ondersteuning voor het uitvoeren van geometrische manipulatie, waaronder overlaysanalyse en 'buffering'. Deze functies richten zich op manipulatie op de mogelijkheden om geometrische en topologische wijzigingen en transformaties op gegevenselementen uit te voeren. Het veranderen van geometrische en/of topologische gegevenselementen van bestaande objecten, het geheel verwijderen van bestaande objecten of het toevoegen van nieuwe objecten aan de gegevensbank zijn voorbeelden van *wijzigingen*. Het verleggen, toevoegen of weghalen van geometrisch vastgelegde objecten of onderdelen van objecten vindt plaats in interactie met cartografische weergave. Deze manipulaties hebben tevens een belangrijke functie ter ondersteuning van op de geometriegebaseerde berekeningen (lengte, afstand, oppervlakte, et cetera).

GIS kan het ontwikkelen en gebruik van modellen op drie manieren ondersteunen (Fedra 1994; Fischer 1995):

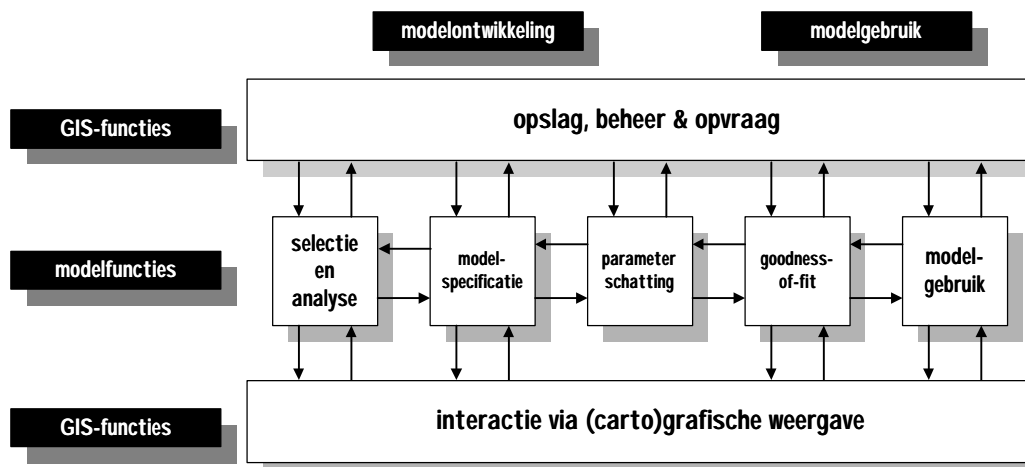
1. GIS fungeert als gegevensbank (DBMS) voor de modelinput;
2. GIS heeft een functie voor (karto)grafische weergave van modelresultaten;
3. GIS fungeert als gegevensbank en voor (karto)grafische weergave.

Een belangrijk gegeven achter deze conceptuele indeling is de scheiding van GIS en modelfuncties. In eerste instantie wordt de invoer, opslag en het beheer van de voor de modellen vereiste gegevenselementen door GIS ondersteund. Vanuit de conceptuele scheiding is GIS opgedeeld in een tweetal functies: de functies voor gegevensopslag en de functies voor cartografische weergave en opvraag. Niet alle modellen van locatieplanning vereisen een input van geometrische en/of topologische gegevenselementen, waardoor de toevoer zich beperkt tot thematische en/of temporele gegevenselementen via een conventioneel DBMS. Vanuit de modelfuncties worden de relevante gegevenselementen gestructureerd voor verdere bewerking. Tijdens dit beweringsproces zal terugkoppeling plaatsvinden naar GIS-functies. Dat dit proces van model tot model verschilt, wordt aan de hand van een tweetal voorbeelden, een ruimtelijk interactiemodel en een multidoelstellingsmodel, verduidelijkt. In beide gevallen worden allereerst de relevante gegevenselementen geselecteerd via geografische en/of niet-geografische selectie functies van GIS.

De gegevensstructuur bij *ruimtelijke interactiemodellen* is in zeer belangrijke mate gebaseerd op een herkomstbestemmingsmatrix (kortweg hb-matrix). Zo weerspiegelt de hb-matrix de keuzeset van de individuele waarnemingen in geval van een hiërarchisch logitmodel voor winkelkeuze in de levensmiddelenhandel (Grothe en Scholten 1994).

De ruimtelijk afgebakende keuzeset, specifiek voor ieder individu, bevat alle bestemmingsalternatieven voor het individu en de bijbehorende ruimtelijke en thematische gegevenselementen. Bij een dergelijk ruimtelijk interactiemodel vindt de selectie van de gegevens, het modeltype en de modelvariabelen in relatie tot GIS plaats. Naast selectie vindt vervolgens directe weergave van de geselecteerde gegevenselementen via GIS plaats (zie figuur 3.4). Modelspecificatie kan leiden tot een reductie van de geselecteerde gegevensset door het ontbreken van gegevenselementen. Het vervolgens in kaart brengen van de ruimtelijke spreiding van de nieuwe set gegevens kan leiden tot nieuwe inzichten omtrent ruimtelijke patronen en relaties. Alvorens de relevante gegevenselementen in een hb-matrix op te nemen, dient een keuzeset gespecificeerd te worden. De opbouw van de hb-matrix vindt vervolgens plaats op basis van de geometrische of topologische manipulaties (zoals kortste-pad berekeningen) in GIS. Het schatten van de modelparameters is een rekenkundig proces, dat leidt tot parameters voor de modelvariabelen en indicatoren. De schat-

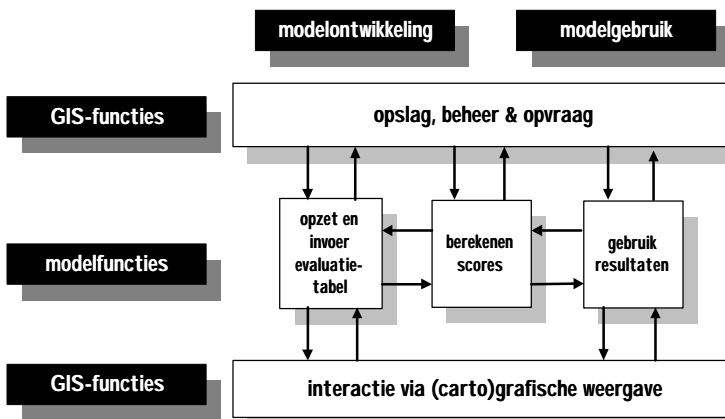
tingsprocedure levert goodness-of-fit maten op, die in het licht van de modelspecificatie worden bezien. In geval van een logit-model voor winkelkeuze levert de schattingsprocedure de parameterwaarden op om voor afzonderlijke winkelvestigingen geaggregeerde consumentenstromen - in aantallen en omzet - te bepalen. Bij het bepalen van de goodness-of-fit is opnieuw selectie



Figuur 3.4 Interactie c.q. gegevensstromen tussen ruimtelijk interactiemodel en GIS

model(elementen), biedt de gebruiker mogelijkheden om inzicht te krijgen in patronen en relaties die wellicht anders over het hoofd zouden worden gezien. Als laatste stap in het modelbouwproces, en uiteinde-lijk doel van het ontwikkelen van een model, is het gebruik van het model voor beleid, planning en besluitvorming. Het verklaren van veronderstelde relaties in het model en het voorspellen van de effecten van beleidsmaatregelen - de impactanalyse - staan hierbij centraal, want "The major advantage of such models lies in their ability not only to address 'what-is?' questions, but also the crucial 'what-if?' questions that many organisations require for future planning." (Openshaw en Clarke 1996, pp. 25).

Bij het gebruik van *multidoelstellingsmethoden*, ook wel aangeduid met multicriteria-analyse of multicriteria-evaluatie, is de centrale gegevensstructuur gebaseerd op een evaluatiematrix of scoretabel van alternatieven en (eventueel gewogen) criteria.



Figuur 3.5 Interactie c.q. gegevensstromen tussen MCA-model en GIS

GIS kan daarbij op twee wijzen een rol spelen¹⁶ (zie figuur 3.5). Allereerst zijn de alternatieven ruimtelijk gesitueerd en vindt selectie van alternatieven en bijbehorende criteria via GIS plaats. De scores van de geselecteerde criteria behorende bij de alternatieven worden vervolgens in een scoretabel geplaatst. Daarbij is het mogelijk, dat bepaalde criteria-scores op basis van geometrische en topologische manipulaties in GIS gegenereerd worden. Alvorens de scoretabel te genereren is het van belang een wegingsfactor voor elk criterium te specificeren om het relatieve belang van de criteria aan te geven. Eveneens is het gewenst - in geval van scores van uiteenlopend meetniveau - de scores te standaardiseren. De uiteindelijke multicriteria indicator-score en rangschikkingsscore komen tot stand via een multicriteriamethode. Er zijn verschillende methoden voor multicriteria-analyse (voor een overzicht zie Nijkamp *et al.*

¹⁶ Het gebruik van multicriteria-analyse in combinatie met GIS is in diverse studies terug te vinden (Carver 1991; Eastman *et al.* 1993; Geertman 1996; Jankowski 1995; Jankowski en Richard 1994; Janssen en Rietveld 1990; Menegolo en Peckham 1996; Pereira en Duckstein 1993). Voor een overzicht zie Van Herwijnen (te verschijnen).

1990). Vanuit methodisch oogpunt is het derhalve zinvol om via gevoeligheidsanalyse de effecten van verschillende methoden op de resultaatscore vast te stellen. Kortom, in principe kan met en via GIS ondersteuning worden geleverd aan modelontwikkeling en -gebruik via alle in paragraaf 3.3.3 gepresenteerde bewerkingen en functies. De potentie tot interactie - en dus meerwaarde - tussen GIS en modellen kan daarbij variëren. Beide hebben voordelen bij een geïntegreerde aanpak (Birkin *et al.* 1987; Fotheringham 1993; Burrough 1992a). De interactieve toegang tot gegevens(elementen) en modellen via GIS geeft exploratieve (data)analyse¹⁷ een extra dimensie en kan nieuwe inzichten opleveren, die anders verborgen zouden blijven. Het exploratieve karakter van GIS kan in combinatie met het beschrijvende confirmatieve karakter van modellen leiden tot nieuwe inzichten in ruimtelijke relaties, structuren en processen¹⁸. Een theorie voor het oplossen van ruimtelijke probleem-velden bestaat (nog) niet. GIS kan derhalve een functie vervullen door deze ruimtelijk-analytische problemen nader te verkennen op hun effecten met betrekking tot de kracht van modellen, bijvoorbeeld door gevoeligheidsanalyse (Batty en Xie 1994b).

Dat er voorlopig op dit terrein nog voldoende stof voor discussie is, geeft Fotheringham (1995, pp. 3) aan: "... there will continue to be much debate regarding the role of GIS in spatial modelling. Sceptic will ask: Is a GIS necessary for spatial modelling? although the relevant question is: Is GIS useful for spatial modelling? The answer to the former is invariably 'no' whilst the answer to the latter might well be 'yes'." De noodzakelijkheid van een interactieve toegang tot modellen via GIS-functies is derhalve betrekkelijk. De mogelijkheid tot interactie is daarbij afhankelijk van het type model en het te bereiken doel van modelgebruik. Daarbij kan opgemerkt worden, dat de integratie kan leiden tot een grotere toegankelijkheid van modellen voor het 'publiek'. Door de integratie van modellen en GIS kan een brug geslagen worden tussen enerzijds de wetenschappelijke ontwikkeling van modellen en anderzijds het gebruik ervan voor planning en besluitvorming¹⁹. De ontsluiting van beslissingsondersteunende technieken via/met GIS levert - vanwege hun complementaire relatie - een toegevoegde waarde voor de planningspraktijk. De optimale toegankelijkheid van modellen is in geïntegreerde systemen een belangrijk punt van aandacht. Clarke (1990b, pp. 2) omschrijft dit neveneffect van het gebruik van GIS als volgt: "By adding GIS-type capabilities to our analytical tools a number of successful attempts were made to persuade organisations to introduce systematic spatial analysis methods".

3.4.3 Koppeling van modellen en GIS

Bij de integratie van modellen en GIS speelt de wijze waarop de koppeling in de praktijk tot stand komt eveneens een rol. Zo is het bij generieke GIS-applicaties niet (altijd) mogelijk toegang tot het meest elementaire niveau van inbedding - de fysieke opslagstructuur van de gegevens - te verkrijgen. In deze context wordt gesproken van *gesloten* systemen. Met name voor de noodzakelijke gegevensuitwisseling tussen verschillende GIS-softwareproducten levert het gesloten karakter problemen op bij het koppelen van modellen²⁰. Bij implementatie in de computer is het derhalve zeer gebruikelijk twee componenten of systemen te

¹⁷ Exploratieve data-analyse (EDA) heeft tot doel de inputgegevens voor modellen op exploratieve wijze nader te bestuderen (Anselin 1993; Fotheringham 1992). Voor ruimtelijke EDA worden specifieke technieken aangewend, die vooral door het gebruik van GIS-technieken tot nieuwe inzichten kunnen leiden (zie Getis 1993), zoals:

- technieken voor interactieve visualisatie en graphics (Kraak 1996; 1998);
- de 'geografische analyse machines' van Openshaw *et al.* (1990);
- het exploratief gebruik van maten van ruimtelijke associatie (Anselin (1993).

¹⁸ "I would agree that it is not necessary to use a GIS to undertake spatial modelling and integrating the two will not necessarily lead to any greater insights into the problem at hand. However, for certain aspects of the modelling procedure, integration will have a reasonably high probability of producing insights that would otherwise be missed if the spatial models were not integrated within the GIS." (Fotheringham 1995, pp. 3).

¹⁹ Er blijkt sprake te zijn van een discrepantie tussen wetenschappelijk onderzoek en het planningsgericht gebruik van methoden en technieken ter ondersteuning van locatieplanning (Beaumont 1987; Breheny 1987; Clarke en Wilson 1987; Openshaw en Goddard 1987).

²⁰ Inmiddels zijn ontwikkelingen gaande om GIS-software 'open' te maken middels één toegankelijk, openbaar en gestandaardiseerd 'OpenGIS geo-data model' (zie verder paragraaf 5.5.3). Het niet beschikbaar en/of publiek bekend zijn van de (binaire) gegevensstructuren van dergelijke systemen heeft generieke GIS-applicaties echter lange tijd gekenmerkt. Vanwege de roep naar betere mogelijkheden voor gegevens-uitwisseling

onderscheiden, namelijk een GIS en een modellensysteem (Anselin en Getis 1993; Anselin *et al.* 1993; Burrough en Frank 1995; Densham 1994; Fedra 1994; Fischer en Nijkamp 1993; Goodchild *et al.* 1992; Jankowski 1995; Nyerges 1991; Openshaw 1990). In eerste instantie kunnen grofweg twee benaderingen van *koppeling* worden onderscheiden (Goodchild *et al.* 1992): losse koppeling en hechte koppeling. In de praktijk betekent *losse* koppeling, dat gegevensstromen via gegevensbestanden (in ASCII of binair uitwisselingsformaat) plaatsvinden tussen het GIS en het modellensysteem (Goodchild *et al.* 1992). Bij losse koppeling sluiten de gegevensstructuren van GIS en analytische module niet op elkaar aan en is van een transparante gebruikersinterface geen sprake. De wijze waarop deze gegevensstromen plaatsvinden, kan drie verschillende vormen aannemen (Anselin *et al.* 1993). Allereerst kan er sprake zijn van éénrichtingsverkeer. Daarbij vindt ofwel uitwisseling van gegevens plaats van GIS naar het modellensysteem ofwel van het modellensysteem naar het GIS. In het eerste geval vindt selectie van gegevens plaats uit GIS, waarna veelal via conversie de gegevens in het modellensysteem worden verwerkt. In het tweede geval vindt cartografische visualisatie plaats. Bij tweerichtingsverkeer vindt uitwisseling plaats in twee richtingen en vinden gegevensstromen plaats van GIS-module naar analytische module en vice versa. De selectie van gegevens vindt daarbij plaats via de GIS-module, de analytische module voegt de meerwaarde aan de gegevens toe en de resultaten worden met GIS in kaart gebracht. Bij *hechte* koppeling vindt integratie plaats binnen GIS door het aan elkaar 'plakken' van commando's in zogenaamde macro's, via systeemspecifieke programmeertalen of het 'aanhaken' van externe routines via een faciliteit, die toegang geeft tot de low-level gegevensstructuur. Voor de gebruiker betekent hechte integratie een transparante interface. De interactie met het systeem vindt plaats via één dialoogsysteem en de uitwisseling van gegevensbestanden van het ene naar het andere systeem verloopt automatisch zonder tussenkomst van de gebruiker.

De meest efficiënte methode van koppeling vanuit het gezichtspunt van systeemontwikkeling is de *volledige koppeling* van de analytische module en GIS (Densham 1994; Fedra 1994; Goodchild *et al.* 1992). Volledige integratie kenmerkt zich door een geïntegreerde gegevensstructuur, waardoor het interne geheugenbeheer optimaal kan worden ingericht. Gegevens-elementen, model- en GIS-functies zijn optimaal geïntegreerd in de low-level gegevensstructuur, maken gebruik van één DBMS en bieden alle mogelijkheden voor grafische weergave en visuele interactie. Bij volledige integratie ligt het accent op de ondersteunende rol van GIS in een analytisch systeem. Het voordeel van een *dedicated* (Reitsma 1990), *stand-alone* (Goodchild *et al.* 1992) of *customized* (Fedra 1994) benadering is de optimale afstemming tussen de gewenste functionaliteit en de fysieke implementatie (Densham 1994; Fedra 1994; Fedra en Reitsma 1990; Grothe en Scholten 1994). Indien veelvuldig interactie tussen de systeem-componenten plaatsvindt, zoals de gegevensbank, de modelcomponent en grafische weergave, is optimalisatie van het gezamenlijk gebruik van de interne geheugenmedia op de computer een vereiste (Densham 1994; Fedra 1994). De op de markt verkrijgbare GIS-softwarepakketten zijn voorbeelden van systemen van volledige integratie. Bij deze GIS-software is toegang tot de low-level gegevensstructuur of het binaire gegevensformaat veelal niet mogelijk, waardoor aanpassingen en uitbreidingen van het systeem slechts kan plaatsvinden via losse en hechte koppeling. De wijze waarop koppeling tot stand komt is afhankelijk van uiteenlopende factoren, zoals de beschikbare middelen en kennis en de problematiek van het probleemdomain. De belangrijkste factoren voor het adopteren van één van bovengenoemde wijzen van koppeling zijn (Maguire 1995):

1. De mate waarin de modelsoftware en GIS-software uitbreidbaar zijn en de vraag naar 'openheid' voor het ondersteunen van gegevensinput en -output;
 2. De dominantie en het belang van beide systemen;
 3. Moet er sprake zijn van volledige integratie of is conversie van gegevens via 'translators' eenvoudigweg voldoende;
 4. De vraag of er sprake moet zijn van een dynamische of batchgeoriënteerde koppeling en gegevensuitwisseling tussen beide systemen;
 5. De vraag welke middelen, die de ontwikkelaar ter beschikking staan om beide typen systemen te kunnen integreren.
- Iedere wijze van koppeling kent zijn voor- en nadelen. Belangrijk is te constateren, dat vanuit het perspectief van de

tussen de diverse ruimtelijke gegevensformaten en met het oog op de nieuwe ontwikkeling rondom 'Open GIS' hebben enkele GIS-softwareleveranciers recentelijk besloten hun interne ruimtelijke gegevensstructuur of binaire gegevensformaat vrij te geven.

De leveranciers, die hun binaire formaat niet direct (hebben) willen vrijgeven, doen dat vanuit de overtuiging dat de interoperabiliteit daardoor niet toeneemt en bepaalde problemen naar de applicatieontwikkelaar en eindgebruiker worden verlegd. Zo zal de applicatieontwikkelaar de data-integriteit bij het werken met een binair ruimtelijk gegevensformaat zelf moeten waarborgen. Ook de toegankelijkheid van de gegevens staat op het spel vanwege het feit, dat de applicatieontwikkelaar zelfs simpele queries en data management functies opnieuw zal moeten ontwikkelen. Daarmee zien deze leveranciers in het ter beschikking stellen van het binaire gegevensformaat slechts een verschuiving van de verantwoordelijkheid van softwareleverancier naar (eind)gebruiker (Dangermond en Lauzon 1996).

(eind)gebruiker(s) van het systeem sprake dient te zijn van één geïntegreerd en transparant geheel. Een transparante en gebruikersvriendelijke *interface* draagt hiertoe bij en maakt het systeem beter toegankelijk. Naast een transparante gebruikers-interface betekent toegankelijkheid ook dat de performance van het systeem aan bepaalde eisen dient te voldoen (zie paragraaf 3.2.4). De implementatie in de computer vereist derhalve dat alle systeemcomponenten optimaal op elkaar zijn afgestemd. In deze studie hebben integratie en koppeling van modellen en GIS-functies via volledige integratie plaatsgevonden. In het verdere verloop van deze studie zal daarbij worden geïllustreerd, dat de objectgeoriënteerde methode zeer geschikt is om volledige integratie tussen modellen en GIS tot stand te brengen.

3.5 Conclusies

In een studie waarin de ontwikkeling van geografische informatiesystemen centraal staat, is aandacht voor de implementatie in de computer bijna een vanzelfsprekendheid. Alvorens echter de computer werkelijk een rol gaat spelen, heeft een proces van abstractie van werkelijkheid naar fysieke opslag van gegevens in een informatiesysteem plaatsgevonden. Informatiesystemen kenmerken zich door de weergave van slechts een deel van de verschijnselen, structuren en processen in de werkelijkheid.

Voor de representatie van de werkelijkheid in de computer ten behoeve van het ontwikkelen van informatiesystemen zijn drie abstractieniveaus onderscheiden, die het proces van werkelijkheid naar implementatie beschrijven. Ondanks de aanwezigheid van technieken om dit proces te structureren, kenmerkt dit proces zich vooral door individuele en contextgebonden interpretaties. Eenduidige richtlijnen voor een uniforme representatie zijn niet voorhanden. Dit geldt even zo voor het representeren van de geografische werkelijkheid, die een complexe, extra dimensie vergt. Het representeren van ruimtelijke sociaal-economische verschijnselen, structuren en processen kenmerkt zich door de opslag, analyse en weergave van gegevenselementen volgens (combinaties van) geometrische, topologische en cartografische beginselen.

Het gebruik van GIS als effectief informatiesysteem voor locatieplanning krijgt pas meerwaarde, indien integratie plaatsvindt met relevante modellen en technieken. Densham and Goodchild stellen (1989, pp. 709): "If GIS are to provide effective decisionmaking support in solving complex spatial problems, they must integrate analytical techniques and enable decision makers to use their chosen decisionmaking processes". Een beslissingsgeoriënteerd blikveld kenmerkt zich door de aandacht voor de complementaire relatie tussen en integratie van modellen en GIS. De integratie zal, zo is verondersteld, resulteren in een meerwaarde in de vorm van relevante gegevens voor het oplossen van ruimtelijke probleemsituaties. Concepten uit de (bestuurlijke) informatiekunde leveren een informatie-theoretisch perspectief voor de ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning. Het volgende hoofdstuk staat in het teken van een concept uit de informatiekunde; beslissingsondersteunende systemen.

4 BESLISSINGSONDERSTEUNENDE SYSTEMEN

4.1 Inleiding

In hoofdstuk 2 en 3 zijn elementaire concepten en componenten voor het ontwikkelen van geografische informatiesystemen voor locatieplanning aan de orde gesteld. Betoogd is, dat een kader voor computergestuurde ruimtelijke 'decision support' gecreëerd wordt door de integratie van modellen van locatieplanning en geografische informatiesystemen. Ten behoeve van de ontwikkeling van computergestuurde systemen voor de ondersteuning van locatieplanning kan de opgedane ervaring ten aanzien van de ontwikkeling en het gebruik van (management) informatiesystemen in de bestuurlijke en bedrijfskundige sfeer een kader bieden. Dit kader heeft zijn grondslag in de ontwikkeling van *beslissingsondersteunende systemen*. Onderhavig hoofdstuk staat in het teken van de informatietheoretische en -technische achtergronden en richtinggevende concepten van deze systemen. Het doel van dit hoofdstuk is de ontwikkeling en het gebruik van GIS-applicaties voor locatieplanning verder in te kaderen en relevante concepten te filtreren. Allereerst wordt in paragraaf 4.2 aandacht besteed aan achtergronden, concepten en karakteristieken van beslissingsondersteunende systemen. In paragraaf 4.3 worden 'intelligente' systemen of kennissystemen kort beschreven en in een geïntegreerd perspectief van informatiesystemen geplaatst. De menselijke inbreng bij het werken met en bouwen van DSS staat in paragraaf 4.4 centraal. De relevantie en beperkingen van het DSS-concept voor onderhavige studie is in paragraaf 4.5 nader uiteengezet. Tot slot volgen in paragraaf 4.6 enkele concluderende opmerkingen.

4.2 DSS; achtergronden, definities en concepten

Beslissingsondersteunende systemen of 'decision support systems' zijn ontstaan vanuit de ontwikkeling van management of bestuurlijke informatiesystemen. Beslissingsondersteunende systemen, hier verder aangeduid met het Engelse acroniem DSS¹, richten zich op de ondersteuning van slechtgestructureerde beslissingsproblemen binnen ondernemingen en organisaties. Gorry en Scott-Morton (1971) introduceerden in de begin jaren zeventig als één van de eersten het DSS-concept en initieerden daarmee een veelheid aan studies betreffende ontwikkeling en toepassing van DSS (zie Bidgoli 1990; Boersma 1989; Keen en Scott Morton 1978; Sprague en Carlson 1982; Turban 1993). Een eenduidige omschrijving van het concept DSS ontbreekt echter (Keen 1987) en er zijn vele definities in omloop (zie Ginzberg en Stohr 1982), die te pas en te onpas worden gehanteerd. Het ontbreken van eenduidigheid in terminologie en tegelijkertijd de omvang en variëteit van het DSS-veld hebben onder andere geleid tot het ontstaan van verschillende typen DSS (Alter 1977; Clarke en Finlay 1989; Ginzberg en Stohr 1982; Zachary 1986) en² verschillende stromingen, die vanuit een bepaalde invalshoek het fenomeen DSS bezien (Stabell 1987). Daar een consistente definitie van DSS ontbreekt, wordt DSS veelal omschreven aan de hand van de elementaire kenmerken. In navolging van Parker en Al-Utaibi (1986) worden hier zes karakteristieken besproken, die door Keen en Scott Morton (1978) en Sprague en Carlson (1982) zijn onderscheiden:

1. DSS ondersteunen besluitvormers in het besluitvormingsproces bij slecht- en/of ongestructureerde problemen;
2. Bij DSS ligt de nadruk op ondersteuning in plaats van vervanging van de besluitvormer;
3. Bij DSS staat het verbeteren van de effectiviteit van het besluitvormingsproces centraal door meer nadruk te leggen op een correcte beslissing dan op de tijd waarbinnen de beslissing dient te worden genomen (de efficiency);
4. DSS omvat het gebruik van modellen en analytische technieken en toegankelijkheid van gegevens;
5. DSS-ontwikkeling kenmerkt zich door flexibiliteit vanwege de dynamiek rondom beslissen en besluitvormingsprocessen;
6. Bij DSS ligt de nadruk op aspecten, die interactief gebruik door niet-ervaren gebruikers mogelijk maakt.

Omtrent de functie van DSS - de ondersteuning van besluitvormers bij het nemen van beslissingen betreffende slecht- en/of ongestructureerde problemen - bestaat in belangrijke mate overeenstemming. Binnen de context van DSS wordt het continuüm van

¹ Vanwege de algemene bekendheid en inburgering van de afkorting DSS (Decision Support System) wordt de term DSS in deze studie gehanteerd voor het fenomeen beslissingsondersteunend systeem. Afhankelijk van de context verwijst de term DSS naar beslissings-ondersteunend systeem of beslissingsondersteunende systemen.

² Tot een eenduidige omschrijving van het begrip DSS heeft het echter vooralsnog niet geleid. Dit heeft zijn oorzaak mede in het feit, dat DSS zijn grondslag heeft en toepassing vindt in verschillende disciplines. Disciplines, die zich op fundamentele vraagstukken richten ten aanzien van de ontwikkeling van DSS richten, zijn onder andere de operationele research, informatiekunde en organisatiekunde, cognitieve psychologie en informatica. Ook de toepassingsvelden van DSS zijn zeer uiteenlopend (zie Beaumont 1989a; 1989b; Douven 1996).

goed tot ongestructureerde problemen veelvuldig gehanteerd. Goed gestructureerde problemen met een eenduidige formulering zonder tegenstrijdigheden vallen eigenlijk buiten het gezichtsveld van DSS. Bij slecht- en/of ongestructureerde problemen zijn de relaties tussen de aan het probleem ten grondslag liggende factoren niet geheel duidelijk. Een dergelijke situatie kenmerkt zich veelal door de aanwezigheid van dubbelzinnige, niet-operationele en/of tegenstrijdige doelstellingen. Dit gaat gepaard met grotere onzekerheid en risico, waardoor de inbreng van kennis, ervaring en intuïtie van de besluitvormer bij de probleemoplossing aan importantie wint. Naast de constatering dat DSS zich richt op slecht- of ongestructureerde problemen, bestaat in grote mate overeenstemming omtrent het gebruik van DSS ter ondersteuning van het beslissingsproces. Boersma (1989, pp. 15) omschrijft de samenhang tussen DSS en het proces van besluitvorming als volgt: "Een beslissing is het resultaat van een zoek- en redeneerproces, waarin informatie een essentiële rol speelt in relatie met gegevens, zodat inzicht in deze processen van wezenlijk belang is voor de bouw van informatiesystemen". Een eenduidige benadering voor het ontwikkelen en gebruik van DSS vanuit het perspectief van het besluitvormingsproces ontbreekt echter. Het meest gangbare besluitvormings-paradigma gehanteerd bij DSS-ontwikkeling is gebaseerd op het rationele beslissingsmodel 'intelligence-design-choice' van Simon (1960; zie figuur 2.5). In sommige gevallen worden de door Simon onderscheiden besluitvormingsfasen in relatie gezien tot de mate van gestructureerdheid van de onderhavige problemen (zie Boersma 1989). Ongestructureerde problemen spelen met name wanneer probleemherkenning en/of -formulering niet eenduidig kan plaatsvinden ('intelligence' of analysefase). Matig of zwak gestructureerde problemen, als onderscheiden tussenvorm, spelen bij het genereren van alternatieve oplossingen ('design' of ontwerpfase) en bij goed gestructureerde beslissingsproblemen ligt de nadruk veelal op de uiteindelijke keuze ('choice' of beslissingsfase) fase van Simon's beslissingsmodel (zie ook figuur 2.5 in paragraaf 2.4.3). Hieruit zou kunnen worden afgeleid, dat het DSS-concept met name een rol speelt in de analysefase. Dit is geenszins het geval. Het DSS-concept richt zich op alle fasen van het besluitvormingsproces (Parker en Al-Utaibi 1986).

Het tweede wezenlijke kenmerk van DSS is de nadruk op de S van 'support'. De besluitvormer ziet zich gesteund in het herkennen en formuleren van probleemsituaties en het evalueren van alternatieve oplossingsmogelijkheden. Kennis, inzicht en ervaring spelen hierbij een niet te onderschatten rol. De besluitvormer brengt subjectieve beoordeling in door gegevens te interpreteren en specifieke beslissingsmodellen te hanteren. De probleemspecifieke kennis van de gebruiker wordt daarmee tezamen met gegevens en modellen in het DSS 'ingebracht'. Deze wijze van probleemoplossing vergt structurering van de probleemsituatie, waardoor tevens de inzichtelijkheid in het te ondersteunen beslissingsproces wordt vergroot. De beslisser wordt niet door het DSS vervangen, maar de interactie met het systeem levert een meerwaarde op. De uiteindelijke beslissing blijft immer het resultaat van een afwegingsproces, waarvoor DSS nieuwe gegevens heeft aangereikt en voor structurering (en conceptualisering) van het probleem zorgt.

Een derde belangrijke karakteristiek van DSS omvat de bijdrage die DSS levert aan het verhogen van de effectiviteit van het beslissingsproces c.q. de beslissing. Het DSS-concept is mede ontstaan vanwege de constatering, dat bij het gebruik van computers voor gegevensverwerking efficiëntie en doelmatigheid niet meer als belangrijkste factoren werden beschouwd. Efficiëntie manifesteerde zich in de vorm van meer gegevens in veelal geaggregeerde vorm. Toen bleek dat meer gegevens zeker niet per definitie tot 'betere' beslissingen leidde, werd de aandacht verlegd naar effectievere informatieverzorging.

Effectiviteitsverbetering via structurering van de problemen en het aanreiken van alternatieve oplossingen leidt uiteindelijk, zo wordt verondersteld, tot een grotere doeltreffendheid van de beslissing.

Effectiviteitsverbetering in de context van DSS wordt in belangrijke mate tot stand gebracht door het genereren van relevante gegevens met behulp van analytische technieken en modellen. Bij het gebruik van modellen in een DSS context worden van oorsprong modellen uit de operationele research (OR) en beslis kunde bedoeld. Deze methoden richten zich in het algemeen op het optimaliseren van gestructureerde beslissingsprocessen. Het veld van de beslissingsmodellen binnen de DSS-context reikt inmiddels verder dan het specifieke karakter van OR-achtige modellen (zie Zachary 1986). Naast optimalisatie en andere confirmatieve modellen van mathematische en/of statistische aard staat het gebruik van op productieregels gebaseerde modellen in de belangstelling. Tevens vinden, mede vanuit de toenemende mogelijkheden van computergestuurde technologie, exploratieve en visueel grafische methoden hun weg binnen DSS (Hurrion 1986; Jones 1991; Turban en Carlson 1989).

Flexibiliteit en aanpasbaarheid, als vijfde elementaire DSS-karakteristiek, zijn aan DSS verwante termen, die op de dynamiek rondom het nemen van beslissingen betrekking hebben. Besluitvormingsprocessen zijn onderhevig aan veranderingen, die van binnen en buiten worden opgelegd aan individuen en organisaties. Het anticiperen op veranderingen, essentieel voor een effectieve besluitvorming, vraagt om flexibiliteit en aanpasbaarheid van onderdelen van DSS, zoals gegevens en beslissingsmodellen. Dit heeft met name consequenties voor de toegang tot (onderdelen van) modellen en de mogelijkheid deze, onder zich snel veranderende omstandigheden, aan nieuwe situaties aan te passen. De *modellenbank* is het meest eminente voorbeeld van een uit

bovenstaande karakteristiek afgeleide DSS-component. Door beslissingsmodellen conceptueel te ontleden in generieke bouwstenen en als zodanig op te slaan in een modellenbank is het mogelijk bestaande modellen relatief eenvoudig en snel te wijzigen en nieuwe modellen samen te stellen.

De laatste onderscheiden karakteristiek is de toegang van en communicatie met DSS voor de gebruiker(s). Doorgaans is bij DSS een gebruikersvriendelijke toegang en communicatie met het computergestuurde DSS noodzakelijk vanwege beperkingen aan de kant van de gebruiker (beperkte computerkennis, beperkte tijd, et cetera). Derhalve is het DSS uitgerust met een gebruikersvriendelijke interface. De user interface is het gezicht van het DSS en presenteert het DSS naar de gebruiker toe als een samenhangend en consistent geheel. Met gebruikersvriendelijkheid wordt de mate bedoeld waarin het mogelijk is voor de gebruiker om op eenvoudige en begrijpelijke wijze te communiceren met de beschikbare gegevens en modellen. Het spreekt voor zich, dat de term 'gebruikersvriendelijk' een sterk persoonsgebonden karakter heeft. Communicatie en interactie met behulp van grafisch visuele methoden maakt in toenemende mate onderdeel uit van de user interface.

De voorheen besproken karakteristieken van DSS stellen specifieke eisen aan het ontwerp en de implementatie van DSS als computergestuurd systeem. De systeemarchitectuur beschrijft vanuit informatietechnisch perspectief de systeemcomponenten van DSS in onderlinge samenhang. Een inmiddels veelvuldig gehanteerde DSS-architectuur bestaat uit drie centrale systeemcomponenten en de onderlinge interacties daartussen en interactie met de gebruiker (Sprague en Carlson 1982): een model-, gegevens- en dialoogcomponent. De aanwezigheid van een *gegevenscomponent* spreekt eigenlijk voor zich. Een DSS voegt immers waarde toe aan gegevens en via menselijke interpretatie ontstaat relevante informatie. De daaraan ten grondslag liggende gegevensverwerking vereist in zekere mate capaciteiten voor de opslag, het beheer, het opvragen en raadplegen en wijzigen van gegevens. Een gegevensbank en een bijbehorend DBMS is daarvoor onontbeerlijk. Tevens is voor communicatie met de gegevensbank een vraagtaal noodzakelijk (bijvoorbeeld SQL). Een DBMS zorgt niet alleen voor directe toegang van de gebruiker tot de gegevens via de vraagtaal, maar levert tevens gegevens aan voor de input van beslissingsmodellen en draagt zorg voor de opslag van eventuele output van modellen. Modellen, zoals voorheen is opgemerkt, worden opgeslagen in de *modellenbank*. Het idee van de modellenbank is ontstaan vanuit de eis, dat het DSS-concept *flexibiliteit* moet bieden voor aan veranderingen onderhevig zijnde besluitvormingsprocessen. Een modellenbank bevat de bouwstenen³ voor het samenstellen van modellen, methoden en technieken voor decision support. Een modelbase managementsysteem (kortweg MBMS) maakt het mogelijk de aanwezige modellen met behulp van een vraagtaal te selecteren, te wijzigen en/of de structuur te bewerken en nieuwe modellen samen te stellen. Naast de opslag en toegang tot modellen draagt het MBMS zorg voor het beheer van zowel de model invoer en uitvoer en in sommige gevallen voor de opslag en toegang tot een *kennisbank* met informatie over de semantiek en structuur van de onderliggende modellen (Ginzberg en Stohr 1982). De modellenbank is de meest specifieke component van de DSS-architectuur. Het *dialoogsysteem*, als derde DSS-component, stelt de gebruiker in staat met de gegevens en modellen te communiceren. De toegang tot een DSS heeft in grote mate effect op de adoptie en het gebruik van DSS en is derhalve evident. Een gebruikersvriendelijk dialoogsysteem dient echter niet direct het succes van het DSS, hetgeen tot uiting komt in effectiviteitsverbetering van de besluitvorming, maar is eerder een noodzakelijke voorwaarde voor een snelle adoptie. Het dialoogsysteem is in belangrijke mate een systeem voor de invoer- en uitvoer van gegevens. Het invoersysteem verwerkt de opdrachten, die de gebruiker aan het systeem geeft via de beschikbare dialoogstijl (vraag-antwoord of menugestuurde dialoogstijl). Het uitvoer- of rapportagesysteem draagt zorg voor de weergave van de verwerkte gegevens naar de gebruiker toe. Faciliteiten om gegevens in tabel, tekst en grafisch formaat te kunnen opnemen in een met behulp van een op het systeem geproduceerde rapportage kunnen het aandragen van informatie versnellen (de 'report generator'). Net als bij een gegevens- en modellenbank wordt het dialoogsysteem via een dialooggeneratie managementsysteem (kortweg DGMS) beheerd.

4.3 Naar 'intelligente' DSS

DSS worden vaak in één adem genoemd met *kennissystemen* (zie Bidgoli 1990; Turban 1993). Deze specifieke informatie-systemen zijn afkomstig van ontwikkelingen in de informatica, die plaatsvinden op het terrein van de artificiële intelligentie.

De artificiële intelligentie (AI) is een terrein, dat zich richt op kunstmatige intelligentie: "een computer laten werken op een manier

³ Modellen en technieken kunnen worden beschouwd als een samenhangend geheel van afzonderlijke 'bouwstenen', ook wel 'atomen' genoemd. Een bouwsteen is een eigenschap of onderdeel van één of meerdere, uiteenlopende modellen. Door de bouwstenen afzonderlijk in de modellenbank op te slaan, is het mogelijk op efficiënte en effectieve wijze nieuwe modellen te ontwikkelen op basis van de integratie van al aanwezige bouwstenen.

die menselijk intelligent gedrag nabootst" (Feigenbaum en McCorduck 1983, pp. 37). Sinds de eerste euforie omtrent de intelligentie van computers (de 'zelfdenkende' computer) enigszins is gezakt, wordt een minder pretentieuze omschrijving van AI gehanteerd: "een tak van de computerwetenschap, die zich bezighoudt met begrippen en methoden voor het maken van gevolgtrekkingen door een computer" (Feigenbaum en McCorduck 1983, pp. 231). Kennissystemen vormen één van de werkterreinen van de AI en kunnen worden omschreven als computergestuurde informatiesystemen, waarin het gebruik van mense-lijke kennis, veelal op een wijze die doet denken aan menselijk redeneren, een belangrijke rol speelt. Indien de kennis afkomstig is van een materiedeskundige of expert worden deze informatiesystemen aangeduid met *expertsystemen*: "informatiesystemen die vanuit een gegeven probleemstelling in een bepaald vakgebied oplossingen kunnen bieden of advies kunnen verlenen op een niveau dat vergelijkbaar is met dat van deskundigen op het betreffende gebied" (Lucas en van der Gaag 1988, pp. 1). Kennis omtrent (het oplossen) van problemen hoeft echter niet altijd afkomstig te zijn van een expert. Derhalve gaat hier de voorkeur uit naar de meer omvattende term kennissysteem (KS), waarmee informatiesystemen worden bedoeld "waarmee het mogelijk is redenerend tot een oplossing van een bepaald probleem te komen" (Boersma *et al.* 1994, pp. 350).

Het representeren en manipuleren van kennis in de computer is gebaseerd op de veronderstelling, dat kennis op een bepaald vakgebied is opgebouwd uit *vuistregels* en *ervaringsfeiten*, de *heuristische* genoemd. Door het combineren van vuistregels en ervaringsfeiten is het mogelijk om tot gevolgtrekkingen te komen en daarmee het menselijke redeneerproces te representeren. Het wellicht meest essentiële (en kwetsbare) onderdeel van het terrein van de kennistechnologie omvat het vergaren van domein- of materie-specifieke kennis, hetgeen wordt aangeduid met *kennisacquisitie*. Het vastleggen van kennis in de computer is een zeer complexe activiteit, vanwege de ongestructureerdheid van en onzekerheid rondom materiekennis en de wijze waarop redeneerprocessen om problemen op te lossen tot stand komen (Jackson 1992). Doordat materiekennis van beslissingsproblemen vaak ongestructureerd van aard is, worden hoge eisen gesteld aan de kennisacquisitie en kennisopslag. Ten behoeve van de kennisacquisitie zijn uiteenlopende hulpmiddelen beschikbaar. Methoden en technieken van kennisacquisitie variëren van interviews tot het gebruik van schalingstechnieken (voor details zie van der Werff 1992). Het doel van kennisacquisitie is inzicht verschaffen in de objecten, regels, relaties en strategieën die gebruikt worden door individuen om beslissingen te nemen of problemen op te lossen. Door het ontbreken van een eenduidig kader, lijkt kennisacquisitie "soms eerder op een kunst dan op een kunde" (Boersma *et al.* 1994, pp. 358).

Alvorens kennis in de computer kan worden vastgelegd, vindt kennisrepresentatie plaats. Kennisrepresentatie omvat het structureren en vastleggen van kennis met behulp van *kennisformalismen*. Dit zijn methoden om kennisstructuren inzichtelijk en expliciet te representeren, zoals logica, productieregels, semantische netten en 'frames' (zie Jorna 1992). Via de representatie-vormen wordt kennis vastgelegd in de *kennisbank* van het kennissysteem. Een kennisbank bestaat in het algemeen uit een 'rulebase' met de regels om te redeneren en een gegevensbank met de daarvoor benodigde gegevens. Een kennissysteem bevat naast kennis opgeslagen in een kennisbank een *inferentiemechanisme* of -machine. Met inferentie of redeneren is het mogelijk nieuwe kennis uit al beschikbare kennis af te leiden. De inferentie geschiedt met behulp van specifieke zoekprocedures, bekend als 'backward' en 'forward chaining' of een combinatie daarvan. De systeemarchitectuur van een KS is naast een kennisbank en een inferentiemechanisme opgebouwd uit een dialoogsysteem (Lucas en van de Gaag 1988). Het dialoogsysteem heeft een specifieke component, de *uitlegfaciliteit*. Een uitlegfaciliteit maakt het mogelijk om het redeneerproces te volgen en geeft aan waarom tot bepaalde gevolgtrekkingen is gekomen. Het onderscheid tussen DSS en KS is niet altijd geheel duidelijk en beide termen worden door elkaar gehanteerd. Eenduidig is in ieder geval, dat concepten van DSS en KS gericht zijn op het ondersteunen van besluitvormingsprocessen door het genereren van nieuwe gegevens en afgeleide kennis. Kennissystemen onderscheiden zich in het bijzonder van DSS door de wijze waarop met de inbreng van menselijke kennis wordt omgegaan (zie Ford 1985). DSS-concepten veronderstellen een duidelijke ondersteuning en inbreng van een expert, terwijl KS-concepten meer gericht zijn op vervanging van de expert. Bij KS wordt kennis expliciet in het systeem opgenomen in de vorm van een kennismodel. Bij DSS wordt kennis impliciet ingebracht door beoordeling, evaluatie en keuze van gegevens, modellen en uitkomsten in interactie met het systeem. Er zijn echter ook belangrijke overeenkomsten. Zowel DSS als KS richten zich op het ondersteunen van specifieke probleemsituaties en bezitten een vergelijkbare systeem-architectuur. In plaats van een gegevensbank met gegevens bevat een KS een kennisbank met kennis bestaande uit feiten en regels. Het inferentiemechanisme in een KS is te vergelijken met de modellenbank in een DSS. Beide bevatten procedures om respectievelijk kennis of gegevens te verwerken. Zowel bij KS als DSS is het dialoogsysteem van belang voor de communicatie met de gebruiker. Vanwege het specifieke karakter van het redeneerproces in een KS, is een uitlegfaciliteit een elementair onderdeel van de dialoogcomponent van de KS.

Zonder verder in te gaan op mogelijke verschillen tussen DSS en KS, is het zinvoller te wijzen op de complementaire relatie tussen beide. Een integratie van DSS en KS kan leiden tot mogelijke synergie-effecten (Ford 1985; Turban 1993). Zo is het mogelijk

componenten van KS te integreren in de afzonderlijke componenten van een DSS door het op één of andere manier opnemen van kennis in de gegevensbank, modellenbank of het dialoogsysteem. De DSS-gebruiker wordt op dat moment ondersteund of geassisteerd met kennis van een expert om gegevens en modellen te benaderen. Het is tevens mogelijk, dat een kennis-systeem als specifiek beslissingsmodel in een DSS is opgenomen. Het kennismodel of beslissingsmodel vervult dan een specifieke functie in het ondersteunen van het beslissingsproces. Indien zowel componenten van DSS als KS aanwezig zijn in de functionele systeemarchitectuur, wordt gesproken van een 'intelligent' DSS. De term DSS zal hier echter worden gehanteerd, ook indien componenten van KS deel uitmaken van DSS. Het behoeft namelijk niet zo te zijn, dat KS-componenten aanwezig zijn in een DSS (Ginzberg en Stohr 1982). De integratie van DSS en KS is door Bemelmans (1994) uiteengezet in een raamwerk van logische componenten van informatiesystemen. Bovenstaand kader maakt het eenvoudig mogelijk kennisystemen een plaats te geven in het DSS-veld, waardoor een *geïntegreerd informatiesysteem* ontstaat. Een geïntegreerd informatiesysteem bestaat uit drie centrale componenten (Bemelmans 1994, pp. 176):

1. een gegevens- en kennisbase; een verzameling gegevens en kennis van zowel interne als externe herkomst, die de beslisser bij zijn besluitvorming nodig heeft;
2. een programmabase; specifieke programmatuur voor de beslisser en algemeen bruikbare modellen, zoals regressie- en tijdreeksanalyse, wiskundige optimaliseringsmodellen, et cetera;
3. een mens-machine interactiecomponent ofwel dialoogcomponent. Deze component bevat in wezen drie deelcomponenten, te weten een database managementsysteem, een modelbase managementsysteem en een dialooggeneratie managementsysteem. De interactie tussen de drie centrale systeemcomponenten vindt plaats via stromen van gegevens en/of informatie. De modellen worden gevoed met gegevens uit de gegevensbank en/of met parameters via interactie met de gebruiker. De onderlinge interactie tussen de systeemcomponenten wordt gestuurd via een interne component. Dit voor de gebruiker onzichtbare mechanisme zorgt voor de juiste aansturing van gegevensstromen tussen de gegevens-, model- en dialoogcomponent. Naast een interne component is een externe component te onderscheiden in de vorm van een systeeminterface; specifieke programmatuur en hardware voor het uitwisselen van gegevens en programma's met andere informatiesystemen.

4.4 DSS en de menselijke factor

4.4.1 Het werken met DSS; de gebruiker(s)

Tot op heden is bij de beschouwing van DSS verondersteld, dat de besluitvormer of besluitnemer de ultieme gebruiker van DSS is. Daarbij is wellicht het oorspronkelijke ideaal-typische beeld bevestigd, dat de besluitvormer iedere dag met het DSS werkt en bij alle strategische beslissingsproblemen het DSS raadpleegt. Slechtgestructureerde beslissingsproblemen zouden in belangrijke mate samen vallen met de beslissingen op het strategisch niveau (Gorry en Scott-Morton 1971). Allereerst kan hier worden opgemerkt, dat DSS niet alleen voor strategische beslissingsproblemen, maar ook bij beslissingen van operationele en tactische aard worden ingezet. Ook op meer tactische en operationele beslissingsniveaus spelen slechtgestructureerde problemen. Tevens wordt DSS niet altijd direct gebruikt of geraadpleegd door de persoon die uiteindelijk de beslissingen neemt (Ginzberg en Stohr 1982). Vanwege de veronderstelling dat de bij DSS-gebruik benodigde kennis niet in één en dezelfde persoon aanwezig is, worden hier verschillende betrokkenen bij het gebruik van DSS onderscheiden. Uitgangspunt hiervoor zijn drie typen kennis, die vereist zijn bij het gebruik van DSS:

1. Kennis over de probleemsituatie en -structuur en het probleemdomain;
2. Kennis en vaardigheden met betrekking tot het ontwikkelen en gebruik van modellen in relatie tot het probleem;
3. Kennis omtrent het opslaan, beheer en voorbereiden van ruwe gegevens.

Kennis omtrent de probleemstructuur is een specifieke eigenschap van de *besluitvormer* of *beslisser*. De besluitvormer hoeft niet bij voorbaat een directe DSS-gebruiker te zijn. In het DSS-veld wordt een tussenpersoon onderscheiden, die als intermediair tussen DSS en besluitvormer functioneert (het zogenaamde 'chauffeured use'). De intermediair kan op verschillende wijzen te werk gaan. Het kan zijn, dat de intermediair resultaten voorlegt aan de besluitvormer en/of de eisen van de besluitvormer voor de meer technische bouwer van het DSS vertaalt. De intermediair beschikt in ieder geval over kennis met betrekking tot het bedienen van DSS.

Indien de besluitvormer de directe DSS-gebruiker is, kan het een meerwaarde voor de besluitvorming opleveren. Naast structureren van de probleemsituatie ontstaat tevens een lerend effect door de mogelijkheden om te spelen met gegevens en modellen.

Dit resulterende effect wordt 'learning by doing' genoemd; nieuwe inzichten ontstaan omtrent aspecten van de probleemsituatie en de probleemoplossing. Speciale aandacht voor de wijze waarop de betreffende besluitvormer(s) omgaan met probleemsituaties en de probleemoplossing via de computer is daarbij een vereiste. Een beslissingsgerichte dialoogsysteem ken-merkt zich door gemak en eenvoud van bediening waarmee gerichte en relevante informatie beschikbaar wordt gesteld.

Kennis omtrent de formele specificatie van het probleemdomein in de vorm van modellen is aanwezig bij de *modelleur*. Daarmee heeft de modelleur een goed omschreven taak: het bestuderen van wetmatigheden in de probleemsituatie en het formaliseren van de probleemstructuur. De modelleur behoeft toegang tot gegevens en informatiesystemen om mathematische, statistische en/of logische modellen te bouwen en te toetsen voor gebruik door de besluitvormer van DSS. Het door de modelleur gehanteerde systeem zal flexibiliteit dienen te bezitten om het iteratieve en interactieve proces van modelbouw te kunnen ondersteunen. Een dergelijk systeem is een instrument voor de modelleur om op exploratieve en confirmatieve wijze beslissingsmodellen te bouwen. De modelleur kan tevens DSS-gebruiker zijn in de functie van intermediair. Naast de twee bovengenoemde gebruikers kan een derde, meer ondersteunende gebruiker worden onderscheiden. Deze gebruiker is een professionele gebruiker van methoden en technieken van ruwe gegevensverwerking. Kennis van DBMS is essentieel voor deze functie. De specialist is geen directe gebruiker van DSS, maar ondersteunt DSS-gebruik door de noodzakelijke bewerkingen uit te voeren op de onderliggende ruwe gegevens. Indien nodig verzamelt de *gegevensspecialist* nieuwe gegevens en voegt deze toe aan het systeem.

Vanzelfsprekend is hier een *ideaal-typisch* beeld geschetst van DSS-gebruik. Niet in alle organisaties en omgevingen zal zich een situatie voordoen waarin drie typen gebruikers te onderscheiden zijn. Bij persoonlijk computergebruik of 'end-user computing' zijn de besluitvormer en modelleur in één en dezelfde persoon verenigd (Schrama 1989). Deze eindgebruiker ontwikkelt zelf actief modellen (en applicaties) voor eigen gebruik (denk aan softwarehulpmiddelen als spreadsheetprogrammatuur, modelleer-taalpakketten, statistische software of simulatiesoftware).

Tot op heden is er vanuit gegaan, dat er sprake is van één enkele besluitvormer. Besluitvorming kan echter tevens het resultaat zijn van overleg tussen verschillende individuen waarbij consensusvorming omtrent de te nemen beslissing centraal staat.

Dit heeft geleid tot *Group DSS* (kortweg GDSS), die zich richten op het computergestuurd ondersteunen van het groepsgewijs tot stand komen van beslissingen. Een GDSS is "an interactive, computer-based system that facilitates the solution of unstructured problems by a set of decision makers working together as a group" (DeSanctis en Gallupe 1989, pp. 260). Bij GDSS ligt de nadruk op het besluitvormingsproces en de wijze waarop consensusvorming omtrent de te nemen beslissing tot stand komt. Technieken voor het groepsgewijs communiceren tussen besluitvormers spelen bij GDSS een essentiële rol (Nour en Yen 1992).

Naast het ontstaan van een specifieke DSS-stroming, die zich richt op het ondersteunen van het groepsgewijs nemen van beslissingen, zijn van DSS afgeleide varianten voor specifieke gebruikers ontstaan, zoals *Executive Information Systems* (EIS) en *Executive Support Systems* (ESS). In de praktijk bleek DSS een specifieke groep besluitvormers, de topmanagers of 'executives', vaak voorbij te zijn geschoten. Kernbegrippen bij EIS en ESS zijn (geaggregeerde) 'status-informatie' en 'performance indicators', waarmee de topmanager de kansen en bedreigingen van de organisatie of het bedrijf kan monitoren en evalueren. Tezamen met de informatie van buiten komt het vervolgens tot aansturing van de organisatie. Topmanagers blijken in veel gevallen informatie via formele en informele netwerken te verwerken en zorgen daarmee voor de aansturing van besluit-vormingsprocessen in de organisatie zonder dat ze er zelf continu aan deelnemen (Van Dissel *et al.* 1992). Vanuit gebruiks-perspectief ingegeven, betekent EIS een verlaging van het benodigde kennisniveau ter hantering van de computer. In gebruikers-vriendelijkheid en flexibiliteit met betrekking tot het raadplegen en presenteren van gegevens overstijgt EIS DSS. Het lijkt alsof een nieuwe jasje en een nieuwe aanduiding tot nieuwe informatie-theoretische concepten heeft geleid. Een nadere inspectie relativeert echter het een en ander (zie Van Dissel *et al.* 1992).

4.4.2 Het ontwikkelen van DSS

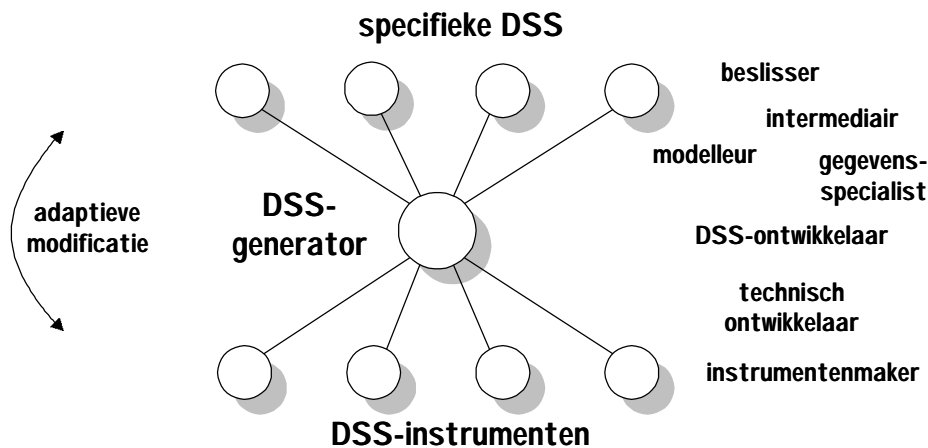
Naast verschillende typen gebruikers worden verschillende typen ontwikkelaars onderscheiden met ieder een eigen rol in het proces van systeemontwikkeling. De rol die deze personen spelen bij ontwikkeling en gebruik van DSS, is in een raamwerk van Sprague en Carlson (1982) uitgezet (zie figuur 4.1). Voor het bouwen of construeren van DSS onderscheiden Sprague en Carlson drie niveaus: specifieke-DSS, DSS-generatoren en DSS-tools. Het *specifieke DSS* is het voor de gebruiker 'op maat gesneden' systeem. De *DSS-generator* is de omgeving (soft- en hardware) voor de DSS-gebruiker, intermediair of bouwer om relatief eenvoudig en snel het bouwen of wijzigen van een specifiek DSS mogelijk te maken. *DSS-tools*, tenslotte, zijn faciliteiten

specifiek voor de technische DSS-ontwikkelaar om een DSS-generator of (delen van) een specifiek-DSS te ontwikkelen.

Sprague en Carlson (1982) onderscheiden drie typen DSS-ontwikkelaars: de *DSS-builder*, de *technical supporter* en de *toolsmith*. De DSS-ontwikkelaar draagt zorg voor het bouwen van specifieke-DSS met behulp van een DSS-generator. De DSS-ontwikkelaar heeft zowel kennis van het probleemdomen als van het omgaan van een DSS-generator. Voorbeelden van DSS-generatoren zijn spreadsheet, simulatie, statistische en operation research programma's. Naast deze generieke DSS-applicaties zijn zogenaamde modeltaalprogramma's voorhanden. Een modeltaal is een toepassingsgerichte programmeertaal met speciale (rekenkundige en statistische) functies om het bouwen van modellen te vereenvoudigen (zie Turban 1993).

De technical supporter of technisch ontwikkelaar ontwikkelt nieuwe functionele onderdelen voor de DSS-generator, zoals nieuwe gegevensbanken en analytische functies. De kennis van de technisch ontwikkelaar ligt op het terrein van de informatie-technologie en minder op het terrein van eindgebruiker. Tenslotte houdt de instrumentenmaker zich enkel en alleen bezig met de technologie. Ten behoeve van het opzetten en instandhouden van de ontwikkelomgeving maakt de instrumentenmaker gebruik van hulpmiddelen, zoals hogere programmeertalen (bijvoorbeeld C, PASCAL, LISP, PROLOG), generieke ontwikkelomgevingen (Computer Aided Systems Engineering-tools, 4GL-talen, DSS-generatoren) en specialistische gereedschappen (bijvoorbeeld bibliotheken). Naast de verschillende gebruikers, bouwers en bijbehorende instrumenten heeft de DSS-benadering geleid tot specifieke ideeën omtrent het proces van systeemontwikkeling. De context van zich immer veranderende omstandigheden maakt dat aanpasbaarheid van (alle) onderdelen van het systeem een eerste belangrijke vereiste is. Beslissingsituaties zijn immers aan verandering onderhevig, waardoor op ieder moment aanpassing van het systeem vereist kan zijn.

Het ontwikkelingsproces heeft eigenlijk een open einde en is nooit af. Flexibiliteit is der-halve het sleutelwoord bij



systeemontwikkeling.

Flexibiliteit bij DSS-ontwikkeling kent meerdere invalshoeken (Sprague en Carlson 1982). Flexibiliteit kan betekenen, dat de gebruiker van het systeem op een flexibele wijze met probleemoplossing aan het werk kan. Flexibiliteit speelt tevens een rol bij het aanpassen van het op maat gesneden systeem aan zich veranderende omstandigheden. In dergelijke gevallen uit flexibiliteit zich in het aanbrengen van wijzigingen - door weglating, uitbreiding,

Figuur 4.1 DSS-technologie, gebruikers en ontwikkelaars (naar Sprague en Carlson 1982)

verandering - in onderdelen van het op maat gesneden systeem, hetgeen direct voor de gebruiker waarneembaar zal zijn. Tevens speelt flexibiliteit op verschillende wijzen een belangrijke rol ten aanzien van de technische ontwikkeling van DSS (zie Sprague en Carlson 1982).

Om flexibiliteit in systeemontwikkeling te kunnen garanderen worden specifieke methoden van systeemontwikkeling gepropageerd⁴.

⁴ In hoofdlijnen worden vier typen benaderingen van systeemontwikkeling onderscheiden: lineaire benaderingen, iteratieve benaderingen, het ontwikkelen door (eind)gebruikers en de aanschaf van kant-en-klare pakketten. Bij een lineaire methodiek wordt het informatiesysteem ontwikkeld in een aantal logisch opeenvolgende fasen (zonder terugkoppelingsmogelijkheden). Fasen die in het algemeen worden onderscheiden zijn: definitiestudie, systeemanalyse, systeemontwerp, realisatie, conversie, systeemgebruik en -beheer. Bekende voorbeelden van lineaire methoden zijn ISAC, SDM en NIAM. De iteratieve benadering onderscheidt zich van de lineaire benadering doordat de eerste twee fasen - definitiestudie en systeemanalyse - minder uitgebreid zijn en er sneller naar een werkend systeem toe wordt gebouwd. In voortdurende dialoog met de toekomstige gebruiker wordt het systeem op iteratieve wijze ontwikkeld. Termen als incrementele ontwikkeling, prototyping, rapid application development zijn nauw verwant aan de iteratieve benadering. Bij een derde benadering ontwikkelt de eindgebruiker zelf het systeem. Door de toegenomen vaardigheid van gebruikers en de beschikbaarheid over gebruikersvriendelijke instrumenten (databases, spreadsheet, statistische programma's en vierde generatie talen) zijn eindgebruikers in toenemende mate in staat zelf te ontwikkelen. Bovengenoemde benaderingen hebben als eindproduct een op maat gesneden systeem. De vierde benadering betreft de aankoop van een kant-en-klare systeem.

Het proces van DSS-ontwikkeling kenmerkt zich in het algemeen door voortdurende reflectie, aanpassing en feedback in een *iteratief* en *adaptief* proces. In een serie korte stappen met voortdurend directe feedback naar de gebruiker wordt het systeem op iteratieve wijze ontwikkeld. Door de snelle oplevering kan de gebruiker direct reageren, waarna aanpassing kan plaatsvinden. Dit proces volgt de 'adaptive-design' methode en kenmerkt zich door de voortdurende interactie tussen de ontwikkelaar, de toekomstige gebruiker en het systeem (Keen 1987). Om dit proces te begeleiden zijn verschillende methoden van systeemontwikkeling ontstaan⁵. Het gaat hier te ver om een dekkend overzicht te schetsen van methoden van systeemontwikkeling. Paragraaf 5.3 geeft ter inkadering een nadere introductie in systeemontwikkeling als proces. Daarbij zal de aandacht uitgaan naar een objectgeoriënteerde ontwikkelingsmethodiek.

4.5 Enkele kanttekeningen bij de DSS-benadering

Het is zinvol een kritische blik te werpen op de bovenstaande bevindingen en nader aan te geven wat de specifieke bijdrage van de DSS-benadering in het kader van deze studie zal (kunnen) zijn. Allereerst is het oorspronkelijke DSS-paradigma gebaseerd op het klassieke *rationele besluitvormingsproces* van Simon (zie paragraaf 4.2), waarbij in een logische opeenvolging van stappen probleemsituaties worden opgelost en beslissingen worden genomen (Sprague 1989). In werkelijkheid blijkt besluitvorming onder invloed te staan van onzekerheden, invloeden en belangen die niet in een rationeel beslissingsmodel te vangen zijn. Dit heeft geleid tot een variëteit van alternatieve beslissingsmodellen, die meer aandacht besteden aan gedragsmatige, organisatorische en/of politieke aspecten van de besluitvorming. Niet alle benaderingen en modellen van beslissingsprocessen zien echter een rol weggelegd voor informatiesystemen bij het ondersteunen en eventueel verbeteren van de effectiviteit van het beslissingsproces (Boersma 1989). Het model van Simon laat nadrukkelijk ruimte voor de rol van informatie in het besluitvormingsproces. In andere gevallen, bijvoorbeeld bij de 'garbage-can' en 'muddling-through' benadering, is het gebruik van een informatiesysteem geen aanleiding tot effectievere besluitvorming. Bij de ontwikkeling van DSS geldt derhalve, dat rekening moet worden gehouden met andere dan alleen rationale aspecten, zoals meer gedragsmatig, organisatorische en politieke aspecten van de besluitvorming in organisaties (Sprague 1989). Een bijkomend verschijnsel is de aandacht, die vanuit het recente DSS-verleden is uitgegaan naar Simon's 'choice'-fase uit het rationele besluitvormingsproces (Landry *et al.* 1985). Er is een duidelijke lobby voor meer aandacht voor de identificatie en specificatie van problemen; bij DSS zijn alle fasen van het beslissingsproces van belang (Sol 1988).

Een tweede kanttekening vormt de veronderstelling, dat het DSS-concept voor een belangrijk deel gebaseerd is op de *modelleerbaarheid* van de werkelijkheid. Het modelleringsparadigma wordt gezien als een blijvend spanningsveld binnen het DSS-concept. Conceptueel gezien vereist de opname van (veelal mathematische) modellen in een DSS een volledig formele specificatie van het probleem. Bij slecht gestructureerde problemen echter is geen volledige formele specificatie mogelijk. De besluitvormer ziet zich vaak geconfronteerd met vage, onnauwkeurige geformuleerde vraagstellingen, die niet direct in een formele specificatie passen. Het spanningsveld tussen het gebruik van gestructureerde modellen en ongestructureerdheid van de beslissingsproblemen blijft in veel gevallen aanwezig. Modellen worden gebruikt om meer greep te krijgen op het niet tastbare deel, door het tastbare deel te structureren en in een model of meerdere modellen te vangen. Een belangrijk gegeven hierbij is dat de gestructureerdheid van problemen sterk context- en persoonsgebonden is (Vazsonyi 1982, pp. 67): "It is not the situation that is structured or unstructured, but the vision in the mind of the analyst and the decision maker; structure is in the eyes of the beholder. ... Thus the crux of the matter is how do we structure the situation and what are the elements?". Bosman (1988) wijst als alternatief op de inbreng van *procesmodellen*. Procesmodellen onderscheiden zich van mathematische of vergelijkingsmodellen door de representatie en modellering van het gehele beslissingsproces. Daarmee wordt voorkomen, dat een onvolledig beeld ontstaat van het beslissingsproces, zoals het geval bij het gebruik van vergelijkingsmodellen. Tenslotte vormt de *effectiviteit* van DSS voor de ondersteuning van beslissingen een punt van discussie. Het ligt niet bij voorbaat vast, dat het gebruik van DSS leidt tot betere

⁵ Zo hebben Sprague en Carlson (1982) voor het identificeren van de vereiste kenmerken en mogelijkheden van DSS een raamwerk ontwikkeld, dat gebaseerd is op het beslissingsmodel van Simon. Dit raamwerk, aangeduid met ROMC, bevat vier componenten die elk in iedere fase van het beslissingsproces geëxpliciteerd dienen te worden. De componenten omvatten 'representations' (bijvoorbeeld grafieken, tabellen), 'operations' (bijvoorbeeld vraagstukken en modellen), 'memory aids' (bijvoorbeeld gegevensbanken en werkbladen van spreadsheet) en 'control mechanisms' (bijvoorbeeld functietoetsen en uitleg faciliteiten). De ROMC-methode is een hulpmiddel om het door het DSS ondersteunde beslissingsproces te structureren.

beslissingen. Van Schaik (1988) heeft het effect van DSS-gebruik op de doelmatigheid van beslissingen bestudeerd en vastgesteld, dat de rol van DSS een beperkte is. Ondanks een positieve houding van DSS-gebruikers omtrent DSS, neemt van Schaik (1988) nauwelijks sporen van belangrijke effectiviteitsverbetering waar naar aanleiding van DSS-gebruik in organisaties.

4.6 DSS en locatieplanning: synthese

Worden decision support systemen al sinds begin zeventiger jaren ontwikkeld en toegepast en zijn de (on)mogelijkheden inmiddels onderkend, het ruimtelijk equivalent staat eigenlijk nog in de kinderschoenen (Timmermans 1994). Dit ondanks het feit dat één van de eerste decision support systemen ontwikkeld is voor het oplossen van ruimtelijke vraagstukken. Het 'geodata analysis and display system' (GADS) was gebaseerd op de cartografische weergave van de spreiding van geografische verschijnselen via een grafisch beeldscherm (zie Keen en Scott Morton 1978). Nu de technologische mogelijkheden aanzienlijk zijn toegenomen en belemmeringen voor hoogwaardige grafische weergave nagenoeg zijn verdwenen, is de aandacht verschoven naar modelmatige in combinatie met grafische benaderingen. De ontwikkeling van geïntegreerde DSS voor locatieplanning heeft inmiddels geresulteerd in ideeën en verwachtingen omtrent de ontwikkeling van systemen, die worden aangeduid met Spatial Decision Support Systems (Densham 1991), Planning Information Systems (Masri en Moore 1993), Planning Support Systems (Le Clerq 1990b; Harris en Batty 1992) en intelligent GIS (Birkin *et al.* 1996). Voorbeelden van ondersteuning van ruimtelijke probleemsituaties zijn vooralsnog schaars (Timmermans 1994) en verkennend van aard (Beaumont 1991a; Densham en Rushton 1988; Guariso en Werthner 1989; Han en Kim 1989a; Langendorf 1992; Masri en Moore 1993; Nijkamp en Rietveld 1984). Toch zijn inmiddels enkele initiatieven ontplooid voor de ontwikkeling van deze systemen, in het bijzonder vanuit de academische wereld (zie bijvoorbeeld Densham en Goodchild 1994), hetgeen heeft geleid tot uiteenlopende ideeën, benaderingen en operationele systemen voor de ontwikkeling en toepassing van DSS voor locatieplanning (zie bijvoorbeeld Birkin *et al.* 1996; Clarke en Clarke 1995; Peterson 1993; Wright 1990). Ook in Nederland heeft het een en ander geleid tot aandacht voor de ontwikkeling van DSS voor locatieplanning (zie Arentze *et al.* 1996b; Borgers en Timmermans 1991; Eweg 1994; Geertman 1996; Grothe *et al.* 1992; Grothe en Scholten 1994; Van der Heyden 1986; Van Lammeren 1994; Van der Meulen 1992; Reitsma 1990; Vriens 1993).

De belangrijkste winst bij het hanteren van de DSS-benadering ten behoeve van locatieplanning is wellicht gelegen in de *structurering* van de probleemoplossing en een daaruit voortvloeiende effectieve informatievoorziening (Van der Heyden en Van der Meulen 1985). DSS vergt bewustwording en explicitering van de besluitvormingscontext. De te nemen beslissingen en de gegevens die daarvoor worden aangewend, zijn vooraf vastgesteld en bieden als zodanig verheldering van de probleemsituatie. Tegelijkertijd heeft het een structurende werking op de besluitvorming en de wijze waarop het beslissingsproces wordt ondersteund door DSS gebruik. In paragraaf 2.2 is voor ruimtelijke probleemsituaties reeds aangegeven en geïllustreerd, dat beslissingsproblemen variëren in complexiteit en kunnen worden onderscheiden naar mate van inzichtelijkheid en structuur.

Het geschetste beeld van de drie typen DSS-gebruikers heeft mede ten doel aan te geven, dat een optimale communicatie tussen de verschillende gebruikers van wezenlijk belang is voor de meerwaarde van het gebruik van DSS. Daarbij stelt iedere afzonderlijke gebruiker zijn eigen eisen aan het systeem. Een belangrijke voorwaarde derhalve is, dat de karakteristieken van het systeem op de eisen van de gebruiker(s) zijn afgestemd en dat het systeem toegankelijk is voor de verschillende typen gebruikers (Douven 1996). Vanuit de DSS-benadering is ook de eis van toegankelijkheid voor minder ervaren gebruikers van informatiesystemen specifiek naar voren gebracht. Via een eenvoudig te hanteren dialoogsysteem krijgt ook de minder ervaren gebruiker op interactieve wijze toegang tot gegevens en modellen.

De DSS-benadering kenmerkt zich door de *integratie* van gegevens en uiteenlopende beslissingsondersteunende modellen. Gegevens en modellen zijn tevens de pijlers waarop de gegevensvoorziening in locatieplanning rust. De gegevensbank is vanzelfsprekend een allereerste vereiste. De modellenbank is een systeemcomponent, die vanuit de DSS-benadering een toegevoegde waarde levert voor locatieplanning.

Voorts staat in de DSS-benadering het gehele *beslissingsproces* centraal. Bij het aan het beslissingsproces verwante proces van (locatie)planning is eveneens gesteld, dat het gehele proces ondersteuning behoeft van gegevensverwerking. In figuur 2.5 zijn tevens de drie fasen van het klassieke beslissingsproces van Simon (1960) opgenomen - analyse, ontwerp en beslissing -, waarop het DSS-concept in belangrijke mate heeft berust. De ondersteuning vindt enkel en alleen plaats door de inbedding van en met modellen (Batty 1993a). In het proces van planning worden uiteenlopende methoden en modellen gehanteerd om het (rationele) proces van planning te ondersteunen. Batty (1993a) beschouwt modellen in relatie tot DSS en het planningsproces; "models in the

form of decision support systems are used to blend and filter the information so that it becomes informative and useful to the planning process itself" (Batty 1993a, pp. 61). Vanwege de uiteenlopende vraagstukken, die gedurende het proces van locatieplanning centraal staan, gaat het daarbij om uiteenlopende modellen. De meerwaarde, die GIS krijgt toebedeeld, ligt niet alleen besloten in de complementaire verhouding met modellen (zie paragraaf 3.4.2). Copas en Medyckyj-Scott (1991) merken terecht op, dat de rol die GIS speelt ter ondersteuning van besluitvorming zoals afgeleid van het DSS-concept, een te beperkte rol toe-kent aan GIS bij de ondersteuning van besluitvormingsvraagstukken. Het DSS-concept legt een te grote nadruk bij de rol van modellen en verwaarloost de specifieke karakteristieken van GIS voor de besluitvorming. Copas en Medyckyj-Scott illustreren het een ander aan de hand van real-time beslissingsproblemen en geven als voorbeeld beslissingen die worden genomen aan de hand van gegevens, die worden afgelezen van een radar. Bij een radarstation worden, onder grote tijdsdruk, op basis van de (zich wijzigende) positie van een verschijnsel, beslissingen genomen. Het gebruik van modellen speelt een daarbij slechts een ondergeschikte of indirecte rol. Ook in een experiment bleek kaartweergave van het beslissingsprobleem in locatieplanning voor de beslissers een duidelijke efficiency op te leveren (Crossland *et al.* 1995). Uitgangspunt voor het experiment was de assumptie, dat visualisatie van ruimtelijke patronen via een ruimtelijk beslissingsondersteunend systeem sneller en nauwkeuriger tot oplossen zou leiden. In zowel tijd als nauwkeurigheid bleek de ruimtelijke component in het beslissingsondersteunende systeem de beslissers significant beter te ondersteunen.

Een effectieve toegang tot en overdracht van gegevens zal - ook bij veranderende gegevensbehoeften - kunnen plaatsvinden vanwege de flexibele opbouw van de systeemstructuur van het DSS. De dynamiek van de geografische werkelijkheid zal ten alle tijde leiden tot veranderingen in beslissingsprocessen, modellen en gegevensbehoefte. De DSS-benadering anticipeert op de dynamiek van het probleemdomein door een iteratief ontwikkelingsproces voor te staan. Gezien de dynamiek in het object van locatieplanning zal een *flexibele systeemontwikkelingsmethode* daarbij aansluiting dienen te vinden.

Inmiddels zijn uiteenlopende achtergronden, benaderingen en concepten, die worden gehanteerd om gegevens en modellen voor GIS-applicaties in locatieplanning te integreren, besproken. Belangrijk is het nogmaals aan te geven, dat dergelijke GIS-applicaties het resultaat zijn van de verweving van functies van drie componenten: modellen, GIS en DSS. Daarbij is overlap van functionaliteit waarneembaar en is zeker niet altijd concreet aan te geven waar specifieke functies aan toe te kennen zijn. Modellen, GIS en DSS zijn in sommige opzichten specifiek, maar vertonen tegelijkertijd (complementaire) relaties. Belangrijkste constatering is, dat de integratie van concepten van modellen, GIS en DSS in één geïntegreerd systeem leidt tot synergie-effecten, die tot een meerwaarde kunnen leiden van het gebruik van specifieke systemen voor planning en besluitvorming.

GIS-applicaties voor locatieplanning onderscheiden zich door de specifieke ruimtelijke component in de gegevensbank en de geografische functies voor interactie. Densham (1991) beschouwt vier functionele eigenschappen als essentieel voor spatial decision support systems:

1. Ze zijn voorzien van mogelijkheden om ruimtelijke gegevens in te voeren;
2. Ze bieden mogelijkheden voor de representatie van complexe ruimtelijke relaties en structuren;
3. Ze bieden mogelijkheden voor analytische technieken die uniek zijn voor ruimtelijke analyse;
4. Ze geven uitvoer in ruimtelijk formaat, zoals kaarten.

Het centrale uitgangspunt voor de ontwikkeling van DSS voor locatieplanning is het gebruik van modellen, die voor de ondersteuning van locatieplanning (kunnen) worden aangewend (zie hoofdstuk 2). Bij de toegang tot componenten van deze modellen (modelobjecten, variabelen, geschatte parameters) via geografische interactie speelt GIS een rol als instrument voor gegevens-integratie en cartografische interactie. Specifieke systemen voor locatieplanning kunnen derhalve uiteenlopende functies vervullen, afhankelijk van de aanwezige modellen en methoden. De volgende vier vragen zijn daarbij richtinggevend⁶:

⁶ Alter (1977) heeft deze vier vragen respectievelijk aangeduid met 'data retrieval', 'data analysis', 'simulation' en 'suggestion'. Deze indeling is afgeleid van een studie naar de output van DSS: "the degree of action implication of system outputs (Alter 1977, pp. 41). Alter vergeleek 56 DSS op functionaliteit en kwam tot zeven categorieën DSS:

1. file drawer systems (directe toegang tot de gegevens);
2. data analysis systems (manipulatie en presentatie van gegevens);
3. analysis information systems (toegang tot meerdere gegevensbestanden en 'kleine' modellen);
4. accounting models (bestaan uit definitierelaties);
5. representational models (bestaan ten dele uit definitie en gedragsrelaties);
6. optimisation models (genereren oplossing op basis van optimalisatie doelstelling);
7. suggestion models (geven advies omtrent te kiezen alternatief).

- Waar is wat gebeurd?
- Waardoor is het gebeurd?
- Waar gebeurt wat, indien ...?
- Wat dient waar te gebeuren?

De *menselijke factor* speelt bij acceptatie en verdere adoptie een evidente rol. Het succes wordt in belangrijke mate mede bepaald door het type gebruiker (en organisatie). De acceptatie van een systeem door de gebruiker zal daarbij in belangrijke mate afhankelijk zijn van:

- De validiteit van de resultaten; de modellen dienen valide resultaten te leveren;
- De mate, waarin de wensen en eisen van de (eind)gebruikers zijn opgenomen in het systeem;
- De gebruiksvriendelijkheid; de drempel voor het gebruik van het systeem dient zo laag mogelijk te zijn;
- De gegevenspresentatie in een voor of door de gebruiker gespecificeerde vorm.

4.7 Conclusies

Betoogd is, dat een kader voor computergestuurde ruimtelijke 'decision support' gecreëerd wordt voor locatieplanning door de integratie van modellen en geografische informatiesystemen. Concepten van en technieken rondom geografische informatie-systemen zijn daarbij essentieel voor het opslaan, beheer en integreren en beschikbaar stellen van relevante geo-informatie. Door de integratie van modellen, beslissingsondersteunende technieken en GIS ontstaat de noodzakelijke meerwaarde voor de ondersteuning van planning en besluitvorming. Een kader voor de ontwikkeling van dergelijke systemen heeft zijn grondslag in concepten van Decision Support Systemen. De ervaringen opgedaan met DSS in de bedrijfskundige sfeer zijn daarbij richtinggevend. Deze systemen zijn specifiek uitgerust met gegevens en modellen om in matig- en ongestructureerde probleemsituaties relevante oplossingen aan te dragen en uitkomst te bieden. De DSS-benadering levert hanteerbare concepten, zoals de modellenbank, en geeft richtlijnen voor architectuur, ontwikkeling en gebruik van GIS applicatie voor locatieplanning. De geïntegreerde benadering, die in het DSS-veld kenmerkt, blijkt een geëigende invalshoek voor het ontwikkelen van GIS-applicaties om locatieplanning te ondersteunen. Ondanks de aanwezige potentie van specifieke systemen voor locatieplanning is geconstateerd, dat het aantal geïntegreerde voorbeelden van applicaties voor locatieplanning - in de wetenschappelijke literatuur en in de praktijk - nog relatief gering is.

5 OBJECTGEORIËNTEERDE ONTWIKKELING VAN SPECIFIEKE GIS-APPLICATIES

5.1 Inleiding

Objectoriëntatie staat volop in de belangstelling in de informatietechnologie, in het bijzonder als paradigma voor systeemontwikkeling. In dit hoofdstuk wordt inzicht gegeven in principes van objectoriëntatie en de (on)mogelijkheden en ervaringen voor het ontwikkelen van GIS-applicaties. Allereerst worden de centrale principes van objectoriëntatie geïntroduceerd (paragraaf 5.2). In paragraaf 5.3 komen procesmatige en instrumentale aspecten van objectgeoriënteerde systeemontwikkeling ter sprake en wordt een methodiek voor objectgeoriënteerde systeemontwikkeling - de 'Object Modeling Technique' - geïntroduceerd. Vervolgens wordt in paragraaf 5.4 het objectgeoriënteerde paradigma beschouwd in de context van geografische informatie-systemen en het ontwikkelen van GIS-applicaties. In paragraaf 5.5 wordt inzicht gegeven in de ontwikkelingen op het gebied van 'Open GIS'. De rol van objectoriëntatie bij het ontwikkelen van open GIS-applicaties wordt daarbij aan de orde gesteld. Tot slot volgt in paragraaf 5.6 de synthese, waarin de centrale uitgangspunten voor en de beoogde meerwaarde van objectgeoriënteerde ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatiewaarde wordt beschreven.

5.2 Basisprincipes van objectoriëntatie

5.2.1 Objecten en hun eigenschappen

Principes van objectoriëntatie - kortweg OO - bestaan reeds enige tijd en zijn eind jaren zestig geïntroduceerd in de programmeertaal Simula, hetgeen staat voor 'simulation language'. Vanuit principes van simulatie is getracht de reële wereld in de computer te representeren in de vorm van objecten, die gedrag nabootsen (de simulatie). Pas eind jaren tachtig hebben de in Simula geïntroduceerde objectgeoriënteerde concepten op grotere schaal navolging gekregen door de introductie en het toenemend gebruik van objectgeoriënteerde programmeertalen, zoals Smalltalk, C++ en - meer recentelijk - Java. Inmiddels zijn volop verwachtingen aanwezig omtrent objectoriëntatie als paradigma voor systeemontwikkeling; zelfs de 'software crisis' zou met objectoriëntatie kunnen worden bezworen¹. De stormachtige ontwikkelingen in de IT-wereld op het terrein van objectgeoriënteerde programmeertalen, ontwikkelomgevingen en databases geven in relatie tot de huidige IT-trends - zoals client/server technologie, gedistribueerde databases, datawarehousing, object- en componententechnologie, Intranet en Internet - het belang aan van objectoriëntatie als paradigma voor systeemontwikkeling. Ondanks het feit, dat OO reeds dertig jaar geleden is ontstaan vanuit de programmeertaal Simula, zijn begrippen en concepten nog niet geheel uitgekristalliseerd. Van standaardisatie in terminologie, concepten en methodologie is derhalve vooralsnog geen sprake (Caspers 1996; NGGO 1994; Van Hillegersberg 1997). Mattos *et al.* (1993) hebben de belangrijkste concepten en hun relaties - vanuit het perspectief van data-bases, kennissystemen en programmeertalen - op relatief eenduidige wijze in een conceptuele beschouwing aan de orde gesteld. Aan de hand van deze beschouwing wordt in deze paragraaf een korte uiteenzetting gegeven van concepten van objectoriëntatie voor zover van belang voor onderhavige studie. Het sleutelbegrip is *object*. Een object is in eerste instantie "een model van een concept uit een probleemdomen en wordt gekarakteriseerd door zijn (extern waarneembaar) gedrag en (interne) toestand" (NGGO 1994, pp. 30). Een object kan een tastbaar object zijn, maar ook een andere vorm aannemen, zoals een gebeurtenis of interactie. Een object is derhalve niet bij voorbaat een waargenomen entiteit uit de werkelijkheid. Objecten zijn op zichzelf staand en alles wat een object weet zit in de *toestand*, alles wat het object doet in het *gedrag*. Toestand en gedrag zijn essentiële kenmerken van objecten bij simulatie; ieder object vertoont een scala aan na te bootsen gedrag en bewaart gegevens over zijn toestand. Mattos *et al.* (1993) onderscheiden drie eigenschappen van objecten van waaruit de concepten van objectgeoriënteerde systemen kunnen worden beschouwd:

1. declaratieve eigenschappen voor beschrijvende doeleinden; attribootvariabelen;
2. procedurele eigenschappen voor operationele doeleinden; operaties of methoden;

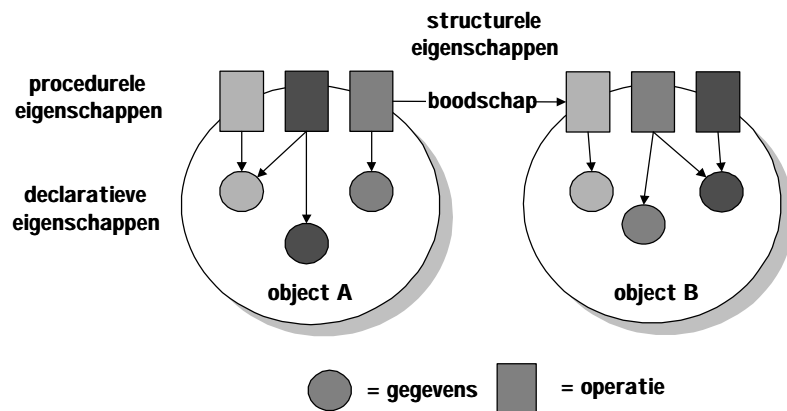
¹ Sinds de eerste grote projecten voor systeemontwikkeling zijn opgezet is er sprake van een zogenaamde software crisis. De software crisis bestaat inmiddels al zo'n dertig jaar en kenmerkt zich door de problemen, die systeemontwikkelaars hebben met het ontwikkelen (onderhoud, vernieuwen, aanpassen en uitbreiden) van grote informatiesystemen. Deze problemen betreffen tijd- en budgetoverschrijdingen van ontwikkeltrajecten, onderhoudsproblemen, achterstand bij het ontwikkelen van nieuwe informatiesystemen ('applications backlog') en kwaliteitsproblemen. Objectgeoriënteerde systeemontwikkeling wordt gezien als één van de benaderingen om de software crisis het hoofd te kunnen bieden (Boogaard 1994; Taylor 1991).

3. structurele eigenschappen voor organisatorische doeleinden; de relaties tussen objecten die via abstractiemechanismen vorm krijgen.

Voor de specificatie van objecten volgens objectgeoriënteerde principes is de aanwezigheid van alle drie typen eigenschappen vanzelfsprekend. Tezamen geven de eigenschappen inhoud en betekenis aan objecten, waarbij zowel hun toestand als gedrag wordt vastgelegd. Derhalve is een object een samenstelling van toestand en gedrag, hetgeen tegelijkertijd ieder object een *identiteit* verschaft. Ieder object heeft een unieke, eigen identiteit die niet verandert tijdens de gehele levensduur.

Declaratieve en procedurele eigenschappen van objecten

In de objectgeoriënteerde benadering wordt de toestand aan de hand van de declaratieve eigenschappen gerepresenteerd, waarbij de waarden van de attribuutvariabelen tezamen de toestand bepalen. Tijdens simulaties vertoont het object gedrag, die (mogelijk) van invloed is op de waarden van de attribuutvariabelen. Het gedrag manifesteert zich via de procedurele eigenschappen, de *operaties*. De waarden van de attribuutvariabelen van een object zijn daarbij als het ware ingekapseld in een ring van operaties (zie figuur 5.1). *Inkapseling* betekent, dat een object zich afschermt van de buitenwereld en de ingekapselde gegevens alleen via operaties kunnen worden benaderd. Het werken met operaties beschermt het object ofwel de declaratieve eigenschappen van het object tegen ongewenste acties en handelingen van buitenaf². De onderlinge communicatie tussen objecten vindt plaats via het sturen van



Figuur 5.1 Objecten en hun gegevens, operaties en boodschappen

berichten of *boodschappen*. Het zendende object kent het resultaat van een boodschap niet, waardoor de inhoud van objecten - de attribuut-variabelen - verborgen blijft voor de buitenwereld. Een boodschap is het enige middel van communicatie met en tussen objecten. Via het versturen van boodschappen worden onder andere relaties tussen objecten vastgelegd. Een operatie verzorgt de (re)actie van een object op het ontvangen van een boodschap. Het sturen van boodschappen tussen objecten vindt daardoor plaats via de aan het object gekoppelde operaties. Alleen via operaties is het mogelijk toegang te krijgen tot de inhoud van een object. Indien het ontvangende object een boodschap ontvangt, kijkt het object of het de boodschap kan uitvoeren. Dit wordt aangeduid met *binding* (zie verder paragraaf 5.2.2). Met behulp van de

bovengenoemde (basis)concepten is het mogelijk de werking van een objectgeoriënteerd systeem te illustreren. Alle berekeningen en functies in een objectgeoriënteerd systeem vinden plaats via boodschappen. Als een object een boodschap ontvangt, zal de operatie met dezelfde naam worden uitgevoerd. Een operatie bestaat zelf uit één of meerdere acties, die op hun beurt boodschappen versturen naar andere objecten. Deze objecten sturen vervolgens weer boodschappen naar andere objecten. Daarmee is een objectgeoriënteerd systeem een aaneenschakeling van boodschappen tussen objecten. De aaneenschakeling van boodschappen zal eindigen op het moment, dat een primitieve methode kan worden uitgevoerd. Bij het ontvangen van een boodschap kan een object ook de namen van andere objecten als parameters meekrijgen³. Via de bijbehorende operaties worden naar deze objecten dan weer

² Bij het creëren van een object krijgt het object automatisch door het systeem een unieke identiteit toegekend, die gedurende de levensloop van het object hetzelfde blijft. De aanwezigheid van een unieke identiteit van objecten is essentieel in objectgeoriënteerde systemen; het concept 'inkapseling' vereist een identiteitsmechanisme, waardoor objecten toegankelijk zijn en blijven. De afhankelijkheden tussen deze concepten zijn derhalve belangrijk; inkapseling is niet mogelijk indien het concept 'operaties' ontbreekt. Indien het concept 'objectidentiteit' ontbreekt, is het niet mogelijk inkapseling plaats te laten vinden, omdat een object dan niet via zijn identiteit aangeroepen kan worden.

³ Een boodschap bestaat uit de naam van het ontvangende object, de uit te voeren operatie en (eventueel) parameters. Verschillende typen boodschappen worden onderscheiden, zoals boodschappen, die de interne toestand van het object aanpassen of opleveren of boodschappen, die een actie door het object opstarten. Boodschappen worden tevens onderscheiden naar de duur van uitvoeren in de tijd uitgevoerd en kunnen synchroon, asynchroon en met een time out worden uitgevoerd. Bij een asynchrone boodschap gaat het zendende object verder met het uitvoeren van zijn operaties terwijl het ontvangende object de boodschap afhandelt. Bij een synchrone boodschap wacht het zendende object met het

boodschappen verstuurd. Tijdens uitvoering van een objectgeoriënteerd systeem - een runtime systeem - worden voortdurend nieuwe objecten gegenereerd en oude objecten verwijderd. Daarmee worden in een objectgeoriënteerd systeem voortdurend allerlei boodschappen tussen objecten met een verschillende complexiteit en levensduur uitgewisseld. De werking van een objectgeoriënteerd systeem kan daarmee een zeer complexe structuur kennen met vele iteraties van diverse interacterende objecten.

Structurele eigenschappen van objecten

Het vertalen van de 'werkelijkheid' van het probleemdomein naar objecten in een computersysteem is een proces van abstractie (zie ook paragraaf 3.2). In eerste instantie kenmerkt OO zich doordat de gehanteerde basisconcepten in belangrijke mate aansluiten bij de wijze waarop individuen het probleemdomein ervaren. Objecten en hun onderlinge communicatie zijn voor een belangrijk deel unieke representaties van relevante entiteiten en hun gedrag in de werkelijkheid. Door het gebruik van vier abstractiemechanismen - classificatie, generalisatie, aggregatie en associatie - is het mogelijk de werkelijkheid in de computer te representeren. Ook in de objectgeoriënteerde aanpak zijn deze abstractiemechanismen beschikbaar. Deze vier abstractie-mechanismen zijn vastgelegd in de structurele eigenschappen van objecten.

Classificatie is het abstractiemechanisme, waarbij op basis van vooral semantische overeenkomst entiteiten uit de werkelijkheid worden gegroepeerd in klassen. Bij objectoriëntatie wordt het abstractiemechanisme classificatie nadrukkelijk toegepast; objecten met gelijksoortige toestand en gedrag worden gecreëerd en vastgelegd via - de definitie van - klassen, ook wel objecttypen genoemd. Op deze wijze worden slechts éénmalig in de definitie van de klasse de overeenkomstige eigenschappen voor alle objecten in die klasse gedefinieerd. De objecten, aangeduid met instanties van de bijbehorende klasse, bevatten uitsluitend de voor hen specifieke waarden voor de attribuutvariabelen. Belangrijk daarbij is het mechanisme, waarbij klassen in een hiërarchie worden geplaatst. Een klassenhiërarchie is een hiërarchische structuur, waarin de relatie tussen de klassen wordt aangeduid met een 'is een' relatie. Dat wil zeggen lager gelegen klassen in de klassenhiërarchie zijn specialisaties van hoger gelegen klassen; de lager gelegen klassen - aangeduid met subklassen - bezitten naast de eigen specialistische eigenschappen eveneens alle eigenschappen van de hoger gelegen klassen - de superklassen - in de klassenhiërarchie. Dit betekent, dat objecten in een klassenhiërarchie voor een deel gemeenschappelijke eigenschappen bezitten. Dit wordt aangeduid met respectievelijk generalisatie en specialisatie. Hiermee krijgt het abstractiemechanisme *generalisatie* zijn invulling.

Aggregatie of compositie is het abstractiemechanisme waarbij een object is samengesteld uit twee of meer andere objecten. Er is dan sprake van een 'maakt deel uit van' relatie. Bij aggregatie is sprake van een duidelijk afhankelijkheidsrelatie; indien één van de componenten van een samengesteld object ontbreekt, staat het bestaansrecht van het samengestelde object ter discussie. Generalisatie en aggregatie krijgen als abstractiemechanismen vorm via respectievelijk het leggen van een 'is een' en 'maakt deel uit van' relatie tussen klassen en objecten. Relaties tussen klassen en objecten, die niet op een 'is een' of 'maakt deel uit van' relatie zijn gebaseerd worden aangeduid met *associaties*. Associaties tussen objecten kunnen van zeer uiteenlopende aard zijn.

5.2.2 Principes van objectoriëntatie en hun implementatie

OO krijgt pas meerwaarde indien toepassing plaatsvindt, in het bijzonder ten behoeve van het ontwikkelen van informatie-systemen en applicaties. De basisconcepten van OO en de werking van een objectgeoriënteerd systeem kunnen - gezien hun oorsprong - dan ook niet los gezien worden van objectgeoriënteerd programmeren en OO-programmeertalen. Wanneer OO vanuit de implementatie wordt gezien, krijgen eigenschappen van objectgeoriënteerd denken en werken hun - veelal specifieke - invulling. De wijze waarop en mate waarin OO-principes kunnen worden toegepast bij het ontwikkelen van objectgeoriënteerde systemen is gebaseerd op de aanwezigheid van afhankelijkheden tussen de basisconcepten. In de literatuur worden systemen met de eerder genoemde concepten - attributen, boodschappen, operaties en objectidentiteit - aangeduid met objectgeoriënteerde systemen (zie Mattos *et al.* 1993). Om meer zicht te krijgen op de waarde van de objectgeoriënteerde benadering is het onvermijdelijk nader in te gaan op de toepassing van de basisconcepten in objectgeoriënteerde systemen, zoals bijvoorbeeld gegevensverberging, toegangscontrole, overerving, type-checking, dynamische binding, polymorfisme, concurrentie, geheugenbeheer en persistentie. Enkele belangrijke aspecten van objectoriëntatie, die vooral bij de implementatie voor een belangrijke meerwaarde zorgen, worden hier in onderlinge samenhang en

uitvoeren van een operatie totdat de aangevraagde operatie is uitgevoerd en de resultaten zijn geretourneerd. Bij een time out moet de synchrone boodschap binnen een bepaalde tijd afgehandeld zijn. Daarnaast is het mogelijk om aan de uitvoering van boodschappen voor- waarden te stellen. Deze voorwaarden - ook wel 'quards' genoemd - hebben vaak betrekking op de eigenschappen van het ontvangende object.

in relatie tot de basisprincipes kort beschouwd. Het is belangrijk daarbij te constateren, dat de toepassing aangeeft welke concepten en mechanismen van belang zijn en welke principes voor implementatie⁴. (Mattos *et al.* 1993).

Een belangrijk deel van de kracht van objectoriëntatie is gelegen in de inzichtelijkheid en eenvoud van het werken met objecten, waarbij gegevens alleen toegankelijk zijn via operaties. De gegevens in de vorm van attribuutvariabelenwaarden van een object zijn ingekapseld in een ring van operaties. Deze vorm van *gegevensverberging* of 'information hiding' biedt bescherming aan de objecten⁵. Gegevensverberging biedt grote voordelen voor de fase van implementatie via OO-programmeren in relatie tot enkele conventionele methoden van implementatie. Naast een grotere efficiëntie bij het programmeren is het onderhoud van het systeem veel eenvoudiger en inzichtelijker. Bij de conventionele methoden van implementatie zijn gegevens en functies gescheiden. Voor het doorvoeren van wijzigingen in de gegevens dienen alle functies, die op de gegevens bewerkingen uitvoeren, aangepast te worden. Door de inkapseling van gegevens in objecten is direct zichtbaar welke operaties welke gegevens aanroepen. Daardoor hoeven wijzigingen lokaal en slechts eenmalig aangebracht te worden. De mate waarin inkapseling kan worden toegepast varieert; via zogenaamde *toegangscontrole* is het mogelijk attribuutvariabelen en methoden - privaat, publiek en beschermd - toegankelijk te maken. Belangrijk is ook het mechanisme, waarbij klassen in een hiërarchie worden geplaatst en de variabelen en operaties overerven. Dit principe - in de OO-benadering aangeduid met de term *overerving* - maakt het mogelijk, dat objecten van een subklasse naast eigen specialistische eigenschappen eveneens alle eigenschappen van de hoger gelegen superklasse bezitten. Dit betekent, dat objecten voor een deel gemeenschappelijke eigenschappen bezitten en voor een deel niet. De over te erven eigenschappen hoeven slechts eenmalig vastgelegd te worden, hetgeen leidt tot efficiencyvoordelen. Daarbij is het mogelijk, dat een subklasse de overgeërfdde eigenschappen van een superklasse uitschakelt; hetgeen wordt aangeduid met 'overriding' of 'overloading'. Het komt voor, dat een subklasse eigenschappen erft van meer dan één superklasse. In dergelijke gevallen wordt gesproken van meervoudige overerving.

Een ander aspect van objectgeoriënteerde systemen is het mechanisme, waarbij de attribuutvariabelen in een attribuuttype worden vastgelegd. Een *type-checking* mechanisme zorgt ervoor, dat gegevens zo optimaal mogelijk worden opgeslagen.

In sommige systemen is type-specificatie verplicht en in andere optioneel; er wordt gesproken van sterke en zwakke typing. Beide hebben hun voor- en nadelen. Bij sterke type-specificatie kunnen geen ongewenste bewerkingen op gegevens plaatsvinden. Dit leidt tot systeemfouten. *Binding* ligt in het verlengde van type-checking en heeft betrekking op het vaststellen van het tijdstip waarop de ontvanger van een boodschap wordt geïdentificeerd. In sommige systemen wordt het ontvangende object geïdentificeerd op het moment, dat de programmacode wordt gecompileerd; aangeduid met 'vroeg' of 'statische' binding. Bij 'late' of 'dynamische' binding wordt het ontvangende object run-time vastgesteld. Dynamische binding verdient - in veel gevallen - de voorkeur vanwege het feit, dat nieuwe objecten - die run-time worden gecreëerd - in geval van statische binding niet kunnen worden aangeroepen. Daarnaast maakt dynamische binding polymorfisme mogelijk. *Polymorfisme* - letterlijk vertaald 'veelvormigheid' - is het vermogen om meerdere gedaanten aan te nemen (NGGO 1994); eenzelfde boodschap kan op objecten uit verschillende klassen een verschillende uitwerking hebben. Het gegeven, dat een object zelf zorg draagt voor de wijze waarop het wil reageren op het ontvangen van een boodschap betekent, dat dezelfde boodschap door verschillende klassen op uiteenlopende wijze geïnterpreteerd

⁴ Het principe van inkapseling is bijvoorbeeld een punt van discussie. Overwegend is in databasesystemen en programmeertalen het concept van inkapseling terug te vinden. In kennissystemen is in sommige gevallen inkapseling niet ingebed als objectgeoriënteerd concept (Mattos *et al.* 1993). Daarnaast onderscheiden de diverse systemen zich ook wat betreft de mate waarin inkapseling kan worden toegepast. In sommige implementaties van objectgeoriënteerde systemen is het mogelijk toegangscontrole te laten plaatsvinden. Toegangscontrole is een mechanisme waarbij beperkingen kunnen worden opgelegd aan de toegang tot attribuutvariabele(n) en methode(n) van een object. Zo wordt in de programmeertaal C++ *private*, *publieke* en *beschermd* attribuutvariabelen onderscheiden. Een *private* attribuutvariabele is alleen toegankelijk voor de objecten binnen de klasse, een *publieke* voor objecten buiten de klasse en een *beschermd* attribuutvariabele is slechts toegankelijk voor objecten uit subklassen.

⁵ Taylor (1991) noemt twee vormen van bescherming als resultaat van inkapseling:

1. Het beschermt variabelen van een object tegen misbruik door andere objecten, zoals verkeerd gebruik, beschadiging, vernietiging, et cetera. Het object beschermt zichzelf door zijn variabelen te verbergen door toegang tot waarden voor variabelen te verlenen via operaties;
2. Inkapseling beschermt ook andere objecten tegen problemen, die kunnen ontstaan door verkeerd gebruik van de interne structuur van objecten. Het object hoeft slechts te weten hoe het andere object om gegevens vraagt. Details omtrent de wijze waarop de gegevens zijn opgeslagen is niet van belang.

kan worden. De uitwerking van de boodschap zal echter per klasse verschillen en komt tot uitdrukking in de operaties, die bij de boodschap van de betreffende klasse hoort. Veelvormigheid heeft als voordeel, dat objecten onafhankelijk zijn en nieuwe objecten kunnen worden toegevoegd met een minimum aan veranderingen in bestaande objecten. Veelvormigheid maakt ook het gebruik van meervoudige naamgeving mogelijk, zodat gelijksoortige operaties dezelfde naamgeving kunnen krijgen met een uiteenlopende implementatie.

Concurrentie is een ander aspect, dat bij implementatie een belangrijke rol speelt. Tijdens het versturen van boodschappen tussen objecten kan de besturing of 'control flow' zowel sequentieel als parallel plaatsvinden. Bij een sequentiële afhandeling zal eerst het ene object de operatie afhandelen, waarna het volgende object het overneemt en na afhandeling de besturing teruggeeft.

Bij parallelle afhandeling voeren beide objecten tegelijkertijd hun operaties uit, hetgeen wordt aangeduid met concurrentie of concurrente objecten. Naast concurrentie krijgt ook het *geheugenbeheer* in objectgeoriënteerde systemen op uiteenlopende wijze invulling. Een object is een instantie van een klasse en neemt - als zodanig - een stuk computergeheugen in beslag. De broncode van een OO-programma bestaat uitsluitend uit een verzameling klassedefinities. Indien het systeem na compilatie wordt opgestart, worden één of meerdere objecten gecreëerd uit de aanwezige klassen. Deze objecten worden automatisch door het systeem gecreëerd via 'constructors' en indien niet meer nodig uit het geheugen verwijderd met behulp van 'destructors'.

Bij dynamisch geheugenbeheer worden via de vuilnisbakfunctie of 'garbage collector' van het systeem alle overbodige objecten automatisch uit het geheugen verwijderd.

Zoals vermeld worden uiteenlopende objecten gecreëerd en indien nodig verwijderd na gebruik. Gegevens, die verwerkt worden in een systeem, dienen echter een langere levensduur te bezitten. Deze gegevens worden als datastructuren vanuit tijdelijk geheugen naar het permanente achtergrondgeheugen weggeschreven. Om dit mogelijk te maken worden algoritmen voor het efficiënt wegschrijven en inlezen van objecten uit het achtergrondgeheugen ontwikkeld. In een systeem met *persistente* objecten zorgt het systeem er zelf voor, dat objecten een langere levensduur hebben dan die van het objectgeoriënteerde programma, dat het object creëerde. Voor het opslaan, beheer en opvragen van persistente objecten zijn objectgeoriënteerde DBMS in ontwikkeling⁶ (zie verder paragraaf 5.4.3).

5.2.3 Beoogde voordelen van objectoriëntatie

In deze studie worden handreikingen gedaan om de gewenste flexibiliteit bij applicatieontwikkeling gestalte te geven met behulp van objectgeoriënteerde principes van systeemontwikkeling. Applicatieontwikkeling is een proces, waarbij een dynamische probleemdomein en de daaruit voortvloeiende informatiebehoefte van de gebruiker wordt vertaald naar een digitale representatie in de computer. Een dergelijke statische representatie van een dynamische werkelijkheid en beslissingsomgeving vereist een bijzondere aanpak. Flexibiliteit is daarbij een sleutelbegrip. Een uniforme definitie van 'flexibiliteit' in de context van de ontwikkeling van informatiesystemen ontbreekt (vooralsnog)⁷. Objectgeoriënteerde concepten moeten zorgen voor de benodigde

⁶ Objectgeoriënteerde DBMS zijn in diverse soorten en maten ontwikkeld, zoals objectgeoriënteerde DBMS, uitgebreide RDBMS, functioneel-semantic DBMS, DBMS-generatoren en simpele 'object managers' (zie Cattell 1991).

⁷ In Boogaard (1994) is een overzicht geschetst van aspecten van flexibiliteit bij de ontwikkeling van informatiesystemen. De diversiteit aan definities en het ontbreken van een eenduidige operationalisatie in uiteenlopende disciplines, duiden op een diffuus en vaag begrip. Boogaard (1994) heeft getracht enige structuur aan te brengen in deze complexe materie door drie perspectieven op flexibiliteit te onderscheiden: flexibiliteit als doel van de toepassing van informatietechnologie (IT), flexibiliteit als natuurlijk traject in IT-ontwikkelingen en flexibiliteit als eigenschap van het informatiesysteem. In het eerste geval wordt flexibiliteit beschouwd als een doelstelling van de organisatie om IT toe te passen. In dit perspectief is het doel van het informatiesysteem het snel ter beschikking stellen van informatie, waarmee een verhoogde productiviteit kan worden bereikt. Het tweede perspectief beschouwd flexibiliteit vanuit de snelle ontwikkelingen in de informatietechnologie, zoals vanuit de ontwikkelingen op het terrein van systeemontwikkelingsmethodieken, DBMS, programmeertalen en -stijlen en systeem-architecturen. De beschouwingen van het derde perspectief richten zich op de noodzaak - en tegelijkertijd het ontbreken - van flexibiliteit als eigenschap van informatiesystemen. In deze studie wordt flexibiliteit beschouwd als voorwaarde bij applicatieontwikkeling en vindt daarmee aansluiting bij het derde perspectief. Flexibiliteit krijgt daarbij - naar Rochester; in Boogaard (1994, pp. 104) - invulling vanuit de veranderingen om en in de organisatie en vanuit de gebruiker en ontwikkelaar van het informatiesysteem:

1. Vanuit de organisatie betekent flexibiliteit het vermogen het systeem te bouwen en aan te passen aan de veranderingen van de organisatie;
2. Vanuit de gebruiker(s) betekent flexibiliteit de aanwezigheid van een intuïtieve en aanpasbare gebruikersinterface; en
3. Vanuit de ontwikkelaar betekent flexibiliteit het vermogen het informatiesysteem snel aan te passen (onderhoud en beheer).

flexibiliteit voor het aanpassen, onderhoud en vernieuwen van het systeem aan zich steeds veranderende omstandigheden. Door de mogelijkheden voor incrementele ontwikkeling kunnen aanpassing, uitbreiding en vernieuwing relatief eenvoudig en snel plaatsvinden.

Principes van objectoriëntatie zijn voor een deel terug te voeren naar concepten uit de cognitieve psychologie, die beschrijven hoe individuen kennis verwerven omtrent hun reële omgeving. Concepten van OO-systeemontwikkeling vinden nauwe aansluiting bij de abstractiemechanismen, die individuen gebruiken om de reële (geografische) wereld te representeren: "... for the user the advantage is that the conceptual model of the domain may be closer to the system model, thus minimizing impedance mismatch. To implement a rich conceptual model, using a limited system model is like playing a Beethoven piano sonata on the trumpet; the instrument does not match the conception and much of the intended meaning will be lost in the execution." (Worboys 1995, pp 93). Door objectgeoriënteerde principes toe te passen bij systeemontwikkeling groeit de overwegend wis-kundiggeoriënteerde systeemontwikkeling in toenemende mate naar de dagelijkse wereld van de gebruiker(s) toe, hetgeen met naadloze ontwikkeling wordt aangeduid. Tegelijkertijd is het directe profijt van een objectgeoriënteerde aanpak voor de (eind)-gebruiker relatief beperkt. Batty (1993b, pp. 12) geeft aan, dat "The primary benefits of objectorientation are in the ease of customisation and maintenance of the system, so the person who really sees the benefits of objectorientation is the application developer". Het profijt en de meerwaarde voor de (eind)gebruiker van objectgeoriënteerde GIS-applicaties komt vooral *indirect* tot stand via het proces van applicatieontwikkeling. De eindgebruiker profiteert van een objectgeoriënteerde aanpak vanwege de inzichtelijkheid (herkenbaarheid, helderheid, begrijpelijkheid) en het 'gemak' waarmee de ontwikkeling van de op-maat-gesneden applicatie kan plaatsvinden (Hubbers 1998). Het is daarbij belangrijk te constateren, dat niet alle OO-concepten gedurende de drie fasen van het proces van systeemontwikkeling een even belangrijke rol spelen. OO-concepten als inkapseling en veelvormigheid krijgen pas betekenis, en daarmee (meer)waarde, gedurende de fase van implementatie.

De *directe* winst van de objectgeoriënteerde benadering is mede afhankelijk van de implementatie door de applicatieontwikkelaar in relatie tot de organisatorische context (zie Van Hillegersberg 1997). Enerzijds zijn (praktische) voordelen te behalen vanwege het (moeten) gebruiken van objecten, klassen en berichten en anderzijds wordt inzichtelijkheid vergroot en hergebruik gestimu-leerd door het toepassen van concepten als inkapseling, overerving en veelvormigheid.

Het werken met *klassen* maakt een eenmalige definitie mogelijk voor een scala aan objecten. De objecten slaan alleen de waarden op, waardoor de wijziging slechts in de klassedefinitie hoeft te worden doorgevoerd. Daarbij is het ook mogelijk klassevariabelen te definiëren; waarvoor geldt dat alle objecten dezelfde waarde voor deze waarde hebben. De klassehiërarchie zorgt voor het beperken van redundantie via de overerving. Het werken met de *objectidentiteit* maakt objectgeoriënteerde systemen efficiënter (nummers in plaats van naamsaanduidingen), verbetert de zoeksnelheid en is onafhankelijk van veranderingen in attribuuvariabelen. Tevens is het eenvoudig mogelijk, in geval van een samengesteld object, dat één van objecten verandert zonder effect te sorteren op het samengestelde object. Ook maakt objectidentiteit het mogelijk, dat een object deel uit maakt van meer dan één samengesteld object.

Door het sturen van *berichten* behoeven wijzigingen in de attribuuvariabelen en methoden niet van invloed te zijn op de werking van het systeem. Het berichtenverkeer werkt als het ware onafhankelijk van de structuur. Het werken met berichten voorkomt ook het evalueren van zogenaamde CASE-statements, waarbij het systeem een aantal condities moet evalueren alvorens het bijbehorende functies kan executeren. Dit bespaart code en bevordert een snelle executie, hetgeen leidt tot kleinere en beter te onderhouden programma's.

Door het toepassen van het concept *inkapseling*, behoeven wijzigingen - aanpassen, verwijderen en uitbreiden - slechts op één klasse te worden aangebracht en blijven effecten van veranderingen beperkt tot deze ene klasse. Inkapseling draagt tevens in sterke mate bij tot het modulair opbouwen van het systeem, waardoor de structuur van het systeem aan inzichtelijkheid wint en onderhoud wordt vergemakkelijkt. Tegelijkertijd zullen daardoor ook de mogelijkheden van hergebruik toenemen. Dit maakt het mogelijk om componenten afzonderlijk op te slaan in een subsysteem. Door hergebruik van systeemcomponenten is het niet altijd noodzakelijk onderdelen van de systeemontwikkeling, zoals het schrijven van programmacode, opnieuw uit te voeren. Hergebruik manifesteert zich tevens via het toepassen van het principe van overerving en veelvormigheid. Door *overerving* is het mogelijk om objecten af te leiden van er op lijkende bestaande objecten. Door aanpassen, overschrijven of toevoegen van eigenschappen is het mogelijk om bestaande objecten te hergebruiken. Inkapseling heeft als voordeel, dat veranderingen aan de wijze waarop een object zijn taken uitvoert, vereenvoudigd worden doordat de definitie van de methode van een klasse gewijzigd hoeft te worden. *Veelvormigheid* maakt het mogelijk efficiënter om te gaan met de naamgeving van methoden. Voorheen diende iedere functie in een programma een andere naam te krijgen; door veelvormigheid kunnen soortgelijke functies dezelfde naam krijgen zonder conflicten op te roepen. Daarmee bevordert veelvormigheid hergebruik. Veelvormigheid maakt het mogelijk methoden op meerdere plaatsen te gebruiken

als generieke functies zonder dat de naamgeving van operaties hoeft te worden aangepast.

Inzichtelijkheid, onderhoud (hergebruik) en flexibiliteit zijn de belangrijke eigenschappen van objectgeoriënteerde systeemontwikkeling, die de directe voordelen van het toepassen van objectoriëntatie voor de ontwikkelaars illustreren. Voor de gebruiker(s) zijn indirect voordelen te behalen; bij objectgeoriënteerde ontwikkeling kan door de ontwikkelaar(s) relatief sneller op de wensen van de gebruiker(s) worden geparticipeerd via hergebruik, aanpassing en uitbreiding. Tegelijkertijd ondersteunt objectoriëntatie incrementele en/of evolutionaire, iteratief-cyclische systeemontwikkelingsprocessen, die nodig zijn om de dynamische werkelijkheid van het probleemdomein te kunnen blijven representeren. Dit alles dient weliswaar ook beschouwd te worden in relatie tot andere (conventionele) methoden om applicatieontwikkeling, zoals de 'gestructureerde methode' van applicatieontwikkeling (zie bijlage 1).

Hier zijn de voordelen van objectoriëntatie voor het eindproduct (op theoretische wijze) beschouwd. In Van Hillegersberg (1997) zijn deze boogde voordelen empirisch getoetst via een survey onder de 500 grootste Nederlandse bedrijven. De voordelen van objectgeoriënteerde ontwikkeling zijn getoetst ten aanzien van drie aspecten; de voordelen ten aanzien van het eindproduct en het ontwikkelproces en de voordelen en de competitieve (strategische) voordelen voor de onderneming. Wat betreft de voordelen voor het eindproduct blijkt de software robuuster en beter uitbreidbaar. Daarbij zijn fouten makkelijker te corrigeren en is een verbetering van de testbaarheid van de producten gerealiseerd. Wat betreft het ontwikkelproces zijn voordelen geconstateerd wat betreft het verbeteren van hergebruik van objecten en componenten, het sneller kunnen doorvoeren van (ontwerp)veranderingen en het op natuurlijker wijze kunnen denken. De verwachte voordelen van het ontwikkelproces komen grotendeels overeen met de in de praktijk ondervonden voordelen (in de volgende paragraaf wordt nader ingegaan op het objectgeoriënteerde ontwikkel-proces). Strategische competitieve voordelen zijn het sneller op de markt kunnen reageren, een verbetering van de overstemming van eisen en eindproduct en een verbetering van de winstgevendheid van softwareontwikkeling. Objectoriëntatie is en blijft echter een hulpmiddel voor de specificatie en het bouwen van applicaties. Objectoriëntatie vormt zeker geen oplossing op zich; het succes is afhankelijk van de toepassing ervan. Leidraad voor een gestructureerde toepassing is het proces van systeem-ontwikkeling en een ondersteunende methodiek.

5.3 Objectgeoriënteerde systeemontwikkeling

5.3.1 Objectgeoriënteerde systeemontwikkeling als proces en methodiek

Door voortdurende organisatorische veranderingen van interne en externe oorsprong is ieder informatiesysteem een product met een levensloop; een cyclisch proces van planning, ontwikkeling en gebruik. *Systeemontwikkeling*⁸ is één van de terreinen waar de objectgeoriënteerde denk- en werkwijze zich nadrukkelijk profileert. Dit heeft mede zijn oorsprong in het ontstaan van het OO-paradigma vanuit de programmeertaal Simula. In het proces van systeemontwikkeling worden in het algemeen drie fasen onderscheiden: analyse, ontwerp en implementatie. Gedurende de fase van *objectgeoriënteerde analyse* - kortweg OO-analyse - worden - in dialoog en afstemming met de materiedeskundigen - objecten, die een rol spelen in het probleemdomein, op 'cognitieve' wijze geïdentificeerd. OO-analyse richt zich vooral op (NGGO 1994):

1. het identificeren van de objecten in het probleemdomein;
2. het definiëren van de diensten, die objecten onder bepaalde omstandigheden kunnen bieden.
3. het definiëren van de relaties tussen de diverse objecten.

Na analyse volgt nadere detaillering en invulling gedurende een fase van *ontwerp*. Het moment van overgang van analyse naar

⁸ Systeemontwikkeling heeft veelal betrekking op de ontwikkeling van informatiesystemen, zoals in de volgende omschrijving: "Systeemontwikkeling is gericht op het systematisch, effectief en efficiënt realiseren van software-systemen" (NGGO 1994, pp. 48).

Ter beheersing en ondersteuning van het primaire proces van systeemontwikkeling worden zogenaamde 'cross life cycle' activiteiten uitgevoerd, zoals projectbeheersing, validatie, verificatie, versie- en configuratiebeheer en documentatie. Echter ook andere onderdelen van de informatievoorziening, zoals de gegevensinfrastructuur, kunnen vanuit systeemontwikkeling worden benaderd. Bij systeemontwikkeling in de brede context van de algehele informatievoorziening wordt in het algemeen een methodologisch kader onderscheiden bestaande uit drie hoofdprocessen (Rijnsbrij 1993): informatiebeleid en informatieplanning, gevolgd door ontwikkeling en invoering en overgaand in bedrijfsvoering (gebruik of exploitatie). Deze processen zijn voortdurend in een cyclisch werkproces van feedback en feedforward te vinden en in iedere proces speelt projectmanagement een rol.

ontwerp is niet altijd eenduidig te definiëren. Bij analyse omvat de representatie alle in de analyse geïdentificeerde domeinspecifieke objecten, terwijl bij ontwerp de aandacht tevens gericht is op niet-domeinspecifieke aspecten, die met het oog op de implementatie van belang zijn, zoals objecten voor de gebruikersinterface en de systeemarchitectuur. Bij objectgeoriënteerd ontwerpen wordt verdere detaillering aangebracht door de belevingswereld van de gebruiker verder te vertalen naar een formele specificatie voor implementatie in de computer. Het ontwerp vormt daarmee de overgang tussen de beginfase, waarin vooral probleemgericht werken centraal staat (wat moet er komen?) en het meer oplossingsgericht werken met als eindresultaat de exacte specificaties voor implementatie (hoe gaat het eruit zien?). Tijdens *implementatie* wordt het ontwerp omgezet in pro-grammacode met behulp van programmeertalen. Voor het objectgeoriënteerd realiseren van informatiesystemen zijn inmiddels verschillende OO-programmeertalen - kortweg OOPL - ontwikkeld, van pure OO-talen (bijvoorbeeld Eiffel, Smalltalk) tot hybride OO-talen, die zijn afgeleid van procedurele talen (bijvoorbeeld ObjectPascal, C++). Met behulp van OOPL kan een maximale integratie tot stand worden gebracht tussen de analyse, ontwerp en de implementatie en wordt de kans op 'impedance mismatch' kleiner. De wijze waarop het proces van systeemontwikkeling wordt doorlopen, is sterk afhankelijk van de benade-ring en instrumenten die worden aangewend. Richtinggevend is de context waarbinnen systeemontwikkeling plaatsvindt.

Systeemontwikkeling is een activiteit van modellering en specificatie, waarbij uiteenlopende methoden en technieken worden gehanteerd. Uniforme richtlijnen voor het hanteren van methoden en technieken voor systeemontwikkeling zijn echter niet aanwezig. Door generalisatie van in de praktijk opgedane ervaringen met methoden en technieken zijn *systeemontwikkel(ings)-methodieken* ontstaan, veelal zonder een valide theoretische basis. Een methodiek bestaat uit een samenhangend geheel van *methoden* en *technieken* voor modellering en specificatie. Methoden en technieken worden aangewend om de componenten van het systeem bij analyse en ontwerp vast te leggen. Voorbeelden van technieken zijn informele beschrijvingen van systeemeisen, modellen en uiteenlopende soorten diagrammen. Voor het werken met deze technieken - bij voorkeur op geautomatiseerde wijze - worden diverse soorten *instrumenten* en hulpmiddelen ingezet, zoals hulpmiddelen voor documentatie (tekstverwerkers, tekenprogramma's), projectmanagement, applicatie- en codegeneratoren en ontwikkelomgevingen voor geïntegreerde Computer Aided Systems Engineering (I-CASE). Ten behoeve van objectgeoriënteerde systeemontwikkeling is inmiddels een variatie aan op OO-principes gebaseerde methodieken ontwikkeld⁹ (Van den Goor *et al.* 1993; Graham 1994; NGGO 1994). OO-methodieken zijn in veel gevallen vanuit een tweetal invalshoeken geconvergeerd; de OO-programmeertalen en conventionele methoden van gegevensmodellering, zoals het (uitgebreide) entiteit-relatiediagrammen of (E)ER-modellering (zie Date 1995). In meer of mindere mate zijn deze twee grondleggers aan te treffen in objectgeoriënteerde systeemontwikkelingsmethodieken¹⁰.

De verschillende methodieken zijn nog in ontwikkeling en zeker nog niet geheel uitgekristalliseerd, hetgeen niet verwonderlijk is gezien de nog korte levensduur van de methodieken. In het recente ontwikkelingstraject van de methodieken is/wordt gezocht naar onderlinge complementariteit. Twee belangrijke voorbeelden van deze complementariteit kan worden aangetroffen in de Unified Modeling Language (Booch *et al.* 1998) en OPEN (Henderson-Sellers 1997)¹¹. Uit enkele inventariserende beschouwingen omtrent de verschillende benaderingen van op OO-gebaseerde systeemontwikkeling blijkt, dat eenduidigheid omtrent OO-systeemontwikkelingsmethoden en de te hanteren ondersteunende OO-concepten en hulpmiddelen ontbreekt (Van Hillegersberg 1997). De strategie van ontwikkeling is een synthetische; door synthese van reeds bestaande componenten vindt ontwikkeling plaats. Daardoor is de OO-benadering uitermate geschikt voor een cyclische aanpak. Het ligt niet in de context van deze studie om een waardeoordeel te vellen omtrent de kwaliteit van verschillende methodieken (zie Van den Goor *et al.* 1993; NGGO 1994). Het hanteren van een methodiek betekent in de praktijk een proces, waarbij de ervaring, intuïtie en creativiteit van de ontwerper van doorslaggevende betekenis zijn. De ontwerper ontwikkelt in samenwerking met de (eind)gebruiker(s) en de methodiek structureert

⁹ Bekende conventionele methodieken voor systeemontwikkeling zijn System Development Methodology (SDM), Natuurlijke taal Informatie Analyse Methode (NIAM), Information Systems work and Analysis of Change (ISAC), Information Engineering (IE) en Structured Analysis and Structured Design (SA/SD).

¹⁰ Voorbeelden van objectgeoriënteerde systeemontwikkelingsmethodieken zijn Booch-OOAD (Booch 1994), Syntropy (Cook en Daniels 1994), Fusion (Coleman *et al.* 1994), de OOAD-methode van Coad en Yourdon (Coad en Yourdon 1990; 1991), SOMA (Graham 1994; 1995), OOSE (Jacobson *et al.* 1992), de KISS-methode (Kristen 1993), Object-Oriented Information Engineering (Martin en Odell 1992), de Object Modeling Technique (Rumbaugh *et al.* 1991) en OOA (Shlear en Mellor 1992).

¹¹ In de Unified Modeling Language zijn de concepten, methoden en technieken uit drie methodieken - te weten Booch, OMT en OOSE - geïntegreerd in één visuele, objectgeoriënteerde (modellerings)taal. OPEN is een samenwerking van SOMA, MOSES en Firesmith.

(Rijsenbrij 1993). Daarbij kan worden opgemerkt, dat "Models are not right or wrong?; they are more or less useful." (Fowler 1997, pp.7). In deze studie is de Object Modeling Technique - kortweg OMT - gehanteerd (Rumbaugh *et al.* 1991). OMT is in ontwikkeling (zie Derr 1995; Duffy 1996; Warmer en Kleppe 1996) en krijgt zijn toepassing in het Nederlandse bedrijfsleven en de software branche (Van Hillegersberg 1997). Daarnaast wordt OMT als representatiemethodiek gebruikt in relatie tot standaardisatie-initiatieven op het gebied van GIS (zie Province of British Columbia 1995; OGC 1996). Belangrijk voordeel van het toepassen van OMT - in vergelijking tot enkele andere OO-methodieken - is het uniforme gebruik van visuele (notatie)technieken gedurende het gehele proces van systeemontwikkeling (Derr 1995; Warmer en Kleppe 1996).

5.3.2 De Object Modeling Technique; proces en modellen

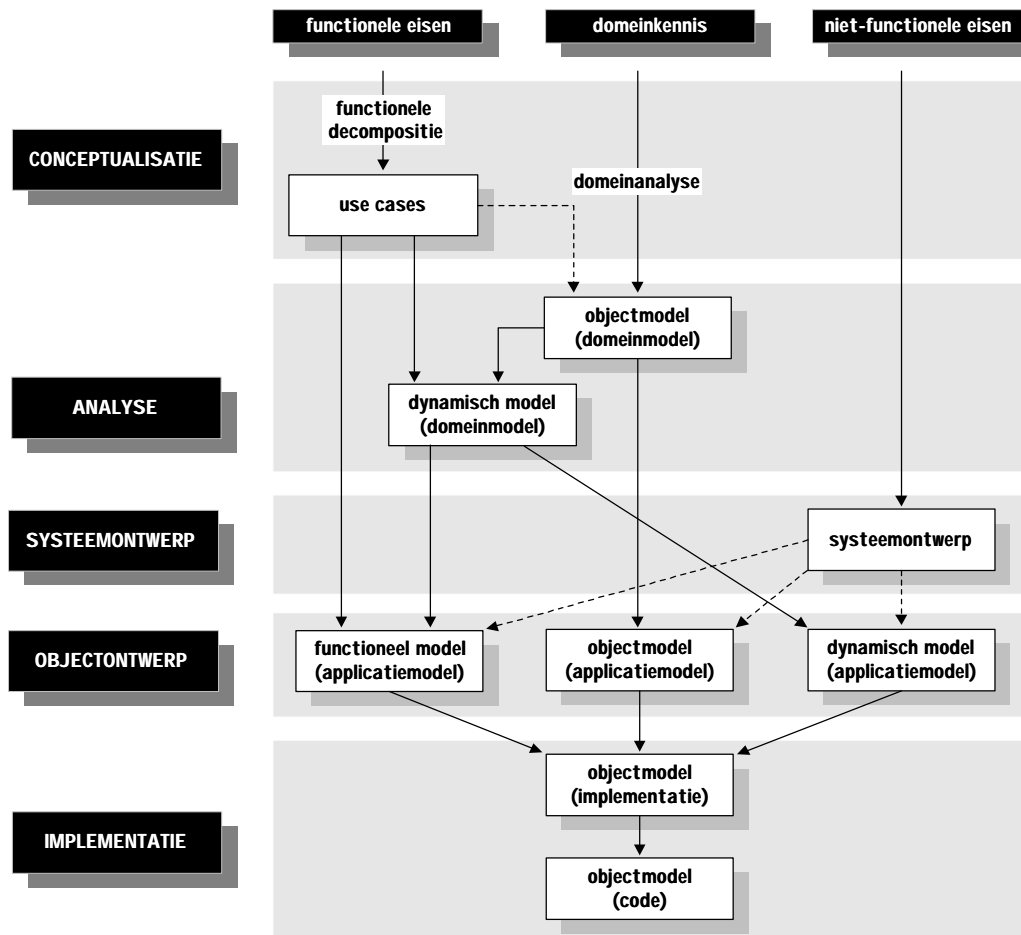
De Object Modeling Technique is één van de bekendste objectgeoriënteerde ontwikkelingsmethodieken. OMT kan worden gehanteerd ter ondersteuning van het gehele proces van systeemontwikkeling; van conceptualisatie en analyse via ontwerp naar implementatie. Het is een methodiek, die in ontwikkeling is¹². In deze studie is OMT gehanteerd met inachtneming van enkele aanpassingen, die sinds haar verschijnen in 1991 zijn aangebracht. OMT is een methodiek, waarin objectgeoriënteerde principes worden gehanteerd gedurende het gehele proces van systeemontwikkeling. OMT kenmerkt zich daarbij door het uniforme gebruik van OO-concepten via een eenduidige grafische representatie - een visuele taal - in alle fasen van het ontwikkelings-proces¹³. Het proces van systeemontwikkeling volgens de OMT-methodiek bestaat grofweg uit vijf verschillende fasen (Rumbaugh 1995a): *conceptualisatie, analyse, systeemontwerp, objectontwerp en implementatie*. Gedurende alle fasen worden objectgeoriënteerde concepten op uniforme wijze gehanteerd. Het belang van analyse en ontwerp in het proces van objectgeoriënteerde systeemontwikkeling wordt door Rumbaugh *et al.* (1991, pp. 4) sterk benadrukt: "The essence of object oriented development is the identification and organization of application-domain concepts, rather than their final representation in a programming language It is only when the inherent concepts of the application are identified, organized and understood that the details of data structures and functions can be addressed effectively". De gehele systeemmodellering vindt plaats via een beschrijving van het systeem aan de hand van drie typen modellen:

1. Het objectmodel beschrijft de objecten en hun onderlinge relaties in het systeem;
2. Het dynamisch model beschrijft de veranderingen die in de tijd plaatsvinden in het systeem;
3. Het functioneel model beschrijft de (waarden)transformatie van attribuutvariabelen van objecten in het systeem.

Niet in alle stadia van het OMT-proces van systeemontwikkeling spelen de drie modellen een even belangrijke rol (zie figuur 5.2).

¹² In 1991 is de methode uiteengezet door Rumbaugh *et al.* (1991) en diverse malen aangepast. In het Journal of Object Oriented Programming heeft Rumbaugh iedere maand een rubriek, waarin ontwikkelingen, aanpassingen en uitbreidingen met betrekking OMT worden geschetst. Dit heeft in de loop van de jaren geleid tot diverse wezenlijke aanpassingen. OMT wordt beschouwd als een 'levende' methode, die ook tijdens het gebruik kan worden aangepast aan de specifieke omstandigheden of het probleemdomen (Warmer en Kleppe 1996). OMT is als uitgangspunt gehanteerd voor de ontwikkeling van andere OO-methodieken, zoals Fusion van Coleman *et al.* (1994). Sinds 1995 zijn activiteiten ontplooid voor de integratie van OMT met de Booch-methode (Booch 1994) en OOSE (Jacobson *et al.* 1992) in de UML (Booch *et al.* 1998). Dit heeft geleid tot UML, die naast de afzonderlijke methoden OMT, Booch en OOSE een bestaansrecht zal krijgen (Booch *et al.* 1998; Rumbaugh 1996).

¹³ De 'Object Model Notation' - kortweg OMN - is een visuele taal; met behulp van grafische notatietechnieken, bestaande uit verschillende typen diagrammen wordt op hoog niveau vastgelegd wat het systeem moet doen. Voor een overzicht van de voor deze studie gebruikte OMN-notatietechnieken wordt verwezen naar bijlage 2.



Figuur 5.2 Proces van systeemontwikkeling volgens OMT (Warmer en Kleppe 1996)

In OMT komen niet-functionele systeemeisen pas bij het systeemontwerp aan de orde¹⁴. In eerste instantie zal in overleg met de gebruiker op informele wijze een *probleembeschrijving* worden samengesteld, waarin op nog weinig gestructureerde wijze de functionele en niet-functionele eisen van (eind)gebruiker(s) zijn opgenomen. Voorafgaand aan de analysefase wordt in de fase van *conceptualisatie* vanuit een tweetal invalshoeken getracht een analyse van het probleemdomein te verkrijgen: functionele decompositie en domeinanalyse. Bij *functionele decompositie* worden op informele wijze in interactie met de gebruiker(s) de functionele systeemeisen opgesteld en gecategoriseerd. De functionele decompositie levert de gevraagde functionaliteit van het systeem op, door in nauw overleg met de (eind)gebruikers van het systeem de functionele systeemeisen vast te leggen met behulp van zogenaamde *use cases*¹⁵ (Rumbaugh 1994a). Door de functionele decompositie met behulp van use cases uit de OOSE-methodiek (Jacobson *et al.* 1992) te adopteren heeft OMT een meer *gebruikersgecentreerd* karakter gekregen¹⁶. Het gebruik van

OMT is van oorsprong een systeemgeoriënteerde methodiek, waarin het objectmodel centraal staat. OMT start met een beschrijving van het probleem- of applicatiedomein.

Voor iedere te ontwikkelen applicatie geldt, dat de wensen van de gebruiker ofwel de systeemeisen als uitgangspunt moeten worden genomen. In het algemeen worden systeemeisen in twee categorieën verdeeld (Warmer en Kleppe 1996): functionele en niet-functionele systeemeisen. De functionele systeemeisen beschrijven wat het systeem of de applicatie moet doen. Daarbij gaat het om de functies, die de gebruiker met het systeem kan uitvoeren. De niet-functionele systeem-eisen beschrijven de voor-waarden, die het mogelijk maken de voor de gebruiker vereiste functionaliteit te waarborgen. Niet-functionele systeemeisen hebben betrekking op zaken als geheugengebruik, snelheid, responsetijd, hard- en software-omgeving, et cetera.

¹⁴ Ondanks het feit, dat voor conceptualisatie en objectgeoriënteerde analyse in principe alleen functionele systeemeisen een rol spelen, dienen de niet-functionele eisen wel degelijk in het achterhoofd gehouden te worden. In sommige gevallen dient al in de analysefase met niet-functionele systeemeisen rekening te worden gehouden.

¹⁵ De term gebruikersfuncties of gebruikersscenario's wordt als vrije vertaling gehanteerd voor de Engelse term 'use cases' (NGGO 1994). Vanwege het veelvuldig gebruik van de Engelse term 'use case' zal deze term verder gehanteerd worden.

¹⁶ Het gebruik van use cases als leidraad in gehele proces van objectgeoriënteerde systeemontwikkeling, zoals uiteengezet in de OOSE-methode van Jacobson *et al.* (1992), wordt niet gepropageerd - en zelfs afgewezen - bij gebruik in relatie tot OMT (Rumbaugh 1994a). Een systeem geheel ontwikkeld op basis van use cases is daarmee gebaseerd op functionele decompositie en verschilt weinig van conventionele

use cases wordt overigens in toenemende mate geaccepteerd als methode om potentiële objecten, klassen en operaties te identificeren¹⁷ (Booch *et al.* 1998; Jacobson en Christerson 1995; Rumbaugh 1994a; 1996).

Bij *domeinanalyse* worden niet zozeer de functies van het systeem, maar de objecten - en hun attributvariabelen en operaties - in het probleemdomein beschouwd. Het resulterende objectmodel staat eigenlijk los van de systeemfuncties, die de functionele decompositie heeft opgeleverd; de functionele decompositie bepaalt de volgorde waarin de onderscheiden objecten hun operaties uitvoeren. Om tot een objectmodel te komen wordt in de fase van conceptualisatie domeinanalyse gepropageerd. Domeinanalyse is de sleutel tot hergebruik. Bij domeinanalyse gaat het om het vinden van een raamwerk, waarbinnen de duurzame ontwikkeling van soortgelijke - applicaties kan plaatsvinden.

Domeinanalyse staat aan de basis van de objectmodellering van het probleemdomein. Domeinanalyse heeft naast een functie voor de bovengenoemde modellering van het probleemdomein, eveneens een evidente functie voor het creëren van generieke componenten of bouwstenen voor hergebruik in soortgelijke systemen en applicaties. In deze context wordt domeinanalyse beschouwd als een meer - abstracte - activiteit, die plaats vindt tijdens conceptualisatie en vooraf gaat aan objectmodellering. Zoals in para-graaf 5.2.1 is opgemerkt, kenmerkt de objectgeoriënteerde systeemontwikkeling zich door de nauwe semantische relaties tussen objecten in de werkelijkheid en de objecten van het te ontwikkelen systeem. In objectgeoriënteerde systeemontwikkeling krijgen de gehanteerde begrippen uit de functionele omschrijving direct betekenis. Met behulp van taalanalyse¹⁸ is het mogelijk vanuit probleemomschrijving een vertaling te maken naar de objecten van het te ontwikkelen systeem. Het uiteindelijke resultaat van deze conceptualisatiefase is een verzameling use cases voor de functionele aspecten en een analyse van het probleemdomein van-uit het perspectief van hergebruik. Dit laatste wordt aangeduid met domeinmodellering. Domeinmodellering brengt de werkelijkheid van het systeem - het probleemdomein - in onderlinge samenhang in beeld. Een domeinmodel bestaat nog geheel onafhankelijk van de functionele eisen, die aan het systeem gesteld worden. De functionele systeemeisen worden pas later in het proces aan het objectmodel toegevoegd in de vorm van de voorwaarden en volgorde, waarin de gedefinieerde operaties in het objectmodel moeten worden uitgevoerd.

Gedurende de *analysefase* wordt een conceptueel model van de werkelijkheid gecreëerd en staat de specificatie van de relevante elementen uit het probleemdomein centraal. Aan de hand van de functionele omschrijving van het te ontwikkelen systeem met gebruikersfuncties wordt gekomen tot een accurate beschrijving van wat het systeem doet. Kortom, gedurende de conceptualisatie- en analysefase wordt een beeld van het probleemdomein geschetst zonder enige verwijzing naar de implementatie. Daarbij wordt informatie over verschillende aspecten van het probleemdomein verwerkt, waaronder de probleemomschrijving, de systeemeisen, algemene kennis en eventueel beschikbare analyseresultaten van gelijksoortige probleemdomeinen. De analyse-fase is het begin van de OMT-specificatie, die in iedere fase van het ontwikkelingsproces verder aangepast en verfijnd wordt. Daarmee dient de analysespecificatie tevens als instrument om de voortgang van het ontwikkelingsproces te documenteren.

De output van de analysefase is een beschrijving van het objectmodel en een bijbehorende gegevenswoordenboek, die alle klassen in het systeem beschrijft. Het analysedocument zal aangepast worden tijdens de volgende fasen van systeemontwikkeling. De *domeinmodellen* in de analysefase zijn zowel voor domeinexperts als ontwikkelaars toegankelijk. Het ontwerpproces volgens OMT bestaat uit twee fasen: de fase van systeemontwerp en de fase van objectontwerp. In de fase van *systeemontwerp* worden alle niet-functionele eisen vastgesteld. Voorts wordt de architectuur van het toekomstige systeem uiteengezet; op systeemniveau wordt een passend ontwerp gemaakt van subsystemen en hun relaties. De ontwerpfase kenmerkt zich

benaderingen die ook op functionele decompositie zijn gebaseerd. Een objectgeoriënteerd systeem, dat alleen op basis van functionele systeemeisen is ontwikkeld, loopt het gevaar onvoldoende flexibel en aanpasbaar te zijn. Ook hergebruik van componenten van het systeem kan van-wege het specifieke functionele karakter problemen opleveren. Daarmee gaan de belangrijkste beoogde voordelen van een objectgeoriënteerde aanpak verloren.

¹⁷ Naast het identificeren van objecten en hun relaties zijn use cases te gebruiken bij het identificeren van de systeemeisen, het exact definiëren van communicatie tussen objecten (zoals scenario's) en het testen van het systeem.

¹⁸ Bij natuurlijke taalanalyse of grammaticale inspectie worden - in het algemeen - aan de hand van een accurate beschrijving van de gebruikerswensen de objecten en operaties via respectievelijk de zelfstandige naamwoorden en werkwoorden uit de probleemomschrijving gefiltreerd. Grammaticale analyse is sterk gericht op het gestructureerd beschrijven van het communicatieproces tussen gebruiker(s), ontwikkelaar(s) en het systeem en vereist een zeer gestructureerde uitvoering (zie bijvoorbeeld Kristen 1993). Het filteren van objecten, hun attributeigenschappen en operaties uit de natuurlijke taal veronderstelt een eenduidige grammaticale weergave van de gebruikerswensen.

door het specificeren van de subsystemen op basis van de analyse en de verwachte architectuur. Deze fase heeft een ontwerpdocument als resultaat. Net als het analysedocument is het systeemontwerpdocument aan verandering onderhevig gedurende het vervolg van het ontwikkelingsproces.

Vervolgens worden gedurende het proces van *objectontwerp* de twee modellen van het probleemdomein - het resultaat van de analysefase - in het licht van de implementatie bezien. Gedurende de fase van het objectontwerp wordt de volledige definitie van objecten, klassen, interfaces, associaties en operaties ontwikkeld en in detail ingevuld. In deze fase vindt de overgang plaats van domeinconcepten naar applicatie- of computerdomeinconcepten. Vandaar dat de modellen worden aangeduid met applicatiemodellen. Allereerst worden het objectmodel en dynamisch model omgezet naar een applicatiemodel. Daarna wordt het functioneel model ontworpen. Het functioneel model vormt de invulling van de operaties en vloeit voort uit de use cases en het dynamisch domeinmodel¹⁹. Voor iedere operatie wordt een operatiespecificatie²⁰ gemaakt. De verzameling operatiespecificaties wordt aangeduid met het functionele applicatiemodel. Het bij deze fase horende document beschrijft het systeem in detail.

Er worden daarvoor beslissingen genomen ten aanzien van de inbedding van de probleemdomeinspecifieke objecten in objecten, die implementatie in de computer mogelijk maken. Daarvoor worden gegevensstructuren en algoritmen beschreven, die noodzakelijk zijn voor efficiënte implementatie van de onderscheiden objecten en operaties. Zowel de probleemdomeinspecifieke als implementatiespecifieke objecten worden in onderlinge samenhang beschreven. Bij implementatie worden regels in acht genomen ongeacht of implementatie op een objectgeoriënteerde wijze plaatsvindt. Rumbaugh *et al.* (1991) groeperen de regels voor een objectgeoriënteerde implementatie in vier categorieën; hergebruik, gebruik van overerving, uitbreidbaarheid en de mate van robuust formuleren. Belangrijk in deze laatste fase van het proces van systeemontwikkeling is de verdere inbedding van applicatieobjecten in implementatieobjecten en gebruikersinterfaceobjecten. In OMT is het mogelijk de applicatie- en implementatieobjecten in de objectmodellen op te nemen. Tenslotte worden de onderscheiden objecten - of beter gezegd klassen - geïmplementeerd in de computer met behulp van een (objectgeoriënteerde) programmeertaal of DBMS. Bij *implementatie* of coderen spelen zogenaamde klassenbibliotheken een belangrijke rol. Een klassenbibliotheek is een generieke bibliotheek van een leverancier, die de ontwikkelaar direct kan aanwenden voor gebruik. Naast generieke klassen voor het ontwikkelen van grafische gebruikersinterfaces hebben klassenbibliotheken betrekking op implementatieklassen. Daarmee kunnen drie typen objecten worden onderscheiden (naar Rumbaugh *et al.* 1991):

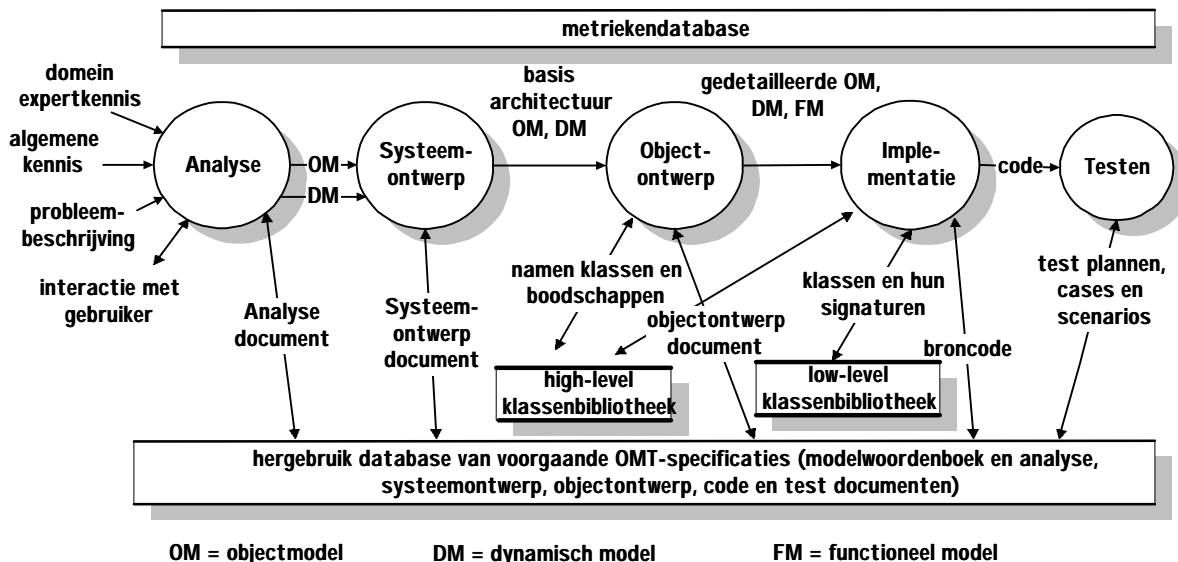
1. domeinobjecten, die het probleemdomein representeren;
2. applicatieobjecten; alle objecten zichtbaar voor de gebruiker, ook wel aangeduid met gebruikersinterface-objecten;
3. gebruiksobjecten of implementatieobjecten zijn generieke klassen van de klassenbibliotheek van de leverancier.

De typen objecten zijn niet in alle fasen van systeemontwikkeling even belangrijk. De analysefase wordt getypeerd door een statische en dynamische beschrijving van het probleem- of applicatiedomein en het gebruik van zogenaamde domeinobjecten. De applicatieobjecten worden in de analysefase 'boven' op de domeinobjecten gelegd. De gebruiksobjecten worden aangewend voor de implementatie. Objecten van belang voor implementatie, vaak objecten uit het computerdomein, spelen in de analysefase een

¹⁹ In de originele OMT-methode (Rumbaugh *et al.* 1991) wordt het functionele model - net als het object- en dynamisch model - al tijdens de analysefase beschreven. Door het gebruik van de vrij abstracte gebruikersfuncties is het functionele model, dat een zeer concrete invulling heeft, in Rumbaugh (1995b) verplaatst naar de fase van objectontwerp. Het functioneel model - en de positie in het OMT-proces - is sterk aan verandering onderhevig geweest. In Rumbaugh *et al.* (1991) bestaat het functioneel model uit (een verzameling) dataflowdiagrammen, die in de analysefase naast en als logisch gevolg op het objectmodel en dynamische model worden ontwikkeld. Gezien de sterke overeenkomst van - het gebruik van - dataflowdiagrammen met de tussenmodellen uit het dynamisch model wordt het gebruik van dataflowdiagrammen niet (meer) gepropageerd (zie Rumbaugh 1995b; Warmer en Kleppe 1996). Tevens is vanwege de rol van use cases in het OMT-proces, die een meer globale functionele beschrijving van het systeem geven, de positie van het functionele model in het proces gewijzigd. Rumbaugh (1995b) heeft het functioneel model daarbij in de in de ontwerpfase geplaatst, waardoor de rol van het functioneel model - het specificeren van de operaties in het systeem - beter tot zijn recht komt. De oorspronkelijk door Rumbaugh *et al.* (1991) gepropageerde dataflowdiagrammen zijn achtereen-volgens door specifieke objectgeoriënteerde dataflowdiagrammen vervangen (Rumbaugh 1995b), maar uiteindelijk toch niet gepropageerd (Rumbaugh 1996). Naast objectgeoriënteerde dataflowdiagrammen heeft Rumbaugh object interactiediagrammen uit de Fusion-methode van Coleman *et al.* (1994) geadopteerd. Deze object-interactiediagrammen vertonen echter sterke overeenkomsten met de eventtracings-diagrammen, zodat ze nauwelijks meer inzicht bieden in het systeem (Warmer en Kleppe 1996).

²⁰ Warmer en Kleppe (1996) propageren het gebruik van operatiespecificaties. Een operatiespecificatie bestaat - vergelijkbaar met de beschrijving van gebruikersfuncties - uit een gestructureerde omschrijving van een operatie aan de hand van een naam, de parameter(s), een beschrijving, de gebruikte en te veranderen objecten, aannames, het resultaat en eventueel pseudocode.

ondergeschikte rol. De objecten uit het probleemdomein staan in deze studie (dan ook) centraal. Iedere fase van het proces van systeemontwikkeling volgens OMT heeft een bepaalde input en een bepaalde output. Het proces start op een hoog abstractieniveau en voegt steeds meer detail toe. In figuur 5.3 zijn de inputs en outputs van de verschillende fasen in het OMT-proces naast elkaar geplaatst. De cirkels in figuur 5.3 representeren de transformaties met de bijbehorende input en output. De producten - het gegevenswoordenboek en diverse documenten - worden in een database opgenomen en zijn daarmee voor hergebruik en modificatie toegankelijk. Dit wordt ook wel aangeduid met 'modelgebaseerd onderhoud' (zie Rours en Veltman 1996). Daarnaast is een zogenaamde metriekendatabase opgenomen. Met een metriekendatabase kan het proces van systeemontwikkeling worden gepland en bewaakt via de relevante stuurfactoren, zoals tijd, inzet, mankracht, et cetera. Metrieken



Figuur 5.3 Input en output van systeemontwikkeling volgens OMT (naar Derr 1995)

worden in de vorm van univariate statistieken betreffende objectstructuur en gedrag bewaard; metrieken kwantificeren de kwaliteit en complexiteit van het systeem, zodat het proces van systeemontwikkeling beter kan worden (bij)gestuurd voor onderhoud en aanpassing (zie verder Graham 1995). Een belangrijk element in het gehele proces van ontwerp tot implementatie en testen is de terugkoppeling naar voorgaande fasen. Een iteratief cyclische wijze van systeemontwikkeling is daarbij zeer geschikt voor de 'analyze a little, design a little, code a little, test a little'-aanpak. OMT ondersteunt deze wijze van iteratieve en adaptieve systeemontwikkeling, waarin in een serie korte stappen met voortdurende feedback naar de gebruiker delen van het systeem worden ontwikkeld (zie paragraaf 4.4.2). Deze incrementele en/of evolutionaire ontwikkeling²¹ en aanpakken gebaseerd op prototyping vinden daardoor ondersteuning bij OO-systeemontwikkeling.

²¹ Het proces van OO-systeemontwikkeling is iteratief van aard en leent zich bij uitstek voor evolutionaire en/of incrementele ontwikkeling (Van Hillegersberg 1997). Bij evolutionair ontwikkelen wordt eerst de complete functionaliteit van het systeem ontwikkeld; via iteratie wordt de functionaliteit aangepast totdat het aan alle eisen voldoet. Incrementele ontwikkeling betekent, dat systeemontwikkeling plaatsvindt door het ontwikkeltraject telkens voor een deel van het systeem te doorlopen waarbij in elk traject een stukje functionaliteit (de incrementen) wordt toegevoegd. Zo wordt het systeem opgebouwd uit incrementen, waardoor het gehele ontwikkelingsproces overzichtelijk wordt. Bij objectgeoriënteerde systeemontwikkeling worden de incrementen gevormd door objecten, die relatief goed onderhoudbaar zijn, dat wil zeggen te wijzigen (aanpassen, verwijderen of uitbreiden). Prototyping biedt mogelijkheden om al vroeg in het proces van systeemontwikkeling de functionele specificaties boven water te krijgen en om een gebruikersinterface te bouwen en te testen. Er worden diverse vormen van prototyping onderscheiden, zoals exploratieve, experimentele en evolutionaire prototyping. Tevens wordt veelal slechts een deel van een systeem geprototypeerd, zoals de functionele aspecten van het systeem, de technische aspecten (bijvoorbeeld performance van het systeem) of de gebruikersinterface.

5.4 Objectoriëntatie en geografische informatiesystemen

5.4.1 Objectgeoriënteerd GIS; invalshoeken

De objectgeoriënteerde aanpak manifesteert zich in het bijzonder bij de ontwikkeling van informatiesystemen, die zich kenmerken door een complexe gegevensstructuur en de behoefte aan versiebeheer en transactiemangement, waaronder CAD, multimediasystemen, document informatiesystemen, CASE en GIS. Ondanks het feit, dat de objectgeoriënteerde benadering al sinds enige jaren een belangrijke plaats inneemt bij systeemontwikkeling, is een beperkt aantal beschouwingen verschenen, waarin specifiek de aandacht voor geografische toepassingen centraal staat (Worboys 1994). Tegelijkertijd kan worden geconstateerd, dat in toenemende mate - te pas en te onpas - gebruik is/wordt gemaakt van objectoriëntatie en object-georiënteerdheid als aanduiding voor generieke GIS-applicaties op de GIS-markt (Chance *et al.* 1990; Batty 1993b). Om enige helderheid te scheppen in deze materie is het eerst zinvol een afbakening van het fenomeen *objectgeoriënteerd GIS* te bewerk-stelligen. De vraag 'Wat is een objectgeoriënteerd GIS?' is echter niet eenduidig te beantwoorden. Batty (1993b) geeft enkele richtlijnen: de aanwezigheid van een objectgericht - en een niet-geometriegericht - gegevensmodel, het gebruik van een

OO-programmeertaal met mechanismen voor inkapseling, overerving en polymorfisme of de aanwezigheid van een bibliotheek met standaardklassen, die door de ontwikkelaar uitgebreid kan worden. In plaats van hier een fundamentele discussie te voeren omtrent de aanwezigheid van principes van objectoriëntatie voor het ontwikkelen van objectgeoriënteerde GIS-applicaties, is het zinnvoller de bovengenoemde 'richtlijnen' nader te beschouwen. Het gebruik van objectgeoriënteerde concepten voor de ontwikkeling van GIS-applicaties wordt veelal vanuit drie invalshoeken gezien (Hendriks 1992): objectgeoriënteerde modellering, objectgeoriënteerde database managementsystemen en objectgeoriënteerde programmeertalen. De drie benaderingen zijn vanzelf-sprekend nauw aan elkaar gerelateerd. De drie benaderingen worden aan de hand van opgedane ervaringen - verkregen via een beperkte literatuurverkenning - in de volgende (sub)paragrafen nader beschouwd.

5.4.2 GIS en objectgeoriënteerd modelleren

Objectoriëntatie sluit nauw aan bij de wijze waarop individuen de (geografische) werkelijkheid ervaren. Nyerges (1991) bespreekt de abstractiemechanismen voor geografische gegevensmodellering en onderscheidt de vier eerder genoemde structu-rele eigenschappen van objecten, te weten classificatie, generalisatie, aggregatie en associatie als belangrijke concepten voor geografische abstractie. Op deze vier abstractiemechanismen is tevens de objectgeoriënteerde modellering gebaseerd (zie para-graaf 5.2.1). Bij objectmodellering gaat het om de specificatie van ruimtelijke gegevensmodellen voor de ontwikkeling van GIS-applicaties. Er is tot dusverre relatief weinig bekend over het gebruik van OO-modellering (analyse en ontwerp). Dit is eigenlijk niet vreemd gezien het feit, dat objectgeoriënteerd modelleren in het algemeen in de praktijk nog relatief weinig wordt toegepast (NGGO 1994). Daarbij valt op, dat objectgeoriënteerde modellering voor GIS-applicaties zich voornamelijk beperkt tot de statische representatie, waarbij de ontwikkeling van klassenhiërarchieën voor ruimtelijke objecten centraal staat, zoals in Alagic en Galic (1990), Clementini en Di Felici (1990), Gupta *et al.* (1991), Manguenaid (1995), Province of British Columbia (1995), Sneider (1994), Tang *et al.* (1996), Webster en Omare (1994b), Worboys (1992) en Worboys *et al.* (1990). Het is op-vallend, dat de dynamische aspecten van objectgeoriënteerde gegevensmodellering nauwelijks aanbod komen. Hendriks (1992) betoogt, dat met name in de dynamische aspecten van de objectgeoriënteerde gegevensmodellering perspectieven liggen om de gevraagde flexibiliteit voor het ontwikkelen van beslissingsondersteunende systemen te kunnen realiseren (zie ook paragraaf 4.4.2).

In de context van objectmodellen en geografische informatiesystemen kan een aantal ontwikkelingen op het terrein van stand-aardisatie in de IT-wereld niet over het hoofd worden gezien. Naast enkele belangrijke initiatieven uit de conventionele database-industrie zijn recentelijk initiatieven vermeldenswaardig, die specifiek betrekking hebben op standaardisatie betreffende ruimtelijke objectmodellen. Standaardisatie op het terrein van ruimtelijke objectmodellen is ingegeven door de grote behoefte aan uitwisselingsmogelijkheden van geo-datasets tussen de verschillende generieke GIS-softwareproducten enerzijds en de conven-tionele generieke DBMS, spreadsheets, tekstverwerking en desktop publishing applicaties anderzijds. In paragraaf 6.5 zal in de context van Open GIS nader worden ingegaan op enkele recente ontwikkelingen met betrekking tot enkele standaardisatie-initiatieven op het gebied van GIS en objectgeoriënteerde gegevensmodellen.

5.4.3 GIS en objectgeoriënteerde database managementsystemen

Objectgeoriënteerde database managementsystemen - kortweg O(OD)BMS - worden gehanteerd voor de persistente opslag van objecten en de ter beschikkingstelling van de attributgegevens van de objecten. Persistente opslag van objecten kan grofweg op drieërlei wijzen plaatsvinden: via O(OD)BMS, via bestanden en/of via een datastructuur in het tijdelijk geheugen van de computer. Het gebruik van een DBMS heeft een aantal belangrijke voordelen. DBMS bieden de vereiste faciliteiten voor versiebeheer en transactiemangement, zoals gedistribueerde opslag, multi-user toegang, integriteitscontrole, concurrentie en beveiliging. O(OD)BMS bieden mogelijkheden voor de opslag, het bewerken, beheren en opvragen van (complexe) objecten. Het illustreren van de rol van O(OD)BMS voor GIS is eenvoudig aan de hand van de beperkingen van de huidige RDBMS te illustreren (zie Egenhofer 1992; Frank 1988). Toch is het huidige aantal voorbeelden van het gebruik van GIS en een O(OD)BMS zeer beperkt. Het gebruik van O(OD)BMS voor de implementatie van GIS-software en GIS-applicaties staat eigenlijk nog in de kinderschoenen. Het zijn vooral de academische onderzoeksomgevingen, die experimenteren met het gebruik van O(OD)BMS voor het ontwikkelen van generieke en specifieke GIS-software²². O(OD)BMS zijn nog niet volledig 'uitontwikkeld' voor groot-schalige implementatie (zie ook paragraaf 3.2.4). In hoofdstuk 3 is reeds aangegeven, dat generieke GIS-applicaties voor de opslag van gegevens overwegend gebruik maken van RDBMS. De toepassing van objectgeoriënteerde principes in DBMS heeft vanuit twee benaderingen invulling gekregen: vanuit de gedachte van uitbreiding van een objectgeoriënteerde programmeertaal met mogelijkheden voor persistente opslag of vanuit de gedachte van het uitbreiden van een veelal relationele DBMS met objectgeoriënteerde eigenschappen. Deze twee benaderingen worden respectievelijk aangeduid met de objectgeoriënteerde en objectrelationele GIS-architecturen (zie paragraaf 3.2.4). Gezien ook de wijdverbreide adoptie van RDBMS is het niet geheel verwonderlijk, dat ook is gekozen voor uitbreiding van richting objectrelationele DBMS²³ (Stonebraker 1995). Om RDBMS toch geschikt te maken voor de opslag van complexe (multimedia) objecten zijn/worden RDBMS uitgebreid met faciliteiten voor het definiëren van ruimtelijke gegevenstypen en indexeringstechnieken voor de opslag en het opvragen van complexe ruimtelijk gegevens²⁴. De architecturen van deze - min of meer - objectrelationele DBMS verschillen (zie Stonebraker 1997a; 1997b). Deze ontwikkeling vormt wellicht de overgangsfase tussen het gebruik van de (object) relationele en objectgeoriënteerde databases en bijbehorende O(OD)BMS, die op termijn voor de persistente opslag van geo-objecten zullen gaan zorgen.

²² Egenhofer *et al.* (1987) beschrijven een topologisch gegevensmodel, dat geïmplementeerd is in een OODBMS, genaamd PANDA (zie ook Frank 1988). Milne *et al.* (1993) hebben het gegevensmodel van de Amerikaanse ruimtelijke gegevensstandaard Spatial Data Transfer Structure (SDTS) in het op de markt verkrijgbare OODBMS ONTOS geïmplementeerd. Een implementatie van GIS-functionaliteit in ONTOS is eveneens aan te treffen in Bode *et al.* (1994). Wiegand en Adams (1994) illustreren de persistente opslag van objecten in geografische toepassingen in het OODBMS O+ + . Clementini *et al.* (1993) demonstreren het gebruik van het op-de-markt-verkrijgbare OODBMS O₂ voor de opslag van geo-objecten (zie ook Mainguenaid 1995). Scholl en Voisard (1992) illustreren de implementatie van een ruimtelijke opvraagtaal in O₂. Ook David *et al.* (1993) presenteren een OOGIS op basis van het OODBMS O₂. Het resulterende G₂O₂ systeem heeft drie niveaus in de ruimtelijke klassenhierarchie: spaghetti, netwerk en topologie. Roussilhe en Peloux (1996) beschrijven de ontwikkeling van OO-opvraagtaal voor het G₂O₂ systeem.

²³ Een voorbeeld is GEO+ + , dat op basis van het uitgebreide DBMS Postgres is ontwikkeld (Van Oosterom 1993; Van Oosterom en Vijlbrief 1991). Ook SIRO-DBMS is een uitgebreid DBMS met GIS-functionaliteit (Abel 1989), evenals TIGRIS-DYNAMO (Herring 1992) en Magnum (Wilschut *et al.* 1997). De Spatial Data Engine - kortweg SDE - geeft de applicatieontwikkelaar via een Applicatie Programming Interface - bijvoorbeeld C - toegang tot geo-datasets via - voor de applicatieontwikkelaar onzichtbare - RDBMS, die is uitgebreid met zeven ruimtelijke object typen (Esri 1995). Ook de uitgebreide DBMS CA-OpenIngres en Oracle zijn voor deze doeleinden uitgebreid met respectievelijk een Spatial Object Library (Van Oosterom en Lemmen 1996) en de Spatial Data Option/Spatial Cartridge (Herring 1996).

²⁴ SQL3/MM (SQL MultiMedia and Application Packages), dat wordt ontwikkeld onder toezicht van de International Organization for Standardization (ISO), besteedt volop aandacht aan een standaard opvraagtaal voor complexe gegevens, zoals geometrische gegevens, foto's, video en geluid. De huidige standaard - sinds 1995 - is de International Standard Database Language SQL, ook bekend als SQL/92 of SQL2 (zie Cannan en Otten 1996). Het beheer van ruimtelijke objecten in databases is door het ISO Technical Committee Geographic Information and Geomatics (ISO/TC 211/WG1) uiteengezet in SQL3/MM. Dit is de opvolger van SQL/92, waarin eveneens objectgeoriënteerde principes zijn opgenomen, die het mogelijk maken om ruimtelijke objecten en operaties te definiëren. Daarmee biedt de standaard relationele vraagtaal in zijn toekomstige - herziene - vorm mogelijkheden om abstracte datatypen voor ruimtelijke objecten op te slaan en op te vragen (Cannan en Otten 1996). Dobson (1998) geeft daarbij aan, dat OMT en/of UML worden gehanteerd om standaard modellering voor het geografische informatiesystemen volgens ISO/TC211/WG1 in de toekomst mogelijk te maken.

5.4.4 GIS en objectgeoriënteerde programmeertalen

Vanuit de programmeertalen wordt met name het hergebruik van code gezien als een manier om sneller wijzigingen/ aanpassingen en uitbreidingen van bestaande systemen door te voeren. In paragraaf 5.2.2 is erop gewezen, dat de OO-principes overerving, inkapseling en veelvormigheid op het niveau van de implementatie grote voordelen opleveren ten opzichte van de conventionele wijzen van coderen of programmeren. Deze voordelen zijn vanzelfsprekend ook van toepassing bij de implementatie van GIS-applicaties. Als zodanig heeft objectgeoriënteerd programmeren voor de gebruiker als voordeel, dat applicatie-ontwikkeling - vernieuwing, aanpassing en uitbreiding - efficiënter kan plaatsvinden, onder andere ook vanwege hergebruik van objecten uit generieke klassenbibliotheken²⁵. Het gebruik van conventionele OO-talen biedt op het eerste gezicht aanzienlijke mogelijkheden voor flexibele systeemontwikkeling. OO-talen bezitten echter - in veel gevallen - geen ruimtelijke klassen en operaties, zodat de bouwers een extra inspanning dienen te verrichten om ruimtelijke klassen en functies te programmeren.

In deze context mag verwacht worden, dat in de nabije toekomst klassenbibliotheken met ruimtelijke objecten en klassen voor het bouwen van GIS-applicaties op de markt ter beschikking komen, zoals bijvoorbeeld de SAIF-toolkit in C++ (Province of British Columbia 1995) en Visual Companion van Object|FX Corporation voor Smalltalk (Object|FX 1997).

Naast het gebruik van conventionele OO-talen, zoals C++ en Smalltalk, zijn gebruikers van generieke GIS-software - sinds kort - in staat de ontwikkeling van specifieke GIS-applicaties ter hand te nemen met specifieke object-georiënteerde GIS-ontwikkeltalen. Deze programmeertalen bestaan uit bibliotheken met een vaste set van ruimtelijke en gebruikersinterface-objecten en een eigen 'compiler' voor omzetting van de code naar machinetaal²⁶. De op de markt verkrijgbare GIS-ontwikkeltalen zijn afkomstig van GIS-leveranciers en hebben als grote voordeel, dat ze specifiek voor het ontwikkelen van specifieke GIS-applicaties ontworpen zijn. Dit betekent, dat de basale ruimtelijke klassen en geometrische operaties voor de applicatie-ontwikkelaar aanwezig zijn, veelal in combinatie met functies voor het ontwikkelen van (geo)grafische gebruikersinterfaces. Tegelijkertijd leggen deze ontwikkelomgevingen beperkingen op aan de applicatiebouwer(s). Het is de applicatieprogrammeur slechts mogelijk de beschikbare objecten en klassen te gebruiken. Het aanpassen of uitbreiden van het ruimtelijk gegevensmodel met zelfgedefinieerde objecten en klassen en het toevoegen en ontwikkelen van nieuwe operaties is binnen deze ontwikkelomgevingen niet mogelijk. Hierdoor verliezen dergelijke ontwikkelomgevingen (een belangrijk deel van) hun flexibiliteit²⁷. Een ontwikkeling, die in deze context niet over het hoofd mag worden gezien, is de opkomst van objecttechnologie in de context van Open GIS.

5.5 Van monolithische naar open GIS-applicaties

5.5.1 De noodzaak voor open GIS-applicaties

GIS-applicaties kenmerken zich vanwege het integrerende karakter door de verwerking van een grote hoeveelheid en diversiteit aan attribootgegevens over zeer uiteenlopende geo-objecten. Voor de opslag en uitwisseling van deze gegevens zijn in veel (grote) organisaties diverse - gedistribueerde - databases in gebruik en op uiteenlopende computerplatforms. Dit betekent,

²⁵ Zo illustreert Roetzheim (1992) in een primer voor de OO-taal C++ de ontwikkeling van een eenvoudige GIS-applicatie Tracker. In Laffra (1992) en Van Oosterom (1993) wordt de implementatie van een GIS met de OO-taal PROCOL geïllustreerd. Zhan en Battenfield (1995) illustreren het gebruik van de OO-taal CLIPS voor de implementatie van een objectgeoriënteerde bibliotheek van cartografische objecten (zie ook Frank en Egenhofer 1992). Ook voor de implementatie van modellen in GIS zijn OO-talen hanteerbaar. Zo hanteren Armstrong *et al.* (1989) Smalltalk voor de implementatie van locatie-allocatie modellen en ontwikkelde Ralston (1994) een model voor generieke klassen voor lineaire programmering met behulp van C++.

²⁶ Voorbeelden van GIS-ontwikkeltalen, die in de vorm van Application Programming Interfaces (API's) worden gebruikt, zijn Magik van Smallworld (Chance *et al.* z.j.), Avenue van Esri (Esri 1994) en Gothic van Laser-Scan (Woodsford 1995). In sommige gevallen maakt een CASE-tool deel uit van een dergelijke ontwikkeltaal, waardoor van een geïntegreerde ontwikkelomgeving wordt gesproken (Chance *et al.* z.j.).

²⁷ Een deel van de beperkingen van dergelijke omgevingen wordt ondervangen door de mogelijkheid om dergelijke GIS-ontwikkeltalen met behulp van een API te gebruiken en via standaardprotocollen - zoals DLL, ODBC, RPC - objecten ontwikkeld met andere OO-talen aan te roepen. Hier komt de complementariteit met de andere benaderingen naar voren.

dat databases op verschillende fysieke locaties binnen en buiten organisaties aanwezig zijn en beheerd worden. Via een computernetwerk en de bijbehorende communicatie-infrastructuur zijn de databases toegankelijk voor de (eind)gebruikers. Zelfs het kunnen aansluiten op externe gegevensbronnen van andere organisaties of bedrijven - bijvoorbeeld gegevensmakelaars - zal in toenemende mate in het informatietijdperk plaats gaan vinden. Het op transparante wijze toegankelijk krijgen van een veelheid aan heterogene gegevens - de 'data sharing' - is voor iedere organisatie essentieel. Het op transparante wijze toegankelijk maken van gegevens vereist *applicatie-integratie*. Zonder dat de eindgebruiker het merkt worden uiteenlopende applicaties - zowel nieuwe als traditionele - geïntegreerd en op eenduidige wijze gepresenteerd naar de eindgebruiker toe. De informatietechnologie om de gewenste gegevensuitwisseling, -integratie en toegankelijkheid in dergelijke heterogene omgevingen mogelijk te maken vereist in toenemende mate afstemming en integratie van hardware- en softwaresystemen. Dit betekent, dat dergelijke om-gevingen steeds meer in interactie en communicatie met de buitenwereld moeten kunnen staan. Om interactie en communicatie mogelijk te maken moeten deze systemen open zijn. Open systemen - een reactie op het tijdperk van gesloten systemen²⁸ - zorgen ervoor dat gezamenlijk gegevensgebruik en applicatie-integratie mogelijk wordt. Interoperabiliteit, schaalbaarheid en portabiliteit zijn de onderliggende concepten om open applicaties te creëren en kennen diverse verschijningsvormen (zie Vreven 1994). *Interoperabiliteit* zorgt ervoor, dat applicaties ongeacht de gebruikte apparatuur/besturingssysteem en hun fysieke locatie kunnen interacteren. *Schaalbaarheid* betekent, dat een applicatie op een klein systeem moet kunnen doorgroeien tot een implementatie op een heel groot systeem. *Portabiliteit* houdt in, dat applicaties zonder wezenlijke veranderingen overdraagbaar zijn naar diverse andere computerplatforms. Om open systemen te kunnen realiseren, zijn/worden afspraken gemaakt tussen de diverse hardware- en softwareleveranciers in de IT-industrie. Deze afspraken worden vastgelegd in zogenaamde *standaarden*. Via standaardisatie wordt het mogelijk een open systeemomgeving te creëren, zodat gezamenlijk gegevensgebruik, -uitwisseling en de toegankelijkheid van gegevens kan worden vergroot, zodat de eindgebruiker zich kan richten op de primaire bedrijfsprocessen.

De ontwikkelingen op het terrein van open systemen spelen bij de objectgeoriënteerde ontwikkeling en het gebruik van GIS-applicaties een essentiële rol. Producenten van generieke en specifieke GIS-applicaties zoeken aansluiting bij de gangbare standaarden voor open systemen in de traditionele IT-industrie. In het groeitraject en de levenscyclus van generieke en specifieke GIS-applicaties is een volledige integratie en beheersing in een organisatorische IT-context een logisch gevolg en tegelijkertijd een noodzaak voor de verdere adoptie en het concernbrede gebruik van GIS (Grothe en Scholten 1996). Voor de ontwikkeling van open GIS-applicaties worden de standaarden op het terrein van software, hardware, communicatienetwerken in de traditionele IT-industrie gehanteerd in relatie tot de standaarden voor de uitwisseling en integratie van geo-informatie. Dit heeft alles te maken met het feit, dat de complexe geodatasets uitwisselbaar dienen te zijn tussen generieke en specifieke GIS-applicaties van uiteenlopende producenten en leveranciers. Generieke GIS-applicaties bezitten - in veel gevallen - een gesloten karakter (zie paragraaf 3.4.3). Dat betekent, dat de interne gegevensstructuren van het systeem niet bekend zijn. Toegang tot de interne gegevensstructuur, bijvoorbeeld voor een efficiënte inbedding van modellen, is niet mogelijk, hetgeen een efficiënte, hechte koppeling uitsluit. Via gegevensconversie is het dan mogelijk externe gegevens - vaak via een intermediair gegevensformaat - naar het leverancier specifieke formaat om te zetten, zodat gegevens met andere applicaties uitgewisseld kunnen worden. Door dit gesloten karakter zijn generieke GIS-applicaties veelal *monolithisch* van aard. Dit betekent, dat de lagen in de architectuur van het systeem sterk zijn geïntegreerd via een 'proprietary' gegevensformaat en dat gegevensuitwisseling derhalve via gegevensconversie moet plaatsvinden. Vooral voor interbestuurlijke gegevensuitwisseling is een uniforme gegevensstandaard evident, vanwege het feit dat aan conversie diverse bezwaren kleven en de kwaliteit van geodatasets vergelijkbaar dient te zijn. Om aan deze bezwaren tegemoet te komen zijn diverse initiatieven ontwikkeld voor standaardisatie en zijn tevens *de facto* standaarden ontstaan. Naast uitwisselingsstandaarden voor geodatasets, die reeds langer beschikbaar zijn, zoals in de Verenigde Staten het 'Spatial Data Transfer Specification' (SDTS) en in Europa en Nederland NEN1878, zijn standaarden ontwikkeld met een objectgeoriënteerd karakter. Zo is voor de Canadese overheid het 'Spatial Archive and Interchange Format' (SAIF) ontwikkeld, een objectgeoriënteerd generiek gegevensmodel voor de uitwisseling van geodatasets (Province of British Columbia 1995). Een

²⁸ Gesloten systemen zijn gebaseerd op bedrijfseigen of zogenaamde 'proprietary' specificaties en ontwikkelingen; de producent produceert een geheel eigen omgeving waarbij de uitwisselbaarheid van onderdelen van de omgeving niet direct te realiseren is. De hardware-architectuur, besturingssystemen, de netwerksoftware, de ontwikkelsoftware en verticale applicaties worden naar eigen formaat ontwikkeld en aangeboden. Dit heeft voor veel organisaties geleid tot een variëteit aan applicaties en incompatible hard- en software van meerdere uiteenlopende leveranciers. Via specifieke import- en exportfaciliteiten en gegevensformaten is het mogelijk gegevens uit verschillende applicaties te gebruiken en uitwisseling tot stand te brengen.

gelijksortig initiatief is het Open GIS Consortium (OGC), dat is opgericht in 1995 en bestaat uit een groep bedrijven, overheden en universiteiten. De deelnemers, die vooral generieke GIS-applicaties en gerelateerde producten leveren, hebben in eerste aanleg als doelstelling het ontwikkelen van een uniform geodatamodel, zodat gegevensuitwisseling tussen GIS-software producten voor de gebruiker transparant - zonder enige vorm van conversie en dus gegevensverlies - kan plaatsvinden. De doelstelling van het consortium gaat echter verder dan het ontwikkelen van een standaardformaat voor gegevensuitwisseling voor geo-informatie. De 'Open Geodata Interoperabiliteit Specificatie' - kortweg OGIS - kan worden getypeerd als een open systeem-omgeving voor de ontwikkeling van geografische applicaties, hetgeen wil zeggen dat de ontwikkelde GIS-applicaties onafhankelijk van de onderliggende hardware, besturingssystemen en databases kunnen worden gebruikt in gedistribueerde en heterogene omgevingen. Deze doelstelling tracht het OGC te verwezenlijken door een uniform geodatamodel te ontwikkelen voor geografische gegevens en processen, dat geïmplementeerd kan worden voor de aanwezige gestandaardiseerde open IT- en systeem-omgevingen. Nader inzicht in bovenstaande ontwikkelingen - en de positie van onderhavige studie daarbinnen - is op zijn plaats. Derhalve wordt in de volgende subparagrafen aandacht besteed aan de achtergronden, concepten en ontwikkelingen, die zullen moeten gaan leiden tot open GIS-applicaties. Achtereenvolgens zal aandacht worden besteed aan (markt)ontwikkelingen met betrekking tot open standaarden, objecttechnologie en het OpenGIS geodatamodel van het Open GIS Consortium.

5.5.2 Open standaarden

Ontwikkelingen in de informatietechnologie en applicatieontwikkeling staan - zoals in de vorige paragraaf weergegeven - sterk in het teken van open systemen. De redenen hiervoor zijn in belangrijke mate te vinden in de algemene (toenemende) noodzaak voor open standaarden, die is gelegen in een flexibele IT-organisatie (zie Vreven 1994). Een *open systeem* is volgens de International Organization for Standardization (ISO) "een samenhangend geheel van leveranciersafhankelijke specificaties voor interfaces, services, protocollen en formaten met de mogelijkheden een applicatie of delen daarvan te implementeren op apparatuur van verschillende leveranciers ongeacht de door de leverancier toegepaste apparatuur en het besturingssysteem" (Vreven 1994, pp. 60). Het systeem is daarmee het samenhangend geheel aan logische specificaties en is niet van toepassing op de apparatuur en het besturingssysteem of de applicaties. De specificaties vormen een intermediaire tussenlaag - aangeduid met *middleware* - tussen de applicatie(s) en de apparatuur en besturingssysteem. Bij een open systeem gaat het dus om het los-koppelen van applicatie(s) en de apparatuur en het besturingssysteem via de middleware. Standaardisatie speelt een belangrijke rol in het verkrijgen van open systemen; middleware komt namelijk tot stand via open standaarden. Diverse organisaties, allianties en consortia zijn wereldwijd - met wisselende samenstelling en succes - actief op het gebied van standaardisatie en open standaarden. Naast de officiële kanalen van de standaardisatie-instituten, zoals de International Standards Organization (ISO) en het American National Standards Institute (ANSI), komen standaarden ook via de markt tot stand in de vorm van *de facto* standaarden. In zo'n geval heeft een leverancier een product of liever een productspecificatie, die een zeer wijdverspreide implementatie kent. Deze tweedeling maakt het, dat diverse open standaarden in ontwikkeling zijn (voor een overzicht zie Vreven 1994). Daarbij zijn tevens enkele initiatieven te onderkennen, die expliciet het objectgeoriënteerde paradigma als onderwerp hebben. Op het gebied van objectgeoriënteerde standaardisatie zijn diverse standaarden aanwezig, die van invloed zijn op de ontwikkeling van GIS-applicaties. Diverse initiatieven op het terrein van standaardisatie van (objectgeoriënteerde) systemen kunnen genoemd worden, zoals CORBA, DCE, OpenDoc, OLE/COM en Java (Caspers 1996; OGC 1996). Deze standaards vormen de zogenaamde 'distributed computing platforms' of kortweg DCP. Het bestaan van verschillende DCP's betekent, dat de uitwisselbaarheid van gegevens en applicaties wordt bemoeilijkt. Door standaardisatie is het mogelijk een dergelijke uitwisseling tussen uiteenlopende DCP tot stand te brengen. Standaardisatie krijgt daarbij invulling via specificatie en door implementatie. Het verkrijgen van interoperabiliteit via specificatie betekent, dat wordt ontwikkeld op basis van een vaste set van afspraken. Een dergelijke specificatie bestaat daarbij uit diverse abstractielagen en wordt aangeduid met de term *interface*. De implementatie van een dergelijke abstracte specificatie vindt dan plaats voor een bepaalde DCP.

Standaardisatie van hard- en software is niet direct in het voordeel van de producent. Standaardisatie leidt tot een zekere mate van uniformiteit in producten en maakt consumenten meer onafhankelijk van de producent. Standaardisatie verloopt doorgaans vrij traag. Van echt open systemen is dan ook momenteel geen sprake. Eerder kan gesproken worden van quasi open systemen. Het besturingssysteem Unix is hier een voorbeeld van. Unix is synoniem voor het begrip open systeem. Toch zijn de diverse implementaties van Unix onderling niet uitwisselbaar. Dat wil zeggen applicaties van Unix-implementatie voldoen niet aan de eis van (binaire) portabiliteit. Daarnaast wordt de term door leveranciers van RDBMS en generieke ontwikkeltaalen - vooral 4GL-talen -

gehanteerd. Door hun beschikbaarheid op uiteenlopende platforms is het relatief makkelijk applicaties te ontwikkelen voor uiteenlopende platforms en omgevingen. De portabiliteit krijgt invulling door de mogelijkheid om de broncode in een andere omgeving te compileren zonder noemenswaardige inspanning. Interoperabiliteit krijgt invulling door de mogelijkheid uiteenlopende gegevensbronnen te kunnen aanroepen, bijvoorbeeld via de *de facto* standaard ODBC. Daarmee bieden de huidige quasi open systemen mogelijkheden om interoperabiliteit, schaalbaarheid en portabiliteit op uiteenlopende wijze te verwezenlijken. Inmiddels is de zogenaamde 'hardware lock in' vervangen door een 'software lock in'. Een uitzondering op deze regel is de programmeertaal Java (Sun Microsystems 1996), dat platformonafhankelijk is, dat wil zeggen eenzelfde Java-applicatie draait op ieder willekeurig computerplatform.

De systeembenadering zoals in deze paragraaf geschetst is één van de mogelijke blikvelden op de huidige informatietechnologie. Naast de systeembenadering kan de huidige IT vanuit diverse andere blikvelden worden gezien, zoals vanuit de hardware, de software, de processen, de applicaties, de evolutie, et cetera. Een belangrijk overkoepelend concept voor de diverse blikvelden, dat al enige jaren sterk in de aandacht staat is het *client/server* concept. Client/Server - kortweg C/S - wordt beschouwd als proces- en communicatiemodel (Bijl 1996). Het model bestaat uit processen met deeltaken, die tezamen een bepaalde functie - ook wel dienst of service genoemd - uitvoeren. Een clientproces vraagt daarbij een ander proces - veelal een serverproces - om een bepaalde deeltaak²⁹ uit te voeren; de client vraagt en de server draait. Het toepassen van C/S betekent, dat taken verdeeld worden, specialisatie optreedt en coördinatie - of communicatie - vereist is tussen de client en server. Client-server technologie bestaat reeds enige tijd, maar heeft pas recentelijk meer eenduidige verschijningsvormen gekregen, zoals gedistribueerde objecten en Internet³⁰ (Bijl 1996).

Het standaardisatie-initiatief van het OGC is sterk gebaseerd op C/S-technologie en in het bijzonder systeemontwikkeling met gedistribueerde objecten (OGC 1996). In paragraaf 5.5.4 wordt de Open Geodata Interoperabiliteit Specificatie van het OGC (1996) nader geïntroduceerd, zijnde de interface voor de implementatie van open GIS-applicaties. Alvorens daartoe over te gaan wordt aandacht besteed aan het applicatiemodel van de C/S-technologie en systeemontwikkeling met behulp van gedistribueerde objecten.

5.5.3 De technologie van gedistribueerde objecten

Gedistribueerde objecten of *objecttechnologie* is een verschijningsvorm, die veelal in het licht van de C/S-architectuur wordt beschouwd. Een C/S-architectuur is enerzijds een hardwareconfiguratie, waarin clientmachines en servermachines via een (inter)lokaal netwerk met elkaar zijn verbonden. De essentie van een C/S-omgeving is het optimaliseren van de verwerkingskracht door het decentraliseren naar meerdere onderling communicerende platforms. Decentralisatie of 'distributed computing' vindt plaats vanwege overwegingen van efficiëntie - snelheid en functionele mogelijkheden - en kostenreductie. De gedistribueerde processoren worden aangestuurd door uiteenlopende software(componenten). Twee typen software worden onderscheiden: systeemsoftware en applicatiesoftware. Systeemsoftware draagt zorg voor de besturingssystemen, de (grafische) gebruikers-interfaces, de netwerkbesturing (via protocollen, zoals TCP/IP) en standaard services (zoals bestand- en printerservices). Applicatiesoftware is het geheel aan applicaties, dat nodig is om de applicaties te maken en te gebruiken; dus zowel de applicaties voor de

²⁹ Een deeltaak kan beschouwd worden als een executable. In conventionele programma's werden in één executable meerdere deeltaken uitgevoerd, bijvoorbeeld schermafhandeling, printeraansturing, rekenfuncties, et cetera. Ondanks modularisering en bibliotheekroutines ontstaat uiteindelijk één volledig selfsupporting proces verenigd in één object (de executable of programma). In het C/S concept zijn de processen zelfstandige eenheden of programma's (Bijl 1996). Deze deeltaken of programma's worden ook wel aangeduid met 'applets' en 'agents'. Een applet is programma, dat vanuit de server naar de computer wordt gekopieerd, zodat de gebruiker ziet wat het programma uitvoert. Een agent wordt vanuit de client 'langs' de server gestuurd om een deeltaak uit te voeren en is niet zichtbaar voor de gebruiker. Een agent legt - als programma - de omgekeerde weg af ten opzichte van een applet. De technologie van de applets en agents heeft ook een ruimtelijke toe-passing is een benadering, waarbij concepten uit de informatica worden toegepast in ruimtelijke probleemsituaties. Een agent is een onafhankelijke, taakgeoriënteerd programma, dat autonoom in een bepaalde omgeving functioneert. Intelligentie krijgt de agent door een mechanisme, dat leert van het vertoonde gedrag en de sociale interactie met zijn omgeving en andere agents. Agents kunnen worden toegepast voor het zoeken en ophalen van geo-informatie in een groot gedistribueerd (inter)netwerk, het leggen van koppelingen met andere applicaties (Rodrigues *et al.* 1995) en het uitvoeren van berekeningen voor dynamische simulatie en optimalisatie (zie Ferrand 1995; Sanders 1996).

³⁰ Internet is een belangrijke verschijningsvorm van het C/S-concept, dat is gebaseerd op 'very thin' clients en 'very fat' servers; een universele client - de 'browser' - is zodanig generiek, dat het een bijna oneindig aantal serverapplicaties kan activeren.

(eind)gebruiker(s) als de (ontwikkel)applicaties voor de ontwikkelaar(s). In een C/S-architectuur worden applicaties opgedeeld in componenten, die over meerdere hardwareplatforms worden verdeeld; gedistribueerde verwerking. Doordat uiteenlopende hardware- en softwarecomponenten worden onderscheiden is het mogelijk, dat uiteenlopende C/S-configuraties kunnen worden samengesteld, zoals gedistribueerde presentatie, gecentraliseerde presentatie, gedistribueerde functionaliteit, centrale database en gedistribueerde database (Bijl 1996).

Een belangrijk gegeven achter de C/S-architectuur is de opdeling van applicaties in drie functionele lagen: de presentatielaag, de functionaliteitslaag en de gegevenslaag. De presentatielaag verzorgt de interactie met de gebruiker via de - bij voorkeur grafische - gebruikersinterface. De functionaliteitslaag verzorgt de gegevensbewerking(en) en de gegevenslaag zorgt voor de persistentie en integriteit van de gegevens via opslag en beheer in een DBMS. Deze drie functies worden verdeeld over twee of meerdere computersystemen - de clients en server(s) - waardoor een N-lagen hardware-architectuur ontstaat. Deze N-lagen architectuur heeft - in vergelijking tot de twee-lagen architectuur van de eerste generatie C/S³¹ - in de applicatielaag een onbe-paald aantal componenten of objecten op een onbepaald aantal gedistribueerde platforms. De presentatielaag krijgt via een 'makelaar' - bijvoorbeeld de 'object request broker' - toegang tot de gewenste component in de functionaliteitslaag en deze benadert - waar nodig - de gegevenslaag³². In de N-lagen architectuur - als specifieke implementatie van een C/S-architectuur - vervullen de gedistribueerde objecten of componenten de rol van server.

Willen deze componenten of objecten kunnen communiceren, dan dienen ze te beschikken over een gezamenlijke *interface*. Applicatiecomponenten kunnen via een gezamenlijke interface interacteren; hier doet zich al een duidelijke analogie voor met concepten van objectoriëntatie. Het versturen van boodschappen tussen onafhankelijke objecten, die een service verlenen en een interface hebben die de interne structuur van het object verbergt. Om componenten van de presentatielaag, functionaliteitslaag en gegevenslaag onafhankelijk te laten functioneren op verschillende platforms worden middleware-componenten ingezet. Middleware-componenten zorgen voor de vertaling van de boodschap van een functionele component op het ene platform naar het andere platform. Daarbij wordt zowel op de client als de server een middleware-component ingezet die - als intermediair voor de functionele componenten - met elkaar communiceren.

Naast de voordelen van het werken met gedistribueerde objecten voor het samenstellen van een C/S-architectuur - met voordelen van interoperabiliteit, schaalbaarheid en portabiliteit - (zie Bijl 1996), wordt hier kort stilgestaan bij de voordelen ervan voor applicatieontwikkeling en de rol van objectoriëntatie bij het ontwikkelen van componenten. Het werken met gedistribueerde objecten heeft voor systeemontwikkeling belangrijke implicaties. Systemen gebaseerd op gedistribueerde componenten hebben het voordeel, dat uitbreidbaarheid en aanpasbaarheid van systemen wordt vereenvoudigd. In plaats van het aanschaffen van complete applicaties, wordt het mogelijk op-maat-gesneden applicaties te ontwikkelen door de functionele componenten te integreren oftewel te assembleren. De achterliggende legofilosofie van onafhankelijk op en in elkaar te plaatsen bouwstenen is gebaseerd op de afspraken vastgelegd in een standaard. Deze op componenten gebaseerde applicatieontwikkeling leidt uiteindelijk tot modulaire en beter beheersbare systeemontwikkeling. De onderliggende componenten zijn ofwel op de markt verkrijgbaar ofwel kunnen zelf ontwikkeld worden. Gezien de ontwikkelingen op het gebied van objecttechnologie kunnen op dit moment - naar OCV (1996) - vier benaderingen of methoden worden onderscheiden voor het implementeren van generieke en specifieke applicaties: programmeren, genereren, assembleren en configureren³³. De ontwikkeling van de specifieke GIS-applicaties vindt momenteel voornamelijk plaats

³¹ De eerste generatie C/S werden door een tweelagenarchitectuur gekenmerkt. Een applicatie werd verdeeld over één client en één server; de presentatielaag op de client, de gegevenslaag op de server en de applicatielaag op de server ('thin' client) of op de client ('fat' client).

³² Objectoriëntatie staat aan de basis van het werken met gedistribueerde objecten. Met name de OMG propageert het gebruik van gedistribueerde objecten via hun Common Object Request Broker Architecture als mechanisme voor de samenwerking tussen objecten. De N-lagen architectuur kan echter ook in de niet-objectgeoriënteerde modellen worden geïmplementeerd, zoals de de facto standaard OLE/DCOM van Microsoft (Bijl 1996).

³³ Het programmeren is de traditionele methode, waarbij vanuit specificaties met derde of vierde generatie programmeertalen software wordt ontwikkeld. Het genereren betreft het - bijna - automatisch creëren van software uit specificatietalen met behulp van hulpmiddelen. Bij genereren van applicaties staat niet het programmeren maar het specificeren centraal. Het assembleren heeft betrekking op het samenstellen van software uit componenten. Deze componenten zijn de voor hergebruik geschikte en modificeerbare objecten, die kunnen worden ingekocht op de markt of via het 'public domain' of zelf worden ontwikkeld. Het afstemmen van generieke applicaties op de specifieke eisen wordt aangeduid met configureren. Door het instellen van parameters via bijvoorbeeld templates en referentiemodellen worden standaard-configuraties aangepast. De

via het traditionele programmeren met behulp van proprietary GIS-ontwikkeltalen en traditionele derde generatietalen. Daarnaast is het assembleren van GIS-applicaties - met beperkte functionaliteit - in opkomst. Assembleren betekent hier, dat GIS-componenten - vooral functies voor kaartpresentatie - in vierde generatietalen kunnen worden aange-roepen³⁴. Het assembleren van GIS-applicaties in combinatie met vierde generatietalen zal toenemen naarmate objecttechnologie aan belang wint bij systeem- en applicatieontwikkeling. Wat de ontwikkelingen op het terrein van open standaarden en de bijbehorende systemen en technologie verder zullen brengen met betrekking tot de ontwikkeling van GIS-applicaties is nog niet geheel te voor- en overzien. Een belangrijke impuls op gebied van GIS, dat voortvloeit uit bovengenoemde IT-trends, is het standaardisatie-initiatief van het Open GIS Consortium.

5.5.4 De Open Geodata Interoperabiliteit Specificatie

Met het initiatief van het Open GIS Consortium te komen tot een standaard interface voor de implementatie van gedistribueerde objecten wordt aan de eisen van interoperabiliteit, schaalbaarheid en portabiliteit tegemoet gekomen. OGC zorgt daarmee voor een ontwikkelraamwerk om applicaties te ontwikkelen, dat de gebruikers in staat stelt om geo-informatie uit een variëteit aan bronnen te verwerken via de open systeembenadering. De interface wordt gevormd door afspraken, die zijn vastgelegd in Open Geodata Interoperabiliteit Specificatie (OGIS); "a standard interface that enables software vendors to produce 'plug and play' geodata access and geoprocessing tools that integrators can use to build tailored geoprocessing functions into information systems." (OGC 1996, pp. 13). OGIS omvat een drietal onderdelen:

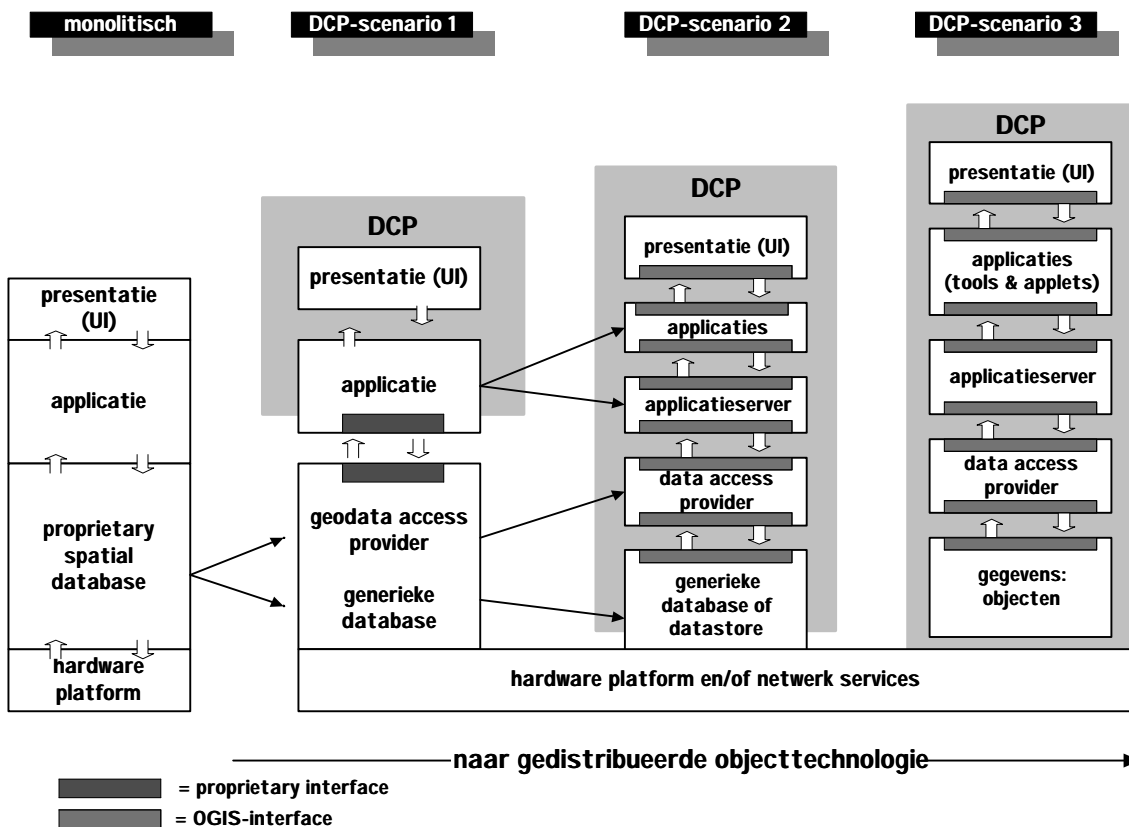
1. het Open Geodata Model;
 2. het OGIS service model;
 3. information communities model; een raamwerk voor het gebruiken van het Open geodata model en OGIS service model.
- De eerste twee modellen hebben betrekking op de technische interoperabiliteit, de laatste op de institutionele interoperabiliteit. De technische interoperabiliteit betekent, dat OGIS voor uiteenlopende DCP's (CORBA, OLE/COM, DCE, Java en andere) een uniform raamwerk biedt, dat aangeeft *wat* geïmplementeerd moet worden. Het DCP geeft vervolgens aan *hoe* geïmplementeerd wordt. Daarmee is OGIS een vrij abstract geheel van specificaties. Wat betekent interoperabiliteit via specificatie? Dit betekent, dat ontwikkelaars applicaties maken op basis van een set van criteria. Een applicatie bestaat uit functionele componenten, die samenwerken in heterogene en gedistribueerde omgevingen. Een dergelijke specificatie is onafhankelijk van het besturings-systeem, de programmeertaal, de besturingsomgeving en het DCP. Het Open Geodata Model bestaat uit drie conceptuele lagen: het 'essential' model, het specificatiemodel en het implementatiemodel. De drie abstractielagen van het Open Geodata Model vertonen nauwe overeenkomsten met het object, dynamische en functionele model van OMT (zie paragraaf 5.3.3). OGIS vertoont nauwe samenhang met IT-concepten, waaronder client/server technologie, gedistribueerde objecten en objectoriëntatie. OGIS is onafhankelijk van het DCP. De DCP's CORBA, OLE/DCOM en Java hanteren ieder een eigen 'Interface Definition Language' - kortweg IDL - waarin de specificatie is vastgelegd. OGIS is vastgelegd in een combinatie van OMT-diagrammen, toestandsdiagrammen van Harel, formele set theorie en de Engelse taal. De samenwerking tussen DCP's worden niet in OGIS aan de orde gesteld. Hiervoor wordt verwezen naar andere initiatieven zoals het COM/CORBA initiatief.

Objectoriëntatie speelt een belangrijke rol bij de specificatie van de diverse onderdelen van OGIS. Allereerst zorgt het principe van inkapseling ervoor, dat ontwikkelaars via de interface toegang hebben tot de gegevens van objecten. De implementatie blijft vooralsnog verborgen. Het principe van inkapseling maakt het mogelijk, dat OGIS in de vorm van interfaces kan worden gespecificeerd. De implementatie van de interfaces van objecten wordt aan de ontwikkelaars overgelaten, hetgeen ontwikkelaars vrijheid geeft wat betreft de (alternatieve) implementatie(s). Daarnaast maakt OGIS gebruik van het concept van overerving door overerving van de interface door objecten (zonder de implementatie over te moeten erven). De ontwikkeling van open

verwachting is, dat de laatste drie methoden in toenemende mate zullen worden toegepast voor de implementatie van specifieke applicaties. Het programmeren zal daarbij vooral bij specifieke problemen een rol vervullen; in het bijzonder daar waar generieke applicaties of componenten niet in kunnen voorzien. Programmeren is en blijft noodzakelijk voor het maken van generieke applicaties, componenten en hulpmiddelen (OCV 1996).

³⁴ Voorbeelden van dergelijke componenten-kits zijn MapX van Mapinfo Corporation, MapObjects van ESRI en SpatialX van Object|FX Corporation.

GIS-applicaties volgens OGIS-specificatie heeft daarmee een objectgeoriënteerd karakter. Met een open GIS-architectuur zal het mogelijk zijn interoperabiliteit te creëren, die nodig is voor efficiënte gegevens-uitwisseling binnen en tussen organisaties. In een C/S-omgeving zijn clients en servers te onderscheiden, die met elkaar communiceren op basis van een gemeenschappelijke interface. De OGIS-interface - vastgelegd in het Open Geodata Model en Services Model - zorgt voor de communicatie tussen client en servers voor het uitwisselen en verwerken van geo-informatie. Communicatie vindt plaats op basis van een gemeenschappelijk woordenboek, een syntax en protocollen. De onderliggende vraag-antwoord mechanismen zijn vastgelegd door het DCP. Ieder DCP heeft een specifieke syntax en een protocol, die gecombineerd met het OGIS-woordenboek zoals vastgelegd in het Open Geodata Model, het verlenen van diensten mogelijk maakt. Op dezelfde wijze is het mogelijk via de syntax van een DBMS de toegang tot databaseservers tot stand te brengen. Door client- en servercomponenten te ontwikkelen is het mogelijk meer diversiteit en variëteit aan te brengen in GIS-applicaties. Componententechnologie of gedistribueerde objecten spelen dan ook een belangrijke rol bij de toekomstige ontwikkeling van open



Figuur 5.4 Scenario's voor de toepassing van objecttechnologie voor GIS-applicaties (OGC 1996)

GIS-applicaties volgens de OGIS-specificatie. Hier is de term 'plug and play' veelvuldig hoorbaar. In figuur 5.4 is de evolutie van monolithische naar open GIS-applicaties in het C/S-perspectief van gedistribueerde objecten weergegeven. Zoals in paragraaf 5.5.3 is aangegeven bestaat een applicatie uit drie onderdelen of lagen, die verdeeld worden over twee of meer computersystemen: de presentatie-, functionaliteits- en gegevenslaag. In een monolithisch systeem communiceren deze onderdelen via een specifieke bedrijfseigen interface. Een monolithisch systeem is daarbij gebonden aan een hardwareplatform en gegevensuitwisseling tussen monolithische applicaties vindt plaats via in- en export ofwel gegevensconversie. In het DCP-scenario 1 draagt de DCP zorg voor de communicatie tussen de applicatie- en presentatielaag. De gegevenslaag is losgekoppeld en via een proprietary 'data access provider' wordt toegang verkregen tot een generiek DBMS. DCP-scenario 2 is gebaseerd op communicatie via de op OGIS-gebaseerde interfaces. Voor één DCP-omgeving worden vijf lagen onderscheiden, die via de OGIS-interface met elkaar communiceren. De applicatielaag is onderverdeeld in de specifieke applicaties en een

applicatieserver. De applicatieserver is de generieke GIS-applicatie, die in combinatie met de data access provider allerlei functies bevat voor het verwerken van geo-informatie. In DCP-scenario 3 wordt ook de verwachte situatie geschetst; een applicatie is een geheel van samenwerkende applets, die via service providers op ieder gewenst moment de geo-objecten uit de object-georiënteerde database kunnen verwerken.

Het OGIS wordt door het OGC in een IT-perspectief geplaatst door de relatie met niet-geografisch-georiënteerde systemen in het zogenaamde 'pluggable computing model'. Dit conceptuele model beziet het OGIS Services Model in een brede IT-context, dat wil zeggen op het niveau van systeemarchitectuur wordt de relatie tussen OGIS-componenten en gangbare IT-componenten weergegeven. Het 'pluggable computing model' beschrijft computing in termen van de communicatie tussen functionele elementen - clients en server providers - en hun interfaces en plaatst daarmee de OGIS-componenten in relatie tot DCP, databases, GUI, en niet-geografisch-georiënteerde systemen. Een op OGIS-gebaseerde applicatie bestaat volgens het 'pluggable computing model' uit een set van diensten, die elk een eigen functionaliteit aan de applicatie verzorgen. Naast specifieke OGIS-gebaseerde diensten zijn conventionele IT-diensten te onderscheiden, in het bijzonder diensten voor het gegevensbeheer, DCP en de GUI. Deze drie soorten diensten van het pluggable computing model zorgen voor systeemintegratie via gegevens-integratie, presentatie en controle. Daarmee bestaat een zogenaamde 'pluggable' OGIS-tool uit interfaces naar de dienstverleners gegevensbeheer, DCP en GUI en heeft de tool eigen specifieke gegevens en methoden. Deze GIS-tools zijn synoniemen voor componenten en applets.

Het ontwikkelingsproces van monolithische naar open GIS-applicaties, dat in 1995 door het OGC is gestart, heeft in 1997 de eerste voorlopige implementaties opgeleverd. Dat dit vooralsnog niet geheel zonder problemen verloopt is blijkt uit een evaluatie van Cattenstart (1997). In de toekomst zal OGIS zeker implementatie verkrijgen, maar open standaarden zullen ook op andere wijzen in GIS-applicaties ingebed worden. Dit proces staat sterk onder invloed van technologische ontwikkelingen. Daarmee convergeert het OGIS-initiatief met algemene IT-ontwikkelingen, die vanuit de normalisatieinstituten en de facto standaardisatie plaatsvindt. De leveranciers van generieke GIS-applicaties kiezen vooralsnog ieder voor hun eigen (duale) strategie op dit terrein (Dangermond en Lauzon 1996).

5.6 Objectgeoriënteerde ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning; synthese

In deze paragraaf worden de in hoofdstuk 2, 3 en 4 geformuleerde uitgangspunten voor de ontwikkeling van GIS-applicaties in het perspectief van de objectgeoriënteerde ontwikkeling geplaatst. De vraag staat centraal in hoeverre verwacht wordt, dat met het toepassen van OO-concepten voldaan kan worden aan de in de vorige drie hoofdstukken geformuleerde uitgangspunten en eigenschappen voor de ontwikkeling van specifieke GIS-applicaties voor locatieplanning. Daarmee vormt deze paragraaf de brug tussen de voorgaande drie hoofdstukken en de volgende hoofdstukken. Tevens worden enkele van de uitgangspunten verder ingekaderd en wordt alvast vooruitgekeken naar de volgende hoofdstukken.

GIS-applicaties hebben enkele karakteristieke eigenschappen, die uitermate geschikt zijn voor een objectgeoriënteerde aanpak. Ruimtelijke objecten zijn vaak complex samengesteld vanwege de ruimtelijke relaties en kunnen in een hiërarchie worden weergegeven. Het principe van overerving relateert ruimtelijke objecten als attribuutdimensie aan probleemdomainspecifieke objecten. Daarnaast kenmerken GIS-applicaties zich door interactie via externe stimuli - inkomende events - en (geo)grafische presentatie. Daarmee zijn GIS-applicaties interactieve applicaties, waarin via het dynamisch model complexe en dynamische (geo)grafische interactie en presentatie kunnen worden weergegeven. Tevens wordt met een objectgeoriënteerde aanpak de integratie en koppeling van GIS-functies met modellen van verplaatsing en vestiging volgens het principe van hechte koppeling verwezenlijkt. Zowel modelfuncties als GIS-functies worden in de vorm van samenwerkende en communicerende objecten gerepresenteerd. Door het versturen van boodschappen tussen objecten vindt de hechte koppeling tussen beide typen functies plaats, waarbij objecten met de ene functie de diensten van objecten met een andere functie relatief eenvoudig en overzichtelijk kunnen aanroepen en andersom. Daarmee is het mogelijk op interactieve wijze de modelfuncties (vooral rekenfuncties) en GIS-functies (vooral databasefuncties en presentatiefuncties) te koppelen in interactieve en dynamische applicaties (zie verder paragraaf 6.5.6).

Objectgeoriënteerde principes zijn bij uitstek geschikt voor de ontwikkeling van geïntegreerde informatiesystemen en applicaties. De hechte integratie wordt mogelijk door objecten via hun interface met elkaar te laten communiceren. Vanuit de *DSS-benade-ring*

zijn enkele belangrijke uitgangspunten gefiltreerd voor de ontwikkeling van specifieke GIS-applicaties, die met principes van objectoriëntatie op gepaste wijze invulling kunnen krijgen. Een belangrijke karakteristiek van de DSS-benadering is de modellenbank. De modellenbank bevat de uit bouwstenen bestaande modellen. De bouwstenen in OO-jargon zijn objecten, die via onderlinge relaties samen een model(component) vormen. Het idee van de modellenbank is ontstaan vanwege de behoefte modellen te kunnen wijzigen om daarmee het proces van modelontwikkeling te kunnen ondersteunen. Objectgeoriënteerde principes ondersteunen deze eis van flexibiliteit bij modelontwikkeling via de toepassing van concepten als overerving, inkapseling en veelvormigheid. In het proces van DSS-ontwikkeling staat een incrementele en iteratieve aanpak centraal.

Gezien haar intrinsieke kenmerken biedt OO goede mogelijkheden voor de ondersteuning van incrementele, iteratieve systeemontwikkelingsprocessen. Daarbij heeft bij DSS-ontwikkeling de menselijke factor immer volop aandacht gekregen; diverse (ideaal)typen gebruikers en ontwikkelaars zijn onderscheiden met ieder een eigen rol. Communicatie tussen deze verschillende typen gebruikers en ontwikkelaars is essentieel voor het duurzame gebruik van DSS. OO is met naadloze ontwikkeling een instrument om de communicatie tussen de diverse betrokkenen in het proces van systeemontwikkeling te vergemakkelijken. Tevens zijn bij DSS drie centrale systeemcomponenten onderscheiden - gegevens, modellen en de dialoog -, die zijn terug te vinden in de huidige N-lagen C/S-architectuur. De componenten gegevenslaag, functionaliteitslaag en presentatielaag worden - synchroon aan de DSS-invalshoek - onderscheiden vanwege de gewenste flexibiliteit in de IT-omgeving, zoals interoperabiliteit, schaalbaarheid en portabiliteit. De DSS-benadering heeft daarbij vanuit de DSS-technologie van specifieke DSS, DSS-generator(en) en DSS-tools een vooruitziende blik naar - de opkomst van - objecttechnologie laten zien; DSS-tools bieden de componenten, die met behulp van een DSS-generator tot een specifieke DSS-applicatie worden geïntegreerd.

In de praktijk van *locatieplanning* wordt met behulp van modellen van verplaatsings- en vestigingsgedrag getracht meer inzicht te verkrijgen in de mechanismen, die de ruimtelijke structuur en de ruimtelijke dynamiek kunnen beschrijven. Voor het vastleggen van structuur en het complexe gedrag van objecten is een objectgeoriënteerde aanpak zeer geschikt. Vooral in de mogelijkheid de structuur en dynamiek van locatieplanning te representeren op een, voor de betrokken gebruikers en ontwikkelaars uniforme wijze, ligt een belangrijke bijdrage voor objectoriëntatie. Uitgangspunt is de vraag in hoeverre de applicatie de benodigde flexibiliteit bezit, die nodig is om te kunnen anticiperen op ontwikkelingen in een dynamische omgeving en te kunnen voldoen aan de wensen en eisen van de gebruiker(s). Voor de gebruiker(s) is het derhalve zinvol te weten in hoeverre de GIS-applicatie aanpasbaar en uitbreidbaar is binnen de context van de beschikbare middelen (kosten, inzet, tijd, et cetera). Objectmodellering vormt de toegang tot deze kennis.

6 NAAR GIS-APPLICATIES VOOR LOCATIEPLANNING; EEN OBJECTGEORIËNTEERDE ANALYSE

6.1 Introductie

Dit hoofdstuk heeft als doel inzicht te verschaffen in het proces van objectgeoriënteerde systeemontwikkeling. Het in hoofdstuk 5 geïntroduceerde proces van systeemontwikkeling volgens OMT wordt daarbij gevolgd (zie figuur 5.2). Daarbij wordt het accent gelegd op de fase van conceptualisatie en objectgeoriënteerde analyse. Deze twee fasen resulteren in een beschrijving van een klassenraamwerk voor het ontwikkelen van GIS-applicaties. Inhoudelijk zal de aandacht in het bijzonder uitgaan naar het integreren van probleemdomeinspecifieke modellen en GIS-functionaliteit. De fasen van systeemontwerp, objectontwerp en implementatie worden eveneens beschreven. Dit heeft mede als doel de gemaakte keuzen in het verdere proces van applicatie-ontwikkeling te illustreren, mede met het oog op de twee ontwikkelde applicaties in de case studies.

In paragraaf 6.2 wordt een algemene beschrijving gegeven van de functionaliteit van GIS-applicaties vanuit het perspectief van de (eind)gebruiker(s). Via functionele decompositie worden de voor GIS-applicaties relevante use cases gepresenteerd en wordt kort aandacht besteed aan de relevante domeinkennis voor domeinanalyse. Daarna worden - vanuit de doelstelling van hergebruik - de relevant geachte klassen(hiërarchieën) voor de functionele onderdelen van GIS-applicaties in onderlinge samenhang beschouwd in een ruimtelijke klassenstructuur, zijnde het klassenraamwerk voor het ontwikkelen van GIS-applicaties voor locatieplanning (paragraaf 6.3). Vervolgens wordt in paragraaf 6.4 het dynamisch domeinmodel gepresenteerd voor enkele systeemfuncties van het werken met probleemdomeinspecifieke modellen. Voorts worden de niet-functionele eisen uiteengezet in het systeemontwerp. Vanuit de bevindingen in de analysefase en het systeemontwerp wordt nadere detaillering in de fase van objectontwerp aangebracht (paragraaf 6.5). Het objectontwerp - voor de (eind)gebruiker(s) van een GIS-applicatie minder relevant - wordt in paragraaf 6.6 aan de orde gesteld; naast de integratie van het object- en dynamisch applicatiemodel wordt in deze paragraaf het functionele applicatiemodel uitgewerkt. Aansluitend wordt in paragraaf 6.7 kort aandacht besteed aan de implementatie. Onderhavig hoofdstuk wordt afgesloten met conclusies en een introductie van de case studies (paragraaf 6.8).

6.2 Conceptualisatie; functionele decompositie en domeinanalyse

6.2.1 Probleembeschrijving; GIS-functionaliteit voor locatieplanning

Een GIS-applicatie voor locatieplanning is een interactief systeem. Dit betekent, dat interactie van de gebruiker met het systeem evident is. De gebruiker raadpleegt het systeem en vraagt gegevens op en het systeem presenteert de gegevens via verschillende (grafische) vormen van presentatie aan de gebruiker. Alvorens de gebruiker gegevens raadpleegt vindt vaak probleemdomeinspecifieke manipulatie van de gegevens plaats via modellen van locatieplanning. De gebruiker zal gegevens (willen) bewerken door het wijzigen, toevoegen en verwijderen van gegevenselementen. Tevens zal de gebruiker vanwege de beschikbaarheid van de gegevens, gegevens uit bestaande gegevensbestanden willen gebruiken en eventueel later - na manipulatie - in andere applicaties willen opnemen. Vier soorten systeemfuncties zijn onderscheiden (zie ook paragraaf 3.3.3):

1. Het *presenteren* van gegevens en de daarmee samenhangende selectie en opvraag van gegevens (via de kaart);
2. Het *bewerken* van gegevens(elementen);
3. Het berekenen en analyseren van gegevens via applicatiespecifieke *modellen* en *analysetechnieken*;
4. Het *invoeren*, *de opslag* en *uitvoer* van gegevens van, in en naar gegevensbestanden of DBMS.

Deze vier centrale systeemfuncties zullen hieronder verder worden uitgewerkt.

Het geografisch presenteren, selecteren en opvragen van gegevens

Zoals in paragraaf 2.4.2 is aangegeven, representeren gegevens in GIS-applicaties geografische objecten uit de werkelijkheid. Deze objecten zijn virtuele en reële objecten met een veelal vaste plaats op, aan of onder het aardoppervlak. Geo-objecten worden aan de hand van diverse attribuutdimensies beschreven, zoals thematische, ruimtelijke, temporele en grafische attributen. De *presentatie* van geo-objecten en hun attributen vindt op multidimensionele wijze plaats via zogenaamde views. Een view of blikveld geeft een kijk op de attribuutgegevens vanuit een bepaald perspectief. Afhankelijk van het type attribuutdimensie zijn diverse soorten views te onderscheiden, zoals een kaart, een tabel, een tekst, een grafiek, een foto, een 3D-weergave, et cetera. Via deze presentatievormen is het mogelijk gegevens te presenteren, selecteren en te manipuleren. De gebruiker heeft via deze presentatievormen op interactieve wijze - via bijvoorbeeld de muis op het computerbeeldscherm - toegang tot de gegevens. In dit hoofdstuk is vooral de meest elementaire view in GIS-applicaties verder uitgewerkt: de geografische kijk op gegevens. Verschillende functies voor

presentatie, selectie en opvraag, die via deze presentatievorm kan worden uitgevoerd, worden hier-onder aangestipt en later verder uitgewerkt. Andere relevante presentatievormen in GIS-applicaties, zoals de tabulaire, tekstuele/numerieke kijk en grafische kijk op gegevens komen in de case studies op meer illustratieve wijze aan de orde.

Voor de weergave van ruimtelijke gegevenselementen is de *cartografische methode* onontbeerlijk. Overeenkomstig de richtlijnen voor de (carto)grafische vormgeving worden gegevens in de vorm van de drie elementaire grafische objecten punt, lijn en vlak - kaartelementen genoemd - afgebeeld. De grafische objecten representeren geo-objecten, die op basis van hun betekenis zijn gegroepeerd in kaartlagen of geodatasets. Een *geodataset*¹ is een verzameling geo-objecten met één of meerdere overeenkomstige attributen, die op basis van de betekenis, die de gebruiker(s) aan de verzameling geo-objecten geeft, tot stand is gekomen. De cartografische weergave maakt daarbij gebruik van geografische referentie en de afbakening van het geografisch blikveld.

Geografische referentie verwijst hier naar de projectie van de geografische werkelijkheid in een twee-dimensionaal coördinatensysteem². Naast een coördinatensysteem is de schaal van belang bij de (carto)grafische weergave van de geografische werkelijkheid. Via het instellen van een schaalfactor is het mogelijk het gewenste ruimtelijke detailniveau te bereiken. Het interactief instellen van het *geografisch blikveld* vindt plaats via onder andere (muisgestuurde) operaties op het kaartbeeld, zoals schuiven, in- en uitzoom operaties³. Cartografische presentatie krijgt extra betekenis indien de thematische gegevenselementen in beeld worden gebracht⁴. Hiervoor worden de kaartelementen via grafische symbolen of *kaartsymbolen* afgebeeld en wordt in een *kaartlegenda* de betekenis van de kaartelementen opgenomen. Aan het weergeven van thematische gegevenselementen in een kaartbeeld gaat een classificatie vooraf. Classificatie vindt plaats door de waarden van een thematische attribuutvariabele in een aantal, door de gebruiker gedefinieerde, klassen weer te geven. Naast het presenteren van gegevens in een kaart is het mogelijk gegevens op te selecteren en op te vragen via de kaart. Voor de gebruiker kan opvraag op tweeërlei wijze plaatsvinden, interactief via de (geo)grafische weergave of via een formele SQL-achtige specificatietaal. Voor het werken met een specificatietaal is een expressie-editor nodig. Via een expressie-editor kan de gebruiker een selectiespecificatie opgeven en bewaren in een tekst. De (geo)grafische selectie is een op geografische wijze geformuleerde selectie van gegevens via een interactieve, geografische afbakening met behulp van een 'device pick' (muis of cursor). De geografische afbakening vindt plaats op basis van een grafische primitieve: punt, vlak, cirkel en rechthoek. Kortom, voor het computergestuurd samenstellen van kaartbeelden zijn functies nodig voor het tekenen en selecteren kaartelementen, het instellen van een geografisch blikveld, het classificeren van thematische gegevenselementen en het toekennen van grafische (kaart)symbolen.

Het bewerken van gegevens

Het bewerken van gegevens(elementen) kan zowel op de grafische als niet-grafische attribuutdimensies plaatsvinden via drie generieke functies: het toevoegen, verwijderen of wijzigen van gegevens(elementen). Het (geo)grafisch wijzigen van de grafische

¹ Naast de term 'geodataset' wordt bij geografische gegevensverzamelingen in GIS ook wel gesproken van 'kaartlagen', 'layers' of 'thema's'. Het kaartlaag of layer-concept wordt beschouwd als concept van cognitieve aard om de denk- en werkwijze van individuen met kaarten te kunnen ondersteunen. In deze studie is de voorkeur uitgegaan naar het begrip geodataset (naar Ravi 1995).

² Een coördinatensysteem of referentiesysteem kent verschillende dimensies, waaronder het geometrisch karakter, een metrische meeteenheid, het type referentiesysteem en de oorsprong. Afhankelijk van de gewenste weergave van het aardoppervlak in een tweedimensionaal vlak zijn transformaties ontwikkeld, de zogenaamde projecties. Projecties zorgen voor de transformatie van aardoppervlak naar een afstands- of oppervlaktegetrouwe weergave in een tweedimensionaal vlak. In veel gevallen, op lokaal en regionaal niveau, worden cartesiaanse referentiesystemen gehanteerd. Het voordeel van het hanteren van een cartesiaans referentiesysteem is de natuurgetrouwe weergave van afstand en oppervlak. Met name wanneer de getrouwe weergave van afstand en oppervlakte van belang is, zoals in sociaal-economische probleemdomenien, ligt het gebruik van een cartesiaans coördinatensysteem voor de hand. Voor Nederland geldt, dat gezien de geringe vertekening van het projecteren van Nederland in een tweedimensionaal vlak, de cartesiaanse Rijksdriehoeksmeting van toepassing is.

³ Een meer geavanceerde vorm van schaalinstelling is 'logical zooming' (van Oosterom 1993). Bij logical zooming wordt automatisch het detailniveau van de objecten in het geografische blikveld aan het gewenste schaalniveau aangepast. Daarmee wordt getracht een optimale balans te verkrijgen tussen de inzichtelijkheid van het kaartbeeld (overbodige details worden weggelaten) en snelheid van grafische weergave via het beeldscherm van de computer.

⁴ Tevens is het volgens cartografische principes gebruikelijk om additionele kaartelementen op te nemen in het kaartbeeld, zoals de verklaring van de kaartsymbolen (legenda), een omschrijving (titel), bronnen en de maker van de kaart.

of ruimtelijke attribuutdimensie vindt plaats via het kaartbeeld en van de thematische attribuutdimensie via de tabel-view. Het (geo)grafisch *bewerken* betreft het aanbrengen van veranderingen in de positie, ligging en vorm van geometrische gegevenselementen. Met behulp van een 'device pick' wordt de positie en/of vorm van punt, lijn of gebied interactief via het kaartbeeld gewijzigd. Onder bewerken wordt verstaan het *toevoegen*, *verwijderen*, of *wijzigen* van geometrische gegevenselementen. Het toevoegen, verwijderen en wijzigen van geometrische attributen vindt interactief via de kaartview plaats. Het aanbrengen van wijzigingen in de niet-grafische gegevens vindt plaats door de attributen van de geografische objecten te veranderen; door het wijzigen van waarden van attributen, het toevoegen of verwijderen van attributen en het toevoegen of verwijderen van geo-objecten. Voor het wijzigen van attribuutwaarden is - net zoals in spreadsheets - een grote hoeveelheid rekenkundige en mathematische operatoren beschikbaar (eventueel via het gebruik van een formele specificatietaal en een expressie-editor). Voor deze studie zijn een viertal eenvoudige bewerkingen op gegevens (via de tabel) verder uitgewerkt: het toevoegen van een attribuut, het verwijderen van een attribuut, het zoeken van een attribuutwaarde en het wijzigen van attribuutwaarden.

Het werken met gegevens via modellen en analysetechnieken

Het rekenen in GIS-applicaties vindt plaats via probleemdomeinspecifieke modellen en analysetechnieken. In paragraaf 2.4.2 is aangegeven, dat het om een scala van beslissingsondersteunende technieken gaat; van uiteenlopende typen procesmodellen, keuzemodellen, informatiecontroletechnieken, analyse- en redeneermethoden tot hulpmiddelen voor (grafische) presentatie. Deze technieken hebben een grondslag in de ondersteuning van beleidsontwikkeling en besluitvorming. Ook de in paragraaf 2.2.2 geïntroduceerde modellen van vestigings- en verplaatsingsgedrag worden toegankelijk gemaakt via functies van informatie-systemen. Deze functies ondersteunen de gebruiker in het proces van modelontwikkeling en -gebruik. Voor modelontwikkeling heeft de gebruiker daarbij de beschikking over functies voor het samenstellen van (ruimtelijke) modellen, het schatten van parameters en het valideren van parameters en modellen. De gebruiker wil modelberekeningen kunnen uitvoeren door modelvariabelen in te stellen. Het gebruik van modellen richt zich daarbij op het berekenen en presenteren van relevante (model)-indicatoren en het uitvoeren van 'wat gebeurt er als ...'-analyses. De interactie met de kaart(presentatie) is daarbij cruciaal.

De inputgegevens voor de ruimtelijke modellen zullen in GIS-applicaties via interactie met de kaart(presentatie) door de gebruiker aan het model worden doorgegeven (zie paragraaf 3.4.2, in het bijzonder figuur 3.4 en 3.5). Op begrijpelijke en eenvoudige wijze kunnen communiceren met de modellen in het systeem is een andere eis, die de gebruiker stelt. Toegankelijkheid en gebruiksgemak van de modellen staat voorop. Daarbij gaat het niet alleen om een eenvoudig te bedienen gebruikersinterface, maar ook om ondersteuning bij modelontwikkeling en -gebruik door kenniscomponenten in te passen, bijvoorbeeld via meta-informatie over de modellen op te nemen, het attribuutdomein van modelparameters in te stellen en door waar mogelijk gebruikersinteracties te ondersteunen via helpfuncties en/of het automatisch uitvoeren van berekeningen en presentaties.

Voor het werken met probleemdomeinspecifieke modellen van locatieplanning in GIS-applicaties kunnen drie soorten modelcomponenten worden onderscheiden; modelvariabelen, modelparameters en modelstatistics. *Modelvariabelen* zijn veelal attribuutvariabelen van probleemdomeinobjecten, die bij de input of output van het model een rol spelen. *Modelparameters* zijn constante of te schatten rekenkundige variabelen, die het model nodig heeft om de berekeningen uit te voeren. De *modelstatistics* geven de modelresultaten weer in de vorm van een reeks waarden over het systeem of bepaalde specifieke gegevens over de modelberekeningen. De modelcomponenten van probleemdomeinspecifieke modellen worden met elkaar in verband gebracht via mathematische/rekenkundige/logische bewerkingen.

Ten behoeve van het rekenen met gegevens via modellen in GIS-applicaties wordt in deze studie gewerkt met een modelspecificatie. Een *modelspecificatie* is een specificatie van een model bestaande uit een modelnaam, één of meerdere modelvariabelen en (eventueel) modelparameters. De uitkomst van een model is in veel gevallen één of meerdere attribuutvariabelen van één of meerdere onderliggende geo-objecten of het model zelf. Voor het berekenen wordt het propagatieprincipe gehanteerd; op het moment dat de modelattribuutvariabele voor een bepaalde bewerking (bijvoorbeeld presentatie) wordt opgevraagd, wordt de attribuutwaarde van deze variabele met behulp van de modelspecificatie berekend (zie verder paragraaf 6.5.6). Door alleen de specificatie (fysiek) vast te leggen - en niet de modelresultaten - worden de meest actuele inputgegevens aangeroepen, zodat de modelresultaten de actuele situatie weerspiegelen. Modelspecificaties kunnen derhalve worden gewijzigd via het toevoegen en verwijderen van modelspecificaties of het veranderen van modelvariabelen of -parameters van een bestaande modelspecificatie.

De invoer, opslag en uitvoer van gegevens van, in en naar bestanden of DBMS

Het kunnen invoeren en/of importeren van gegevens in GIS-applicaties is vanuit het oogpunt van de beschikbaarheid en toegankelijkheid van de gegevens evident. Derhalve is het kunnen inlezen van gegevensbestanden, die via een ander systeem of een andere applicatie en dus in een ander gegevensformaat beschikbaar zijn, een essentiële taak van het systeem. Evenzo dient het uitvoeren en/of exporteren van gegevens - na bewerking - naar andere applicaties of DBMS mogelijk te zijn. Indien de gebruiker de gegevens na bewerking in een specifieke applicatie wil gebruiken, is een functie voor het importeren en exporteren in een voor dat systeem toegankelijke gegevensstructuur - dat wil zeggen zonder kwaliteitsverlies bij conversie - essentieel. Voor het in- en uitvoeren van gegevens is een uniforme, extern leesbare gegevensstructuur vereist en dienen de gegevens in gegevens-bestanden of DBMS worden opgeslagen en bewaard (zie paragraaf 3.2.4). Een geodataset wordt als een fysiek bestand opgeslagen, mede vanwege de vereiste functies voor invoer- en uitvoer van en naar andere applicaties. Een geodataset omvat naast de set van geo-objecten met hun attributen, additionele gegevens omtrent de verwerking in een GIS-applicatie, zoals het soort geo-datatype of geometrisch object, de geografische referentie en afbakening en eventuele meta-gegevens. Het vastleggen van meta-gegevens kan op uiteenlopende aspecten van gegevens betrekking hebben. Hier wordt vooral verwezen naar de definities van de attribootgegevens, zoals een korte en lange naamgeving zodat de betekenis duidelijk is. De definities van de gegevens zijn afhankelijk van de probleemdomainspecifieke attributen.

Alle gegevens met betrekking tot een bepaald door de gebruiker gedefinieerd geografisch probleem domein worden in de GIS-applicatie aangeduid met *werkruimte*. De werkruimte omvat de beschrijving of definities van alle gegevens, die in het systeem worden gebruikt en worden in een fysiek (persistent) bestand opgeslagen. Indien de gebruiker nieuwe gegevens toevoegt, worden deze automatisch aan het (werkruimte)bestand toegevoegd. Onder deze gegevens vallen naast de gegevens-definities van de geodatasets, eveneens de gegevens met betrekking tot de door de gebruiker gedefinieerde classificatieschema's, modelspecificaties, et cetera. Een ander praktisch concept in deze context is het *werkblad*. Vanwege het feit, dat het opbouwen van views in sommige gevallen een activiteit is bestaande uit diverse handelingen, wil de gebruiker de gemaakte views kunnen bewaren. In het werkblad worden de views en daarin afgebeelde gegevens in een viewspecificatie opgeslagen, zodat de gebruiker eerder gemaakte views kan oproepen en raadplegen. Kortom, alle gegevens, die de gebruiker wil bewaren voor hergebruik, worden opgeslagen in een afzonderlijk gegevensbestand in een voor de gebruiker herkenbare naamgeving.

Voor de uitvoer van gegevensbestanden naar extern leesbare bestandsformaten zijn ook functies aanwezig.

Naar functionele systeemeisen; 35 generieke use cases

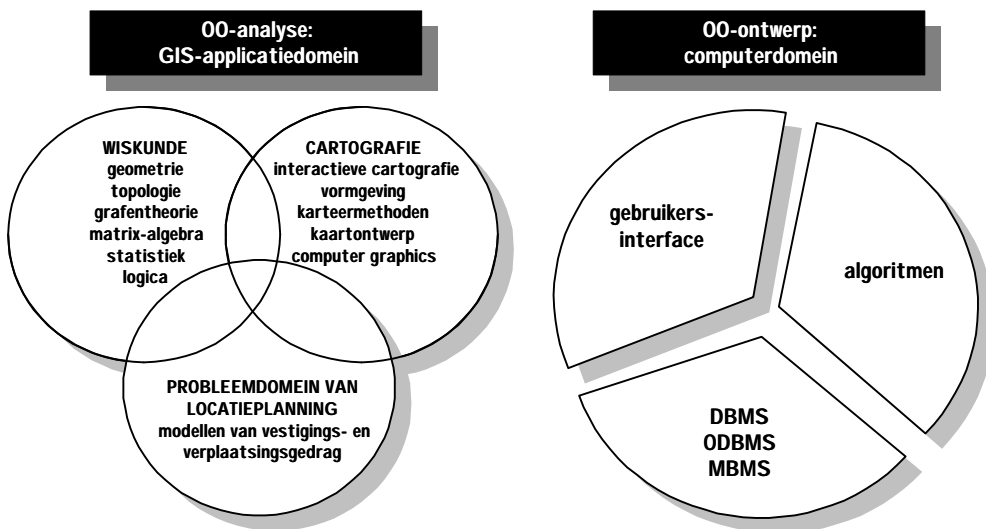
Een GIS-applicatie is een interactief systeem, waarbij de interactie met een gebruiker evident is (zie verder paragraaf 6.6.5). Het ontwikkelen van een GIS-applicatie is dan ook een proces, waarbij een gebruiker(s)gecentreerde aanpak centraal dient te staan. Een dergelijke aanpak vraagt om een gebruiker(s)gecentreerde analyse van het probleem domein en de vertaling daarvan naar functies van de applicatie (Rumbaugh 1994a). Daarbij is het zaak de gebruiker(s)wensen of systeemeisen op meer gestructureerde wijze te achterhalen en eenduidig te presenteren op een manier, die ook voor de gebruiker inzichtelijk is⁵. Voor een aanzet tot de vertaling van de functionele systeemeisen naar een objectgeoriënteerd systeem worden in OMT *use cases* gebruikt (zie paragraaf 5.3.3). Met het gebruik van use cases of vrij vertaald gebruikersfuncties wordt de volgorde van interacties tussen de gebruiker(s), aangeduid met actor(en), en het systeem beschreven. Een use case is daarmee een set van scenario's, die gezamenlijk een bepaalde functie vervullen in het systeem vanuit het perspectief van de gebruiker. Use cases geven op informele wijze via natuurlijke taal een beschrijving van de volgorde van gebeurtenissen tussen de actor(en) en het systeem, waarbij de systeemfuncties naar boven gekomen. Vanuit de geschetste systeemeisen - zoals vastgelegd in de probleembeschrijving in paragraaf 6.2.1 - is een aantal elementaire use cases voor het ontwikkelen van GIS-applicaties voor locatieplanning gefiltreerd.

In totaal gaat het om 35 use cases. Een aantal use cases vertoont zeer duidelijke overeenkomsten wat betreft de interactie met de actor. In bijlage 3 zijn enkele use cases beschreven. De use cases voor gegevens- en/of bestandsbeheer, het (geo)grafisch bewerken en de presentatie bieden algemene GIS-functionaliteit; in de functies voor het werken met modellen zit de specifieke functionaliteit, die invulling krijgt vanuit het probleem domein van locatieplanning (zie verder bijlage 3).

⁵ Jacobson en Christerson (1995) benadrukken het belang van het gebruik van use cases bij de gebruiker(s)gecentreerde aanpak door aan te geven, dat use cases in veel gevallen een zeer goed hanteerbaar concept voor functionele decompositie is. Het vragen van inzicht in object-modellering aan (eind)gebruiker(s) is in hun optiek voor een groot deel van de gebruikers te veel gevraagd. "The use case is the end user's view. The object is the developer's view. ... Some object models do make sense to end users ... But is often a waste of time to involve the end user in the nitty-gritty of object modelling" (Jacobson en Christerson 1995, pp. 15).

6.2.2 Domeinkennis en domeinanalyse

Een domeinanalyse voor het ontwikkelen van een GIS-applicatieraamwerk is gebaseerd op de aan GIS ten grondslag liggende disciplines (zie ook paragraaf 3.3.1). Voor het ontwikkelen van GIS-applicaties zijn grofweg vier soorten *domeinkennis* te onderscheiden: kennis over het probleemdomein, kennis over wiskundige concepten, omtrent cartografische principes en kennis over computers en systeemontwikkeling is onontbeerlijk. In de fase van conceptualisatie staat allereerst het probleemdomein van locatieplanning centraal. Voor het ontwikkelen van een GIS-applicatieraamwerk voor locatieplanning en het geografisch representeren van sociaal-economische verschijnselen en processen in de computer worden vooral wiskundige concepten gehanteerd. Voor de (geo)grafische representatie zijn diverse cartografische concepten ontwikkeld. Derhalve richt de domeinanalyse zich ook op wiskundige kennisdomeinen en het cartografische kennisdomein (zie figuur 6.1). Het computerdomein wordt in de fase van conceptualisatie en analyse niet direct relevant geacht en komt later bij systeem- en objectontwerp pas aan de orde. Het computerdomein richt zich daarbij de toegang tot en presentatie van gegevens en modellen (via een gebruikersinterface), de opslag van gegevens en modellen (DBMS, ODBMS en MBMS) en de algoritmen om de functies, die het systeem vervult te kunnen implementeren. Deze drie soorten domeinkennis zullen kort worden besproken aan de hand van relevante achterliggende theorie en concepten.



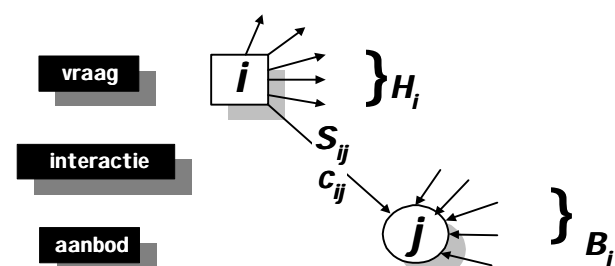
Figuur 6.1 Kennisdomeinen van GIS-applicaties

Probleemdomeinen van locatieplanning

Een GIS-applicatie voor locatieplanning is naast een systeem voor (geo)grafische presentatie en opvraag, vooral een systeem voor het uitvoeren van berekeningen met probleemdomeinspecifieke modellen. *Probleemdomeinen van locatieplanning* zijn divers, evenals de modelmatige benaderingen waarmee het vaststellen van het functioneren van het ruimtelijk systeem plaatsvindt (zie paragraaf 2.2.2 en paragraaf 6.3.3). Domeinkennis over locatieplanning is in hoofdstuk 2 van deze studie kort beschouwd. Domeinanalyse zal zich in deze context in het bijzonder richten op de specificatie van de modellen van locatieplanning. Dit betekent, dat modellen van locatieplanning bestudeerd worden en gemeenschappelijke componenten worden gefiltreerd. De modelbenaderingen lopen echter tegelijkertijd sterk uiteen wat betreft achterliggende theorie, methodologie en toepassing (zie figuur 2.1 in paragraaf 2.2.2). Een domeinanalyse van het kennisdomein van de locatieplanning is zeer omvangrijk en complex. Een dergelijke uitvoerige domeinanalyse is niet de doelstelling van onderhavige studie. In hoofdstuk 2 heeft afbakening plaatsgevonden; vanwege achterliggende theorie, methodologie en toepassingsmogelijkheden is gekozen voor de inbedding van keuzemodellen van locatieplanning in GIS-applicaties. Deze modellen van vestigings- en verplaatsingsgedrag bezitten een structuur bestaande uit atomaire bouwstenen, die tijdens het proces van modelontwikkeling een probleemdomeinspecifieke samenstelling en invulling krijgen. Een uitvoerige analyse - bijvoorbeeld via 'structured modelling'; een techniek voor het ontwikkelen van de modellenbank van een DSS (zie Geoffrion 1987) - van het kennisdomein 'keuzemodellen van vestigings- en verplaatsingsgedrag' zou kunnen leiden tot deze atomaire bouwstenen. Gezien echter de complexiteit en diversiteit van de specifieke probleemdomeinen van locatieplanning (zie paragraaf 2.2) is hier een andere aanpak gehanteerd. In plaats van uitvoerig het gehele kennisdomein 'keuzemodellen van vestigings- en verplaatsingsgedrag' te analyseren is, vanuit een bestaand raamwerk voor het representeren van het ruimtelijk interactiesysteem en vanuit de ervaring opgedaan in diverse case studies een klassen-raamwerk ontwikkeld, waarbinnen probleemdomeinspecifieke modellen geplaatst kunnen worden.

Een raamwerk voor het representeren van het ruimtelijk interactiesysteem

Deze modellen van locatieplanning representeren de ruimtelijke interacties in een systeem van vraag en aanbod (zie paragraaf 2.2.2). In figuur 6.2 zijn - naar Wilson (1988) - de hoofdelementen van het ruimtelijk interactiesysteem weergegeven. Een ruimtelijk interactiesysteem bestaat uit een drietal elementen: vraag, aanbod en de ruimtelijke relatie of interactie daartussen. De vraag i en het aanbod j hebben beide een verzameling eigenschappen $\{a, s, t\}$. De eigenschap a omvat de verzameling sociaal-economische (thematische) eigenschappen van de elementen vraag en aanbod. s geeft de elementen vraag en aanbod een ruimtelijke referentie of locatie en t een tijdsdimensie (andere mogelijke dimensies⁶ zijn gemakshalve achterwege gelaten). De relatie tussen i en j wordt uitgedrukt in de interactie S_{ij} . De interactie S_{ij} is samengesteld door de verzameling eigenschappen $\{a_i, a_j, s_i, s_j, t_i, t_j, c_{ij}\}$. c_{ij} zijn de specifieke karakteristieken van de relatie tussen vraag i en aanbod j , die in de vorm van tijd, geld, weerstand en/of moeite om afstand in de geografische ruimte te overbruggen, tot stand komen. Theorie en methodologie van het ruimtelijk keuzegedrag, zoals in hoofdstuk 2 eerder aan de orde zijn gesteld, vormen het uitgangspunt voor het definiëren van S_{ij} . Ruimtelijke interactie vindt plaats via geografische netwerken, zoals transport- en communicatienetwerken. Met behulp van geografisch *netwerkanalyse* is het mogelijk de ruimtelijke interacties conform de geografie van interactienetwerken te representeren en daarmee



c_{ij} vast te stellen (zie paragraaf 6.3.2). Indien de ruimtelijke interactie S_{ij} is vastgesteld, kan het functioneren van het ruimtelijk systeem bepaald worden. Voor het vaststellen van het functioneren van het systeem zijn diverse modelbenaderingen in locatieplanning onderscheiden (zie paragraaf 2.2.2). De modelbenadering geeft aan op welke wijze de interactiestromen tussen vraag en aanbod worden berekend. Het functioneren - de 'performance' of prestatie - kan worden uitgedrukt in drie typen indicatoren: een vraagindicator, een aanbodindicator en een systeeminindicator. H_i is (vraag)indicator voor herkomstlocatie i en B_j is (aanbod)indicator voor bestemmingslocatie j . Een systeeminindicator bepaalt het functioneren van het gehele systeem.

Figuur 6.2 Componenten van ruimtelijke interactie- en keuzemodellen (naar Wilson 1988)

Cartografische domeinkennis

Een generiek applicatieraamwerk voor het ontwikkelen van specifieke GIS-applicaties is eveneens gebaseerd op een domein-analyse van het terrein van de (geo)grafische (re)presentatie. In paragraaf 3.2 is reeds volop aandacht besteed aan het aspecten van geografische en cartografische representatie in de context van geografische informatiesystemen. Het kaartbeeld is het medium waarmee de gebruiker van de GIS-applicatie gegevens zal presenteren en opvragen (zie paragraaf 6.2.1).

Voor het presenteren van gegevens in kaart wordt een beroep gedaan op de cartografische theorie. In de *cartografie* zijn de formele en informele regels vastgesteld voor (geo)grafische presentatie van geografische verschijnselen, structuren en processen. Diverse aspecten van cartografische weergave dienen in meer of mindere mate in acht te worden genomen, zoals generalisatie, classificatie, symboolselectie, naamplaatsing, kaarttypen, kaartinteractie, et cetera (zie ook paragraaf 3.3.3).

Zo maakt de cartografische vormgeving voor symboolselectie gebruik van de door Bertin (1983) ontwikkelde grafische grammatica. *Symboolselectie* heeft betrekking op het in kaart brengen van een geo-object als een geometrische element met een specifieke grafische weergave. Bij het ontwikkelen van een kaartbeeld wordt uitgegaan van drie typen geometrische elementen: punt, lijn en vlak. Deze elementen of - in de cartografie aangeduid met grafische elementen of kaartsymbolen - worden cartografisch gerepresenteerd door middel van uiteenlopende grafische variabelen: grootte, grijs, grein, kleur, richting en vorm. Voor het in kaart brengen van een geo-object wordt een beroep gedaan op de zogenaamde *grafische variabelen* uit de bekende grafische semiologie van Bertin (1983). Bertin maakt onderscheidt in acht grafische variabelen: de positie van het symbool op het tweedimensionale vlak, de grootte van het symbool, de kleur (bestaande uit helderheid, kleurschakering en verzadiging), oriëntatie,

⁶ Naar Beaumont (1989a; 1989b) kunnen drie dimensies worden onderscheiden:

1. ruimtelijke dimensie, zoals winkelfilialen of afdelingen daarbinnen;
2. product dimensie, zoals productgroepen aangeboden door de filialen;
3. temporele dimensie, dagelijkse, wekelijkse of maandelijkse perioden.

patroon en vorm. In geografische toepassingen is de locatie via de geometrie, zodat deze grafische variabele hier buiten beschouwing gelaten kan worden. Voor het toepassen van de grafische semiologie van Bertin voor kaartsymboolselectie wordt een aantal stappen onderscheiden. Voor het in kaart brengen van attribuutvariabelen van geo-objecten met deze grafische variabelen dient een transformatie van de geometrie naar de grafische variabele plaats te vinden. Daarbij dienen bepaalde (beslissings)regels in acht te worden genomen (zie bijvoorbeeld Zhan en Buttenfield 1995⁷).

Classificatie is het proces van het indelen van attribuutwaarden in klassen op basis van een classificatiemethode (zie paragraaf 6.2.1). De classificatiemethode bepaalt de indeling van de attribuutwaarden in klassen (zie Egbert & Slocum 1992). De classificatiemethode bepaalt de wijze waarop de klassegrenzen worden samengesteld, zoals gelijke intervallen, rekenkundige of meetkundige reeks, mediaan, wortelmethode, gebruikersgedefinieerd, et cetera. De klassegrenzen worden per klasse in een minimum en maximum klassegrens opgenomen. Voor weergave in een kaartbeeld dient voor iedere onderscheiden klasse een kaartsymbool te worden vastgesteld.

Naast classificatie en symboolselectie voor het in thematisch in kaart brengen van attribuutvariabelen zijn interactieve functies voor opvraag en weergave gerelateerd aan het kaartbeeld (zie paragraaf 6.2.1). In paragraaf 6.2.1 zijn diverse functies van kaartinteractie benoemd voor het bevragen en presenteren van geo-objecten. Uitgangspunt voor grafische representatie van geografische verschijnselen in thematische kaarten⁸ is het type te karteren verschijnsel en het doel dat met de kaart wordt beoogd ofwel de informatieoverdracht. De keuze voor een (combinatie van) grafische variabele(n) is een proces van vormgeving en derhalve sterk gerelateerd aan de maker. Daarbij worden uiteenlopende typen kaarten en karteermethoden onderscheiden, zoals de stippenkaart, choropleet, chorochromaat, isolijnenkaart, ruimtelijke modellen, diagram-, bewegingskaart en figuratieve kaarten (zie verder Ormeling en Kraak 1990). Voor het ontwerp, vervaardigen en gebruik van kaarten worden uiteenlopende concepten gehanteerd in combinatie met aspecten van vormgeving, waardoor ieder kaartproduct als abstractie van de werkelijkheid een eigen identiteit heeft. Naast het toepassen van cartografische concepten voor visuele communicatie en presentatie als eindproduct, is interactieve en exploratieve cartografie in toenemende mate van belang. De computergestuurde cartografie en in het verlengde daarvan toepassing van GIS heeft de aandacht exploratieve cartografie aanzienlijk vergroot (zie Kraak 1998). Concepten van 'interactive graphics' en wetenschappelijke visualisatie spelen daarbij een belangrijke rol (zie ook paragraaf 3.3.3).

Wiskundige domeinkennis; rekenkundige geometrie, topologie en grafentheorie

Vanuit het kennisdomein van de wiskunde worden diverse theorieën en concepten aangereikt voor de representatie van gegevens in geografische informatiesystemen (zie figuur 6.1). In paragraaf 3.2.2 is aangegeven, dat voor de representatie van geografische objecten en de ruimtelijke relaties⁹ daartussen in de computer wiskundige concepten uit de rekenkundige geometrie, de topologie, de

⁷ Allereerst dient de ruimtelijke dimensie te worden vastgesteld; dit is het grafische type in de vorm van een punt, lijn of vlak. Vervolgens is het meetniveau van de in kaart te brengen (thematische) attribuutvariabele van belang. Drie meetniveaus worden onderscheiden: het nominale, ordinale en interval/rationiveau. Indien het grafisch type en het meetniveau bekend is, kan een gewenst grafisch type worden vastgesteld (dit vanwege het feit, dat sommige ruimtelijke dimensies door meerdere grafische typen kunnen worden gerepresenteerd; een vlak kan bijvoorbeeld met een vlaksymbool of puntsymbool worden gepresenteerd). Vervolgens wordt op basis van deze voorgaande informatie het soort kaart vastgesteld. Indien het soort kaart is vastgesteld, kunnen de diverse combinaties van visuele variabelen worden gegenereerd. De cartografische theorie - inclusief Bertin's grafische semiologie - bepaalt welke combinaties van visuele variabelen bij welke kaartsoort hoort. Deze beslissingsprocedure is - in een objectgeoriënteerde implementatie - uiteengezet in Zhan en Buttenfield (1995).

⁸ Thematische kaarten geven de ruimtelijke (ver)spreiding van verschijnselen weer. Naast thematische kaarten worden topografische kaarten onderscheiden. Bij topografische kaarten geven veelal een algemeen beeld van zichtbare of tastbare elementen aan het aardoppervlak en gaat het om de ligging van verschijnselen ten opzicht van elkaar (zie Ormeling en Kraak 1990). Topografische kaarten worden vervaardigd met als gebruiksdoel oriëntatie. Topografische gegevens worden derhalve veelal ter oriëntatie op thematische kaarten afgebeeld.

⁹ Worboys (1992; 1995) onderscheidt ruimtelijke operaties van statische en dynamische aard. Statische operaties zijn operaties van een object of tussen twee objecten, waarbij de inputobjecten blijven bestaan; alleen de toestand van de objecten wordt veranderd. Statische operaties zijn operaties met een algemeen, op settheorie gebaseerd karakter (zoals gelijk, maakt deel uit van, is leeg, is subset van, is disjoint van, inter-sectie, verbinding, verschil), met een topologische karakter (zoals overlappen, is binnen, bedekken, verbinden, is gelegen in, et cetera) of een euclidisch karakter (zoals berekenen van afstand, hellingshoek, lengte, oppervlakte, omtrek en de zwaartepunten van en tussen geometrische primitieven). Dynamische operaties zijn operaties op één of meerdere objecten, waarbij de inputobjecten worden gewijzigd. Naast toevoegen, verwijderen, transformeren (roteren, verscalen, reflecteren) en verplaatsen van ruimtelijke objecten zijn dit operaties van het type reproducteren, opsplitsen en

grafentheorie, matrixalgebra, logica en statistiek worden gehanteerd. De geometrie is een tak van de wiskunde, die de positie en relatie van objecten in een cartesiaanse vlak bestudeert (Preparata en Shamos 1985). In de *rekenkundige geometrie* zijn concepten ontwikkeld voor het vastleggen van relaties tussen objecten in een euclidische ruimte. De ruimtelijke objecten, die centraal staan in de rekenkundige geometrie zijn vertices of punten. Aan de hand van een bijbehorend coördinaten-systeem krijgt ieder punt een referentie in een twee-dimensionaal vlak. De vertices vormen de bouwstenen voor meer-dimensionale objecten, zoals edges, lijnsegmenten, convexen, polygonen, grafen, triangulaties en polyhedrons (Preparata en Shamos 1985). Een meerdimensionaal object, dat in GIS-applicaties voor locatieplanning een rol speelt is de grafe; een verzameling vertices en edges ofwel knooppunten en de verbindingen daartussen. De bestudering van grafen heeft in de wiskunde geleid tot de *grafentheorie*, die de abstracte structuur van vertices en edges bestudeert. Dit heeft geleid tot specifieke grafentheoretische maten, velerlei toepassingsvelden en bijbehorende algoritmen (zie bijvoorbeeld Gould 1988). Ten behoeve van het ontwerp van een ruimtelijk gegevensmodel reikt de grafentheorie concepten aan voor het beschrijven van verbinding en richting; elementaire concepten voor het representeren van ruimtelijke relaties. Indien verbinding en richting expliciet worden vastgelegd, wordt gesproken van topologische grafen. *Topologie* is een aan de grafentheorie verwante tak van de wiskunde, die aan geometrische objecten een relatieve positie toekent. De primitieve geometrische objecten - punt, lijn en vlak - worden in een topologische grafe onderling gerelateerd via de topologische structuur. De topologische structuur biedt de mogelijkheden om naast verbinding en richting andere elementaire ruimtelijke relaties te representeren, zoals verbinding, insluiting en aangrenzing. De geometrie, grafentheorie en topologie krijgen voor het sociaal-economische probleemdomen betekenissen, indien domeinspecifieke eigenschappen van thematische en/of temporele aard aan de knooppunten en verbindingen worden toegekend. Indien knooppunten en verbindingen in een grafe thematische eigenschappen (de gewichten) bezitten, wordt gesproken van een gewogen grafe of net-werk. Voor sociaal-economische probleemdomen zijn gewichten, zoals afstand, reistijd, vervoerkosten, capaciteit, intensiteit, et cetera, onontbeerlijk (Haggett en Chorley 1969). Het uiteindelijke doel is het bestuderen van de structuur, de processen en dynamiek in het netwerk¹⁰.

Ruimtelijk sociaal-economische processen, zoals interacties tussen de locaties van vraag en aanbod via transport- en communicatienetwerken, krijgen hun representatie vaak in geografische netwerken (zie Grothe en Scholten 1990). Via het opnemen van herkomst- en bestemmingslocaties in het netwerk is het mogelijk diverse typen stromen en interacties in een netwerk te representeren met behulp van specifieke netwerkalgoritmen. Het werken met geografische netwerken heeft als voordeel dat de fysiek-ruimtelijke barrières, die van invloed zijn op de omvang en richting van de stromen en interacties, zijn opgenomen in een geografisch netwerk. Een geografische netwerk bestaat uit een set van knooppunten en de verbindingen daartussen. Aan de knooppunten en tussenliggende verbindingen in het netwerk worden bepaalde probleemdomainspecifieke eigenschappen toegekend, die het mogelijk maken de stromen en interacties te representeren; het netwerk is gewogen. Voor geografische probleemdomen is vooral de lengte van de verbindingen - in de vorm van de geografische afstand - een elementaire eigenschap. De afstand en daarvan afgeleide geografische maten (kosten, moeite, weerstand, tijd, et cetera) worden via het werken met geografische netwerken op meer 'realistische'¹¹ wijze in modelberekeningen verdisconteerd. Voor een robuuste object-georiënteerde representatie van geografische netwerken in een computersysteem is domeinanalyse van de aan geografische netwerkanalyse ten grondslag

samenvoegen (Worboys 1995). Naast bovengenoemde dynamische operaties zijn in deze categorie ook ruimtelijke operaties voor het creëren en instandhouden van topologische consistentie te onderscheiden.

¹⁰ Bij geografische netwerkmodellen kunnen een viertal categorieën toepassingsvelden worden onderscheiden (Killen 1983): netwerk-ontwerpmodellen, kortste-padberekeningen, stroommodellen en transport- en aanverwante modellen. De in de loop van de tijd daarvoor ontwikkelde algoritmen zijn divers en - al dan niet in combinatie met elkaar - toepasbaar voor diverse ruimtelijke vraagstukken. Het gaat hier te ver de verschillende netwerkmodellen aan de orde te stellen (zie Haggett en Chorley 1969; Killen 1983; Ritsema-van Eck 1993).

¹¹ Voor het meten van geografische afstand worden diverse methoden en maten gehanteerd. Eenduidigheid omtrent de te hanteren geografische afstandsmaat ontbreekt. De euclidische of vogelvluchtafstand is eenvoudig te bepalen. De fysiek-ruimtelijke barrières, waarlangs interacties in de werkelijkheid plaatsvinden, zijn echter niet gerepresenteerd in euclidische afstand. Via een bochtenfactor wordt getracht de 'werkelijke' afstand te corrigeren (zie Love en Morris 1979). Von Hohenbalk en West (1984) zien nauwelijks significante verschillen tussen euclidische en Manhattanafstand (regelmatig netwerk met bekende bochtenfactor) bij het bepalen van marktgebieden voor supermarkten. Ritsema-van Eck (1993) constateert, dat het gebruik van een bochtenfactor niet altijd een uniforme representatie van afstanden in netwerken te zien geven. Het ruimtelijk schaalniveau (korte versus lange afstanden) en de grofmazigheid en maaswijdte van netwerk zijn bepalend voor de hoogte van de bochtenfactor. Een bochtenfactor geeft daarmee niet altijd een duidelijke representatie. Baxter en Lenzi (1975) geven aan, dat op regionale schaal gerust een euclidische afstandsmaat kan worden gehanteerd, maar dat op lokaal niveau een netwerkafstandsmaat beter aansluit.

liggende wiskundige grafentheorie een vereiste. Hier zal kort op informele wijze op relevante basisbegrippen en concepten uit de grafentheorie en topologie worden ingegaan (zie formele specificaties van de grafentheorie zie bijvoorbeeld Gould 1988).

Grafentheorie

Ruimtelijke gegevensmodellen, die geografische netwerken representeren, hebben hun grondslag in de wiskundige grafen-theorie¹². In dergelijke ruimtelijke gegevensmodellen worden topologische relaties tussen de ruimtelijke objecten vastgelegd via de introductie van topologische objecten; veelal wordt dan gesproken van topologische gegevensmodellen. Topologische gegevensmodellen zijn te beschrijven vanuit de conventies, die zijn gebaseerd op de grafentheorie. Een *grafe* kan beschouwd worden als een verzameling van twee sets: een set *knooppunten* $N = \{n_1, \dots, n_i, \dots, n_h\}$ en een set *verbindingen* $A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_d\}$, waarvoor geldt dat voor iedere $a_j \in A$ is $a_j = \{n_p, n_q\}$ met $n_p \in N, n_q \in N$; dat wil zeggen ieder verbinding heeft twee knooppunten. In het algemeen wordt verondersteld, dat tussen ieder paar knooppunten ten hoogste één verbinding bestaat. Vanwege de mogelijke uitzonderingen op deze regel zijn uiteenlopende typen grafen ontstaan. Indien tussen ieder paar knoop-punten meer dan één verbinding kan bestaan, wordt gesproken van een multi- of *meervoudige grafe*. Ook bij zogenaamde *gerichte grafen* doet deze situatie zich voor. In een gerichte grafe heeft iedere verbinding een begin- en eindknooppunt, waar-door twee verbindingen - in twee richtingen - tussen ieder paar knooppunten kan bestaan.

Een grafe is *samenhangend* indien voor ieder paar knooppunten één of meer paden bestaan. Een *pad* - een ander basisbegrip in de grafentheorie - tussen twee knooppunten in een grafe is een verzameling aaneengesloten verbindingen met twee verschillende knooppunten als begin- en eindknooppunt. Indien begin- en eindknooppunt dezelfde zijn wordt gesproken van een *circuit*.

Bovendien is in een pad iedere verbinding uniek.

Daarentegen is een *route* is een type pad, waarbij een verbinding vaker dan één keer kan voorkomen. *Vlakke grafen* zijn grafen, waarbij op iedere kruising van verbindingen een knooppunt aanwezig is. In gewogen grafen hebben de verbindingen een gewicht gekregen. Kortom de grafentheorie kent verschillende basisbegrippen en concepten met uiteenlopende typen grafen en hun bijbehorende eigenschappen; de topologische regels of conventies. Voor geografische netwerkanalyse zijn afhankelijk van de toepas-sing bovengenoemde typen grafen en paden zeker van betekenis. Met behulp van deze topologische regels biedt de grafentheorie een krachtig instrument om topologische relaties vast te leggen, die nodig zijn voor het uitvoeren van netwerkberekeningen. Deze algemene conventies hebben geleid tot een topologisch gegevensmodel voor het uitvoeren netwerkanalyse. Een topologisch gegevensmodel vormt het fundament voor het rekenen met geografische netwerken. De bestudering van het kennisdomein grafentheorie biedt een raamwerk voor het ontwikkelen van een robuust topologisch gegevensmodel. De concepten uit de grafentheorie bieden het fundament voor de te onderscheiden objecten en klassen; de toepassing bepaalt vervolgens mede de verdere invulling van het ruimtelijk objectmodel voor het rekenen met geografische netwerken. Voor de digitale representatie van netwerken en de berekening van op netwerken gebaseerde maten is een aantal procedures noodzakelijk:

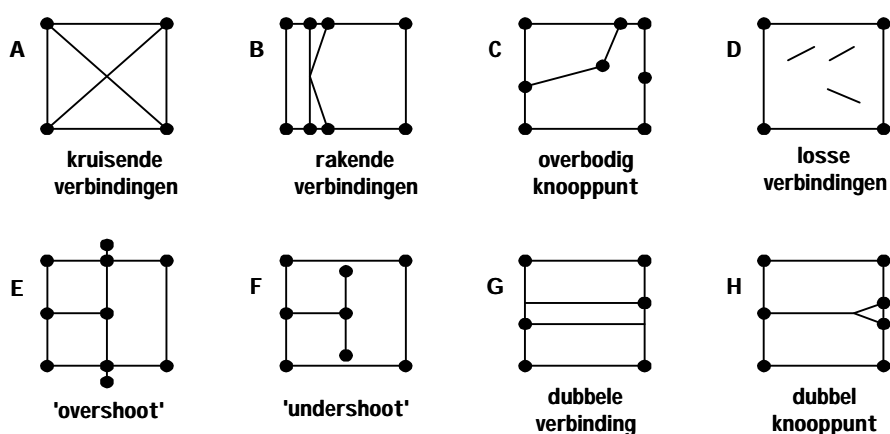
1. De eerste procedure derhalve bestaat uit het creëren van een consistent topologisch netwerk uit een niet-topologische structuur van knooppunt- en verbindingsobjecten. Daarbij is het zaak de herkomst- en bestemmingsobjecten waartussen de stromen en interacties worden bepaald, via knooppunten en verbindingen aan het netwerk te verbinden;
2. Indien een dergelijk topologisch netwerkobject is gecreëerd kunnen netwerkberekeningen, zoals kortste-padberekeningen tussen herkomst- en bestemmingsobjecten plaatsvinden;
3. Tenslotte worden de resultaten van netwerkberekeningen als attribuutwaarden van een herkomstbestemmingsobject bewaard in een herkomstbestemmingstabel als input voor berekeningen met probleemdomainspecifieke modellen.

Kortom, de grafentheorie biedt een raamwerk voor een robuust topologische klassenstructuur voor netwerkanalyse en de toepassing is richtinggevend voor de nadere invullingen van de bovengenoemde procedures voor netwerkanalyse. Deze drie procedures worden hieronder kort beschouwd.

Topologische consistentie

¹² Er zijn verschillende gegevensmodellen en -structuren ontwikkeld, die een op grafentheoretische principes gebaseerde representatie van geografische netwerken mogelijk maken (zie Mainguenaud 1995; Marx 1990; Molenaar 1989; Peuquet en Marble 1990; United States Bureau of Census 1990).

Voor het uitvoeren van netwerkberekeningen is een consistent topologisch netwerk vereist. *Consistentie* betekent, dat de geometrische en topologische eigenschappen van het netwerkobject eenduidig volgens bepaalde regels zijn vastgelegd; topologische consistentie kan omschreven worden als “having all spatial entities projected upon a plane surface, with no freestanding features, and having complete topology” (Laurini and Thompson 1992, pp. 188). Topologische consistentie kan eenvoudig aan de hand van een grafische weergave van enkele voorbeelden van mogelijke topologische inconsistenties worden geïllustreerd (zie figuur 6.3). Zo is in vlakke grafen sprake van topologische inconsistentie bij het ontbreken van een knooppunt op een snijpunt van verbindingen (figuur 6.3a) of bij lijnen die elkaar raken (figuur 6.3b). Andere inconsistenties in een topologisch gegevensmodel kunnen van



Figuur 6.3 Voorbeelden van geometrische en topologische inconsistenties in vlakke grafen

geometrische gegevens is het vereist de topologische consistentie te controleren. Procedures voor het opsporen en herstellen van geometrische en/of topologische inconsistenties kunnen veelal een deel van de problemen op automatische wijze herstellen¹³. In andere gevallen worden via de handmatige methode - met behulp van een grafische editor - de inconsistenties op interactieve wijze verwijderd. In deze studie zijn voor het rekenen met geografische netwerken de volgende regels in acht genomen voor het uitvoeren en het instandhouden van topologische consistentie:

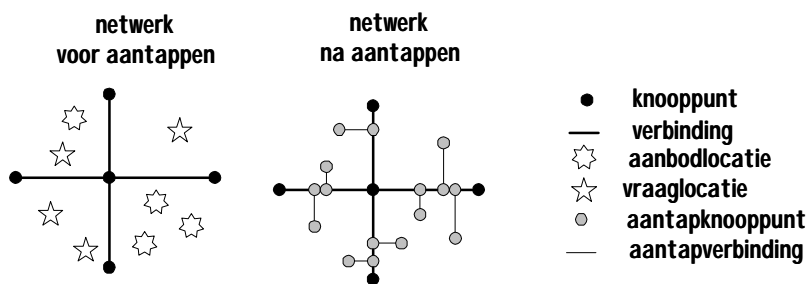
1. Losse verbindingen komen niet voor. Twee verbindingen zijn verbonden indien de verbindingen eenzelfde knooppunt delen. Dit betekent, dat minimaal één van de twee knooppunten van een verbinding een zogenaamde knooppuntorder heeft gelijk aan 2 of meer;
2. Losse knooppunten komen niet voor. Dit betekent, dat één van de twee knooppunten van de verbinding ook een verbinding heeft met een ander knooppunt; de knooppuntorder is dan 0, hetgeen betekent dat het punt geïsoleerd is en geen deel uitmaakt van het initiële netwerk;
3. Het geografisch netwerk heeft eigenschappen van een gerichte en gewogen grafe. Iedere verbinding heeft een begin- en eindknooppunt en heeft weerstand;
4. Tussen één paar knooppunten kunnen meerdere verbindingen zijn, hetgeen duidt op een meervoudige grafe;
5. Vanuit de assumptie, dat bij geografische netwerken sprake is van een vlakke grafe geldt, dat op iedere kruising van verbindingen zich een knooppunt bevindt. Indien deze ontbreekt, wordt aan een kruising van verbindingen een knooppunt toegevoegd.

Het aanbrengen van consistentie heeft mede betrekking op het zogenaamde *aantappen* van vraag- en aanbodobjecten aan het interactiesysteem. In sociaal-economische toepassingen zijn netwerken representaties van transport- en communicatiesystemen, waarbij de interactie tussen herkomst- naar bestemmingslocaties centraal staat. Het opnemen van herkomst- en bestemmings-

¹³ Een dynamische netwerkroutine zorgt ervoor, dat inconsistenties automatisch worden verwijderd met instandhouding van de noodzakelijke topologische relaties volgens de gehanteerde conventies. Een netwerkroutine is een set van algoritmes, die inconsistenties in het netwerk automatisch verwijderd en waar nodig consistentie aanbrengt. Vanwege het feit, dat netwerkberekeningen vrij rekenintensieve bewerkingen zijn, en het niet nodig is consistentie aan te brengen als consistentie al aanwezig is, is een procedure voor controle op aanwezigheid van topologische consistentie toegevoegd. Daarbij is het van belang te controleren of een topologische structuur voor de relevante objecten consistent is, en zo nee, of consistentie aangebracht dient te worden.

geometrische oorsprong zijn; zoals het ontbreken van een lijnstuk (figuur 6.3c), de aanwezigheid van een losse verbinding (figuur 6.3d), de aanwezigheid van een niet bestaande verbinding of 'overshoot' (figuur 6.3e), het ontbreken van een verbinding of 'undershoot' (figuur 6.3f), een dubbele verbinding (figuur 6.3g) of een dubbel knooppunt (figuur 6.3h). De aanwezigheid van topologische (in)consistentie in geografische netwerken is afhankelijk van de eisen, die gesteld worden aan de gegevensstructuur; in het bijzonder de opvraagmogelijkheden die nodig zijn. Ten behoeve van het gebruik van

locaties of vraag-aanbodlocaties in een netwerk heeft eveneens aanpassing van de topologische structuur tot gevolg. Het *aan-tappen* van geografische objecten aan het netwerk vindt plaats door twee nieuwe knooppunten op te nemen in het netwerk. Deze twee knooppunten ontstaan doordat door een *verbindingslijn* wordt aangebracht tussen de vraag-aanbodlocatie en de dichtsbijzijnde locatie op het netwerk (zie figuur 6.4). De vraag-aanbodlocatie, gerepresenteerd als punt, wordt opgenomen als knooppunt



Figuur 6.4 Netwerk voor en na aantappen

in het netwerk, waardoor het mogelijk wordt om ruimtelijke relaties te leggen met andere locaties representerende knooppunten in het netwerk. Ten behoeve van het aantappen van een vraag-aanbodlocatie aan een locatie op het netwerk is een aantal procedures vereist. Vanuit de locatie (xy-coördinaat) wordt met behulp van een geometrische zoekprocedure en ruimtelijke indexeringstechniek de locatie op de dichtsbijzijnde verbinding gezocht. Op deze locatie wordt een verbinding gesplitst door een knooppunt toe te voegen. Tegelijkertijd wordt de vraag-aanbodlocatie aangeapt door een verbindings-

lijn toe te voegen tussen het knooppunt van de aantaplocatie en de locatie van het vraag-aanbodlocatie. Daarmee wordt de vraag-aanbodlocatie als knooppunt in het netwerk gerepresenteerd.

Kortste route-algoritmen

Nadat het aantappen heeft plaatsgevonden is de topologische structuur voldoende consistent om netwerkberekeningen te doen plaatsvinden. Een netwerkroutine, die een belangrijke rol speelt in deze studie is het bepalen van de kortste route. De kortste route tussen twee punten in het netwerk is de route, waarvan de waarden van de verbindingen (en knooppunten) op de route de laagste (cumulatieve) weerstand weergeeft van alle mogelijke routes tussen het begin- en eindknooppunt. Elke verbinding, en eventueel ieder knooppunt, in het netwerk heeft een bepaalde waarde welke de moeite van de verplaatsing weergeeft; de afstand of kosten of tijd¹⁴, die nodig is om de betrokken knooppunten en verbindingen in het netwerk te passeren. Voor het berekenen van kortste routes in een netwerk zijn verschillende algoritmen ontwikkeld. Globaal kunnen een tweetal groepen worden onderscheiden: algoritmen, die vanuit een bepaald punt verbindingen aan een *kortste routeboom* toevoegen en rekenmethoden gebaseerd op een structuurmatrix (zie Ritsema van Eck 1993). In het algemeen wordt gesteld, dat in een netwerk van enige omvang de boomalgoritmen efficiënter zoeken dan de matrixalgoritmen, zeker indien een beperkt aantal routes wordt gezocht (Jansen 1970; Ritsema van Eck 1993)¹⁵. In de context van GIS-applicaties is het Dijkstra-algoritme (Dijkstra 1959) een geschikt alternatief (zie Ritsema-van Eck 1993). Gezien

¹⁴ De definitie van 'kortste route' kan uiteenlopen. Bij het zoeken van een kortste route is het minimaliseren van de route (naar afstand) slechts één van de mogelijke criteria. Ook bij criteria als reistijd en vervoerskosten wordt de weerstand tussen twee knooppunten bepaald door mini-malising van de som tussen deze twee knooppunten. Naast deze criteria, die direct af te leiden zijn van de lengte van een verbinding, kunnen bijvoorbeeld ook kortste routes van minimale risico worden berekend. Het totale risico op een route is het product van alle 'risicoweerstanden' op de route. Ook het bepalen van de kortste route op basis van een combinatie van criteria is mogelijk. De criteria dienen dan wel in een index te worden verval. Zo zou een geïndexeerde maat bestaande uit een combinatie van reistijd, kosten, veiligheid, gemak en comfort als kortste route bepalende variabele kunnen fungeren. Naast verbindingen kunnen ook aan knooppunten in een netwerk weerstanden worden toegekend. Er zijn daarvoor allerlei applicatiespecifieke varianten denkbaar. Bijvoorbeeld het bepalen van een kortste route onder vermindering van bepaalde knooppunten of bepaalde verbindingen. Dit probleem wordt opgelost door het betreffende punt of verbinding niet op te nemen in het netwerk of een hoge weerstand toe te kennen (barrièrewerking). Op een dergelijke wijze kan ook de op n na kortste route in een netwerk bepaald worden. Voor de op één na kortste route wordt voor elke verbinding op de kortste route bezien wat de kortste route is onder vermindering van die betreffende verbinding. De kortste van al deze routes is de op één na kortste route. Op eenzelfde wijze kan de op n na kortste route in een netwerk vastgesteld worden.

¹⁵ Daar bij een netwerk van enige omvang talrijke berekeningen moeten worden uitgevoerd, is computergestuurde ondersteuning bij het uitvoeren van netwerkberekeningen een zeer gewenst. De beoordeling van de efficiëntie van de diverse kortste route en andere netwerk-algoritmen is dan ook veelal gebaseerd op de tijd en het geheugenbeheer, dat nodig is voor het uitvoeren van de vele berekeningen in de computer. Een inzichtelijke, efficiënte en veelvuldig gehanteerde kortste route-algoritme, die de kortste route tussen twee knooppunten in een netwerk bepaalt, is het algoritme van Dijkstra. Ook in de context van op-de-markt-verkrijgbare geografische informatiesystemen is het Dijkstra-algoritme veelvuldig toegepast vanwege zijn eenvoud, inzichtelijke werking en geschiktheid voor het rekenen met omvangrijke netwerken (Lupien *et al.* 1987; Ritsema-van Eck 1993).

het belang van netwerken in GIS-applicaties voor locatieplanning en de gewenste efficiëntie in netwerkberekeningen is in een vroeg stadium inzicht in de werking van het netwerk algoritme vereist. In het bekende boom algoritme van Dijkstra wordt vanuit een beginpunt van de route - verbinding voor verbinding - een boomstructuur opgebouwd, zodanig dat elke kortste route vanuit ieder knooppunt in de boom kan worden herleid tot het beginpunt. Daarbij wordt op elk knooppunt bezien of de nieuwe, toe te voegen verbinding op de kortste route ligt, zodat de route terug naar de bron de kortste is. Het opbouwen van de boomstructuur duurt net zolang voort totdat iedere eindpunt is bereikt. In het geval dat de kortste route tussen de twee verstrekte uiteenliggende punten berekend is, zijn ook alle kortste routes tussen beginpunt en alle andere punten in het netwerk bekend.

Herkomstbestemmingsmatrix

Om de resultaten van netwerkanalyse te kunnen gebruiken in de uiteenlopende probleem domeinspecifieke modellen van locatieplanning wordt de structuur van het netwerk doorgaans gerepresenteerd in een zogenaamde *herkomstbestemmingsmatrix* of weerstandenmatrix. Deze matrix bestaat uit een aantal kolommen en rijen - overeenkomstig het aantal herkomst- en bestemmingslocaties - en bevat voor iedere matrixelement de weerstand volgens de kortste route tussen de herkomst- en bestemmingslocatie. Op basis van deze matrix kunnen uiteenlopende modellen van locatieplanning met relevante netwerk weerstanden worden gevoed.

6.2.3 Functionele systeemarchitectuur en soorten objecten in GIS-applicaties

Functionele systeemarchitectuur

In paragraaf 4.4.1 zijn in de context van decision support systemen verschillende typen gebruikers onderscheiden. Ondanks verschillen in kennisniveau en behoeften wordt hier gemakshalve verondersteld, dat één type gebruiker te onderscheiden is, de intermediaire gebruiker. Met de gebruiker(s) van het systeem wordt derhalve in het vervolg de persoon bedoeld, die rechtstreeks met het systeem in interactie staat. Deze gebruiker geeft aan het systeem door welke bewerkingen op de gegevens worden uitgevoerd. De resultaten van deze bewerkingen - veelal in de vorm van nieuwe gegevens - kunnen voor verschillende personen een meerwaarde hebben, zoals onderzoekers, beleidsmakers en beslissers, politici, publiek, et cetera. In figuur 6.5 is de functionele architectuur van een GIS-applicatie uiteengezet. In een GIS-applicatie zijn diverse functionele onderdelen te onderscheiden:

1. één of meerdere systemen om geografische objecten en bijbehorende attributen en attribuutwaarden te kunnen bewerken (invoeren, wijzigen en verwijderen);
2. één of meerdere systemen voor de specificatie, opslag, berekening en presentatie van modellen en modelresultaten;
3. één of meerdere systemen voor presentatie van gegevens in uiteenlopende presentatievensters of views (kaart, tabel, grafiek, tekst, et cetera);
4. één of meerdere systemen voor het intern opslaan van gegevens en importeren/exporteren van gegevensbestanden naar externe databases en externe applicaties.

Soorten objecten in GIS-applicaties

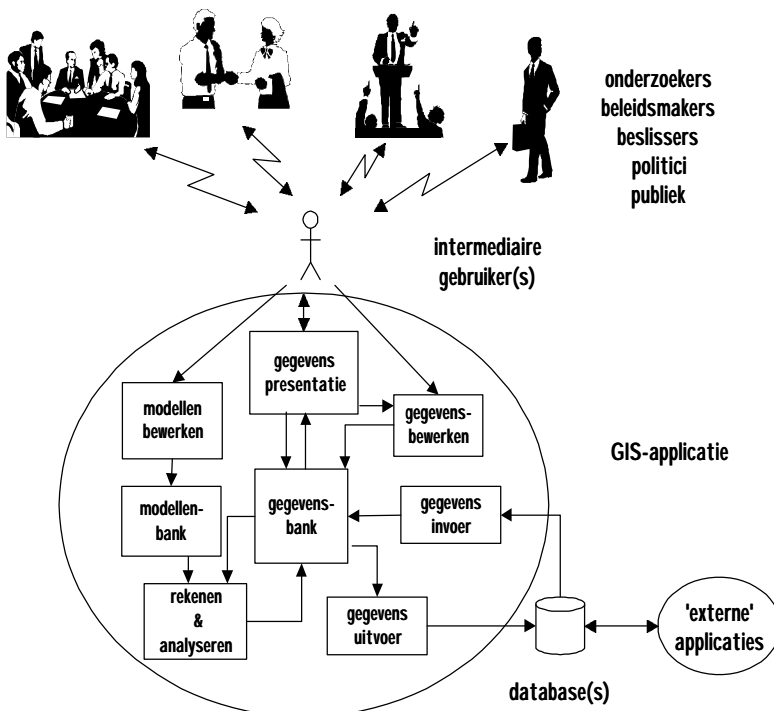
Objecten zijn de organiserende principes bij kennisrepresentatie (Hendriks 1992). Bij geografische kennisrepresentatie wordt gesproken van geografische objecten of geo-objecten. In paragraaf 2.2.3 zijn diverse voorbeelden gegeven van mogelijke attribuu dimensies van geo-objecten, zoals thematische, ruimtelijke, temporele en grafische attribuu dimensies (zie figuur 2.4). Synchroon aan de verschillende kennis domeinen worden verschillende soorten objecten onderscheiden. Voor de ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning zijn in deze studie zeven soorten objecten onderscheiden:

1. *geografische objecten* of geo-objecten afkomstig uit het probleem domein;
2. *modelobjecten* voor de representatie van probleem domeinspecifieke modellen van locatieplanning;
3. *ruimtelijke objecten* in het ruimtelijke gegevensmodel (geometrische/grafische en topologische objecten);
4. *presentatieobjecten* voor de presentatie van gegevens in kaart en tabel;
5. *gebruikersinterfaceobjecten* voor de (grafische) gebruikersinterface;
6. *bestandsobjecten* voor het bestandsbeheer;
7. *implementatieobjecten* voor implementatie van de bovengenoemde objecten.

Geografische objecten zijn de (geo-)objecten uit het probleem domein (zie paragraaf 2.4.2). De *modelobjecten* representeren de bouwstenen voor de probleem domeinspecifieke modellen en technieken van locatieplanning. De *modelobjecten* onderhouden nauwe relaties met geografische objecten; *modelobjecten* representeren een deel van de eigenschappen en het gedrag van geo-grafische

objecten. Beide vormen wat genoemd wordt de *domeinobjecten*; objecten die verwijzen naar het probleemdomein. Een geografisch object heeft in veel gevallen een geografische neerslag¹⁶. De geografische neerslag vindt het geografische object - via het principe van overerving - door de 'koppeling' met een geometrisch object. Om de functies van een GIS-applicatie voor locatieplanning te kunnen ondersteunen is het opslaan van gegevenselementen van geometrische en topologische aard in een efficiënte ruimtelijke gegevensstructuur een allereerste vereiste. Deze twee soorten objecten, geometrische en topologische, worden in deze studie verder aangeduid met *ruimtelijke objecten*. *Presentatieobjecten* zorgen voor de presentatie van de gegevens in kaart en tabel. In het eerste geval wordt gesproken van cartografische objecten en in het tweede geval van tabulaire objecten. De *gebruikersinterfaceobjecten* zijn de - doorgaans standaard - objecten voor de (grafische) gebruikers-interface. De *bestandsobjecten*

zijn diverse soorten objecten, die een functie vervullen ten behoeve van het inlezen en opslaan van de gegevens in de vorm van persistente objecten uit en in bestanden. *Implementatieobjecten* zijn instanties van klassen, die voor implementatie worden toegepast. Deze klassen worden ook wel aangeduid met basisklassen en fundamentele klassen, bijvoorbeeld Characters, Integers, Floats, Doubles, Longs, et cetera. Bij implementatie wordt uiteindelijk ieder object in een implementatieobject omgezet.



6.3 Analyse; het object(domein)model

6.3.1 Klassenraamwerk probleemdomeinspecifieke modellen

In figuur 6.6 is het klassenraamwerk voor het in de vorige paragraaf beschreven ruimtelijk interactiesysteem tussen vraag en aanbod weergegeven (zie bijlage 2 voor de verklaring van de symbolen van de Object Modeling Notatie). Objecten van het type *Aanbod* en *Vraag* hebben diverse eigenschappen, die de toestand van de aanbod- en vraagobjecten uit het probleemdomein beschrijven, zoals sociaal-economische eigenschappen

Figuur 6.5 Functionele architectuur van GIS-applicaties

en de locatie. Daarnaast zijn afgeleide of afhankelijke attribuutvariabelen opgenomen; dit zijn onder andere de indicatoren, die met behulp van modellen van locatieplanning worden berekend. Bijvoorbeeld in het gedrag van objecten van het type *Aanbod* en *Vraag* zijn operaties opgenomen met een ruimtelijke impact; de operaties *vestigen*, *opheffen*, *verplaatsen* en *vernieuwen*. De operaties *zet_vraagindicator* en *zet_vraagindicator_model* voor het opslaan van de relevante indicatoren voor objecten van het type *Vraag* worden aangestuurd via objecten van het type *VraagAanbodInteracties*, die op hun beurt een associatie onderhouden met objecten van het type *ModelVanLocatiePlanning*. De klasse *VraagAanbodInteracties* is een klasse, die de zorg draagt voor het berekenen van de interacties tussen vraag en aanbod. Deze klasse kan vergeleken worden met de herkomstbestemmingsmatrix, waarin voor iedere herkomst- en bestemmings-locatie de interactiegraad of weerstand wordt vastgelegd. De klasse *VraagAanbodInteracties* ontstaat door het leggen van de ruimtelijke relaties tussen vraag- en aanbodlocaties via het interactiesysteem aan de hand van geografische netwerkanalyse.

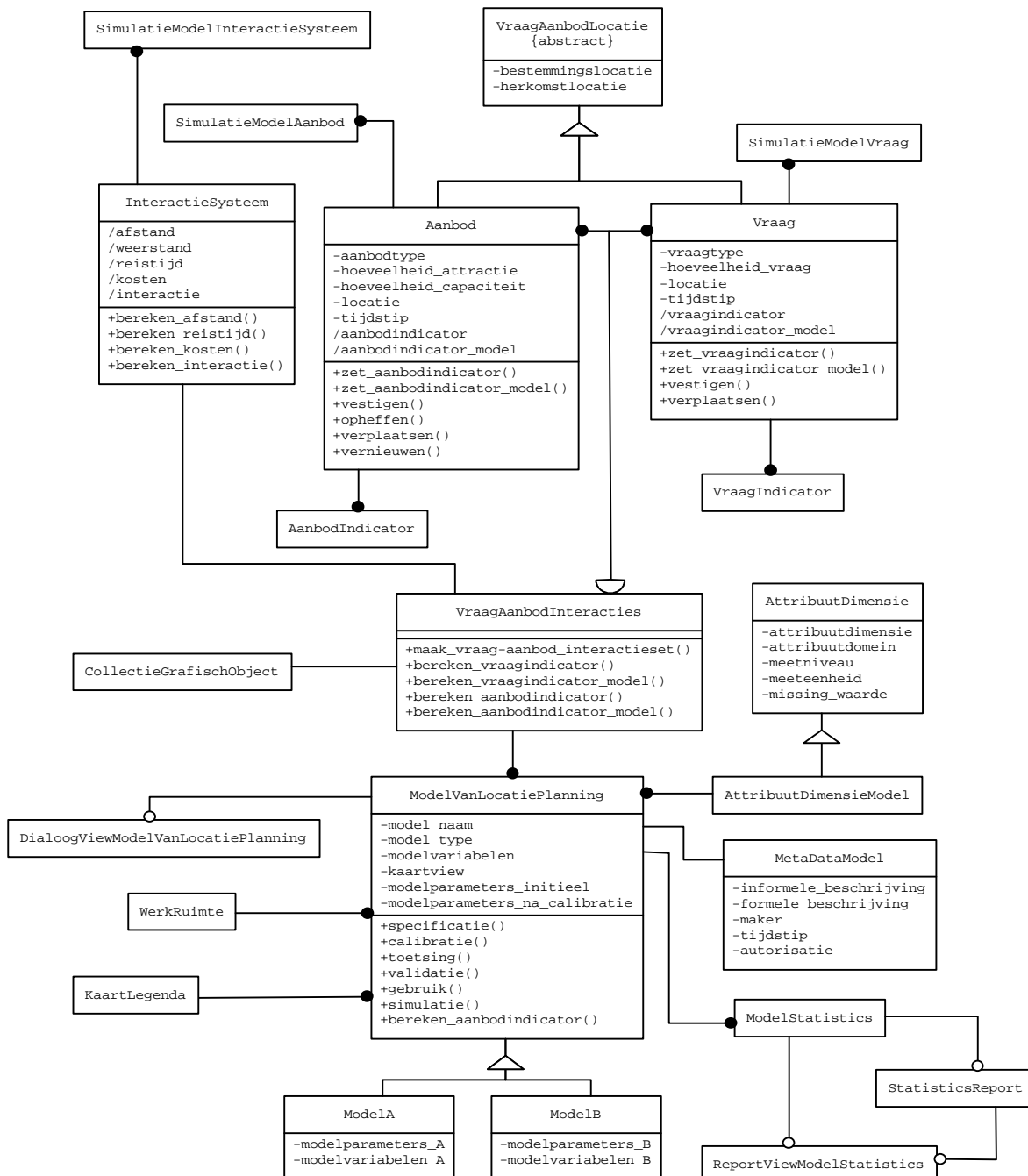
In paragraaf 6.3.2 wordt op de rol van deze klasse nader ingegaan in relatie tot het interactiesysteem en geografische netwerk-analyse. De operaties *bereken_aanbodindicator* en *bereken_vraagindicator* van de klasse *VraagAanbodInteracties* zijn ver-

¹⁶ Geo-objecten hebben bij voorkeur een geometrische attribuutdimensie. Probleemdomeinspecifieke objecten die echter geen directe geo-metrische attribuutdimensie bezitten, worden toch als geo-objecten aangeduid. Daarmee wordt met het begrip 'geo-objecten' expliciet verwezen naar objecten uit een geografisch probleemdomein.

antwoordelijk voor het berekenen van vraag- en aanbodindicatoren. Objecten van het type `InteractieSysteem` vormen de verbindingselementen voor de (ruimtelijke) integratie van objecten van het type `Vraag` en `Aanbod`. Dat wil zeggen via een object van het type `InteractieSysteem` worden vraag- en aanbodobjecten in het ruimtelijk systeem ‘gekoppeld’. Daardoor kunnen de ruimtelijke relaties tussen vraag- en aanbodobjecten in de vorm van de weerstand (afstand, reistijd, kosten, et cetera) worden vastgesteld. De weerstand tussen vraag en aanbod wordt met behulp van het interactiesysteem bepaald en in de vorm van attribuutvariabelen van een (samengesteld) object `VraagAanbodInteracties` vastgelegd (een soort herkomstbestemmingsmatrix). De ruimtelijke eigenschappen en relaties worden daarbij gelegd (en voor een deel overgeërfd) van ruimtelijke objecten (zie verder paragraaf 6.3.2 en 6.3.3). De eigenschappen van de klasse `VraagAanbodInteracties` zijn input voor modelberekeningen en daardoor geassocieerd aan objecten van het type `ModelVanLocatiePlanning`. Objecten van het type `ModelVanLocatiePlanning` controleren de modelberekeningen; van de afhandeling van de input via de gebruiker (proces van modelspecificatie) tot het aansturen van de modelberekeningen (calibratie, validatie en toetsing) tot het modelgebruik (berekenen van prestatie-indicatoren en simulatie). Daarbij onderhouden deze objecten relaties objecten van het type `VraagAanbodInteracties`, die een belangrijk deel van berekeningen uitvoeren.

Een probleemdomainspecifiek model bestaat uit één of meerdere modelvariabelen en/of modelparameters. Modelvariabelen zijn de attribuutvariabelen van vraag- en/of aanbodobjecten en/of hun onderlinge interactie, die input vormen voor bepaalde modelgebaseerde bewerkingen. Modelparameters bepalen mede de wijze waarop de bewerkingen plaatsvinden. Enkele algemene eigenschappen van modellen voor locatieplanning zijn in het klassendiagram in figuur 6.6 in onderlinge samenhang beschreven. Objecten van het type `ModelVanLocatiePlanning` hebben enkele - door een gebruiker te specificeren - generieke eigenschappen, zoals `model_naam`, `model_type` en één of meerdere modelvariabelen en (voor calibratie) de `modelparameters_initieel` en `modelparameters_na_calibratie`. Een model van locatieplanning heeft ook een verzameling `modelstatistics`, waarin de bij het model horende toetsings- en/of validatiematen zijn opgenomen. Objecten van het type `ModelStatistics` kunnen worden bewaard in een bestandsobject `StatisticsReport` en worden zichtbaar gemaakt via een object van het type `ReportViewModelStatistics`. De inputgegevens voor de modelberekeningen krijgt het model via de kaart. De kaart is in GIS-applicaties niet alleen de presentatievorm om geo-objecten - de objecten van het type `Vraag`, `Aanbod` en `InteractieSysteem` - aan de gebruiker te presenteren, maar ook om deze geo-objecten te selecteren. Door een relatie te bewerkstelligen tussen de klasse `ModelVanLocatiePlanning` en de klasse `KaartLegenda` wordt indirect de relatie gelegd tussen de geo-objecten en het model. Dat wil zeggen door de objecten van vraag en aanbod en het interactiesysteem in een kaartpresentatie af te beelden worden de voor de modelberekeningen benodigde geo-objecten van vraag, aanbod en het interactiesysteem via het kaartbeeld aan het modelobject kenbaar gemaakt. De volgorde waarin de geodatasets in de kaartlegenda zijn opgenomen is daarbij van belang (van boven naar beneden); de gebruiker kan het systeem op deze wijze laten weten welke geodataset de vraagobjecten (eerste), de aanbodobjecten (tweede) en de objecten van het interactiesysteem (derde) bevat. Daarbij zijn nog diverse tussenliggende domein- en presentatieklassen nodig, die in figuur 6.6 vanwege de functionaliteit en het overzicht achterwege zijn gelaten (zie paragraaf 6.3.3). Hetzelfde kaartbeeld kan daarbij als ‘gegevensinputmechanisme’ fungeren voor meerdere modellen van locatieplanning; dit is vanzelfsprekend gewenst om verschillende modelspecificaties met dezelfde inputgegevens te kunnen calibreren, toetsen, et cetera. De output van probleemdomainspecifieke modellen in de vorm van een indicator wordt als attribuutvariabele van ofwel objecten van het type `Aanbod` ofwel objecten van het type `Vraag` gerepresenteerd. Indien een model een attribuutvariabele van een geo-object als output heeft, heeft ieder object van het type `ModelVanLocatiePlanning` een relatie met een object van het type `AttribuutDimensieModel`. Deze klasse onderhoudt een overervingsrelatie met de abstracte klasse `AttribuutDimensie`. In paragraaf 6.3.4 wordt de rol van deze klasse nader toegelicht. Het gedrag van een object van het type `model ModelVanLocatiePlanning` is in de operaties vastgelegd; generieke operaties voor modellen zijn `specificatie`, `calibratie`, `toetsing`, `validatie`, `gebruik` en `simulatie`.

In de overervingsrelatie tussen de klasse `ModelVanLocatiePlanning` en de subclasses `ModelA` en `ModelB` is aangegeven, dat diverse soortgelijke modellen van locatieplanning in dit raamwerk ingepast kunnen worden. Vanwege de mogelijkheid voor gevoeligheidsanalyse en onzekerheidsanalyse bij het werken met modellen in locatieplanning wordt ruimte gelaten voor *alternatieve implementaties*; het proces van modelontwikkeling is namelijk een proces waarin diverse soortgelijke modellen via uiteenlopende modelspecificaties worden getoetst op hun prestatie (zie paragraaf 2.3.5). Objecten van het type `VraagIndicator` en



Figuur 6.6 Klassendiagram vraagaanbodstelsel en modellen van locatieplanning

`AanbodIndicator` zijn optioneel. Dat wil zeggen afhankelijk van het probleemdomein zal een dergelijke klasse aanwezig zijn (zie bijvoorbeeld paragraaf 7.4.3). De klasse `DialogViewModelVanLocatiePlanning` is een zogenaamde presentatieklasse. Deze klasse zorgt voor de schermrepresentatie van de modelgegevens aan de gebruiker. Via het modelspecifieke dialoogvenster kan de gebruiker aangeven in welk kaartvenster de inputgegevens voor de modelberekeningen te vinden zijn. Daarmee heeft de gebruiker de mogelijkheid de set van inputgegevens mede vast te stellen aan de hand van geografische selectiefuncties en kaartinteractie. Vooruitlopend op de dynamische modellering (paragraaf 6.4) en het ontwerp van applicatieklassen (paragraaf 6.6.3) is deze klasse in het klassendiagram opgenomen om aan te geven, dat de modellen van locatieplanning door de gebruiker van de applicatie bewerkt kunnen worden. Dit geldt ook voor de schermrepresentatie van objecten van het type `StatisticsReport` via een object van het type `ReportViewModelStatistics`.

In figuur 6.6. is tevens de relatie met complementaire modellen uiteengezet in een drietal klassen voor complementaire (simulatie)modellen. In de samenwerking tussen de modellen van locatieplanning en andere *complementaire modellen*¹⁷ zit een belangrijke meerwaarde. Elke component van het ruimtelijk interactiesysteem onderhoudt een relatie met één of meerdere (soorten) simulatiemodellen; `SimulatieModelVraag`, `SimulatieModelAanbod` en `SimulatieModelInteractieSysteem`. In paragraaf 7.6 is de toepassing van een complementair model verder uitgewerkt. In paragraaf 7.7.8 en 8.7.8 zal in de case studies nader in worden gegaan op de integratie van specifieke modellen van locatieplanning met complementaire modellen.

Tevens wordt over ieder probleemdomeinspecifieke model meta-gegevens vastgelegd via de klasse `MetaDataModel`, die desgewenst door de gebruiker kunnen worden aangepast. Bij meta-gegevens gaat het niet om de gegevens *van* de modellen, maar gegevens *over* de modellen, zoals de maker van het model, de toegang tot het model, het tijdstip van ontstaan van het model, het gebruik van het model, et cetera. Vanwege het feit, dat het ontwikkelen van modellen (specificatie, calibratie, toetsing, validatie) een tijd- en rekenintensieve activiteit is, is het zeker niet gewenst, dat gegevens over modellen voor iedere 'willekeurige' gebruiker toegankelijk zijn. Met een autorisatiemechanisme wordt de toegang van een model voor de gebruikers geregeld. Daarnaast is de formele en informele beschrijving van het model - via een speciale helpfunctie - beschikbaar, zodat de gebruiker van het systeem de achtergronden (theorie, methodologie en toepassing van de modellen) desgewenst kan raadplegen.

6.3.2 Naar een ruimtelijk objectmodel voor locatieplanning

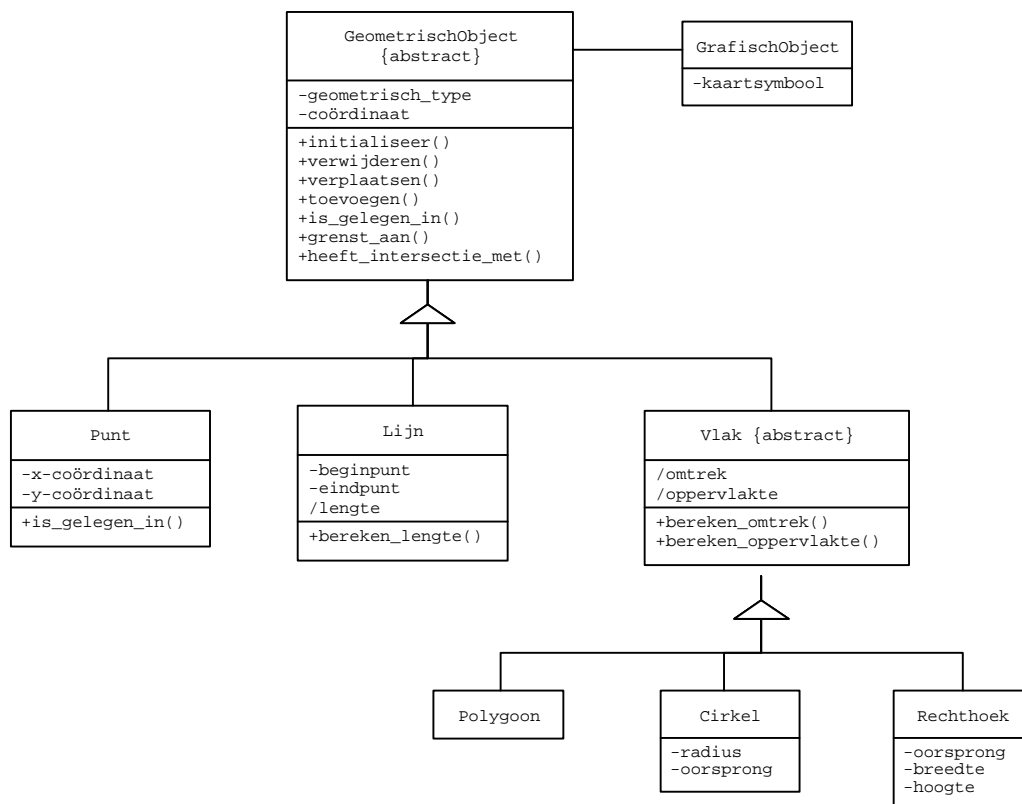
In de probleembeschrijving is vanuit het perspectief van de gebruiker gekeken naar de generieke functies voor een te ontwikkelen GIS-applicatie (zie paragraaf 6.2.1). Het meest elementaire onderdeel van een GIS-applicatie is het ruimtelijk gegevens-model, dat uit een probleem- en gebruikersbeschrijving niet expliciet naar voren komt, maar is verankerd in de functionaliteit van het systeem (zie paragraaf 3.2). Met het ontwikkelen van een ruimtelijke gegevensmodel wordt een fundament gelegd voor de mogelijkheden om de applicatie in de toekomst efficiënt te kunnen wijzigen (veranderen/aanpassen, uitbreiden en ver-wijderen). Het gegevensmodel geeft een abstracte weergave van de gegevensstructuur en weerspiegelt de elementaire ruimtelijke klassen en hun onderlinge associaties. Op de vraag welke gegevensstructuur te hanteren is geen eenduidig antwoord mogelijk. Uiteenlopende factoren spelen een rol bij de specificatie van een gegevensstructuur, zoals de gewenste systeemfuncties, de performance en de implementatie (zie paragraaf 3.2.4). In paragraaf 3.2.3 zijn voor de representatie van de geografische werkelijkheid in de computer een tweetal typen gegevensmodellen onderscheiden, het raster- en vectorgeoriënteerd gegevensmodel.

Voor locatieplanning, waarin sociaal-economische objecten doorgaans een ruimtelijke representatie in de vorm van discrete locaties krijgen, is het vectorgeoriënteerd model het meest voor de hand liggende model voor ruimtelijke representatie (zie paragraaf 3.2). In het vectorgeoriënteerd gegevensmodel zijn drie geometrische primitieven te onderkennen: punten, lijnen en vlakken. De drie geometrische primitieven worden in een vectormodel gebruikt voor geometrische representatie, waarmee de absolute ligging van geo-objecten wordt vastgesteld¹⁸. In figuur 6.7 is een klassendiagram van een eenvoudig ruimtelijk object-model weergegeven. In het klassendiagram zijn de geometrische klassen `Punt`, `Lijn` en `Vlak` opgenomen voor de representatie van geo-objecten uit het sociaal-economisch probleemdomein van locatieplanning. Naast punten, lijnen en vlakken zijn drie andere

¹⁷ Een model om de vraag te voorspellen - bijvoorbeeld een bevolkingsvoorberekeningsmodel - of een model om de locatie van het aanbod te optimaliseren - bijvoorbeeld een locatie-allocaatiemodel - zijn voorbeelden van complementaire (simulatie)modellen.

¹⁸ De bovengenoemde geometrische klassen zijn ook in andere soortgelijke ruimtelijke gegevensmodellen terug te vinden (Clementini en Di Felici 1990; ESRI 1996; Molenaar 1989; OGC 1996; Province of British Columbia 1995). Dit is op zich niet verwonderlijk, want het betreft een relatief eenvoudige en bijna minimaal vereiste ruimtelijke klassenstructuur voor sociaal-economische GIS-applicaties.

geometrische/grafische primitieven toegevoegd; de polygoon, cirkel en rechthoek. Een polygoon is een willekeurig vlak bestaande uit een reeks aaneengesloten lijnen (minimaal 3) waarvan het begin- en eindpunt hetzelfde is. Objecten van het type `Cirkel` en `Rechthoek` zijn van belang voor enkele interactieve functies van (geo)grafische interactie (zie beschrijving use cases in bijlage 3). De geometrische primitieven - in het vervolg aangeduid met *geometrische objecten* - hebben een aantal generieke eigenschappen. Deze eigenschappen zijn verenigd in de abstracte superklasse `GeometrischObject`. De superklasse `Geometrisch-Object` bevat als abstracte klasse zelf geen objecten, maar definieert attribuutvariabelen en methoden voor de subklassen. De objecten van de geometrische (sub)klassen `Punt`, `Lijn`, `Vlak`, `Polygoon`, `Cirkel` en `Rechthoek` erven de eigenschappen van de superklasse `GeometrischObject` automatisch over. Het gaat om een aantal generieke eigenschappen, van zowel declaratieve, procedurele als structurele aard (zie paragraaf 5.2.1). De declaratieve eigenschappen zijn beperkt tot het attribuut `geometrisch_type` en het attribuut `coördinaat`. In het attribuut `coördinaat` zijn de coördinaatgegevens opgeslagen. De geometrische objecten van het type `Punt`, `Lijn`, `Polygoon`, `Cirkel` en `Rechthoek` hebben naast generieke een aantal specifieke eigenschappen. De specifieke eigenschappen zijn opgenomen in de ruimtelijke klassen zelf. Bijvoorbeeld objecten van de klasse `Lijn` hebben een afgeleide attribuutvariabele `lengte`, die met behulp van de operatie `bereken_lengte` wordt bepaald. Een object van het type `Cirkel` heeft daarbij twee specifieke attribuuteigenschappen, namelijk het punt van oorsprong en de radius. De superklasse `Vlak` heeft specifieke attribuuteigenschappen, zoals `omtrek` en `oppervlakte` en bijbehorende operaties `bereken_omtrek` en `bereken_oppervlakte`. Naast de bovengenoemde operaties van de concrete klassen, zijn enkele operaties met een meer generiek



Figuur 6.7 Klassendiagram voor geometrisch objectmodel

karakter aanwezig in de abstracte klasse `GeometrischObject`. Voorbeelden van dergelijke procedurele eigenschappen van ruimtelijke objecten zijn operaties voor het creëren van een geometrisch object (de operatie `initialiseer`), het wijzigen van de geometrie (de operaties `verplaatsen`, `verwijderen`, `toevoegen`) en operaties voor het leggen van ruimtelijke relaties tussen geometrische objecten (de operaties `is_gelegen_in`, `grenst_aan`, `heeft_intersectie_met`). De operatie `initialiseer` is een zogenaamde klassenoperatie en kan alleen door de klasse `GeometrischObject` worden uitgevoerd; de overige operaties worden door de objecten van de subklassen overgeërfd. Daarbij zal voor iedere geometrische klasse de implementatie van de operatie

anders zijn. Bijvoorbeeld de ruimtelijke operatie `is_gelegen_in` krijgt als operatie van een object van het type `Punt` een andere implementatie als het deze ruimtelijke relatie voor een object van het type `Lijn` of `Polygoon` moet worden berekend. Via de parameters van de operatie weet het object `Punt` welke implementatie gekozen moet worden¹⁹.

Voor de gebruiker worden geo-objecten via de ruimtelijke objecten zichtbaar gemaakt via drie overeenkomstige grafische primitieven, die in de vorm van kaartsymbolen worden afgebeeld in de kaart. Vandaar dat objecten van geometrische klassen een relatie met de klasse `GrafischObject` hebben, die op hun beurt een associatie-attribuut `kaartsymbool` bezitten. Dit attribuut verwijst naar een kaartsymbool, zoals die in het kaartbeeld kan worden weergegeven (zie paragraaf 6.3.4). In de twee case studies wordt een probleemdomainspecifieke invulling gegeven aan de verankering van probleemdomainspecifieke objecten in het ruimtelijk objectmodel. De verankering vindt plaats via het toevoegen van domeinobjecten; geo-objecten en modelobjecten. (zie verder de paragrafen 7.3 en 8.3).

Aldus zijn in het geschetste ruimtelijke gegevensmodel niet alleen declaratieve en structurele eigenschappen weergegeven, maar tevens - en eigenlijk vooruitlopend op de dynamische modellering - enkele procedurele eigenschappen van de ruimtelijke objecten. Veelal kunnen/worden de operaties van ruimtelijke objecten pas na de dynamische modellering vastgesteld. Het dynamisch model levert de operaties op, die de objecten kunnen uitvoeren. Na de totstandkoming van het dynamisch model worden tijdens het objectontwerp de operaties aan het ruimtelijke gegevensmodel toegevoegd, zodat van een ruimtelijk object-model kan worden gesproken (zie paragraaf 6.6.1). Deze ruimtelijke objecten vormen vanwege het meervoudige functionele gedrag²⁰ een belangrijke onderdeel van het GIS-applicatieraamwerk.

6.3.3 Uitbreiding ruimtelijk objectmodel voor netwerkberekeningen

De voor netwerkanalyse relevante objecten, hun attribuutvariabelen, operaties en onderlinge relaties zijn in een klassendiagram van het topologisch ruimtelijk gegevensmodel weergegeven (zie figuur 6.8). De klasse `Grafe` is een abstracte klasse en definiëert enkele belangrijke eigenschappen, die voor de afgeleide geografische netwerken van belang zijn. De klasse `GeografischNetwerk` is een subklasse van de klasse `Grafe`. De klasse `GeografischNetwerk` heeft procedurele eigenschappen, die zorgen voor het instandhouden van de geometrische en topologische consistentie en het aantappen van herkomst- en bestemmingsobjecten. Vooruitlopend op de dynamische modellering zijn enkele operaties van de klasse `GeografischNetwerk` eveneens in het klassendiagram opgenomen (zie paragraaf 6.4.2 voor het bijbehorende interne eventtraceringsdiagram). De klasse `GeografischNetwerk` is samengesteld uit objecten van het type `Verbinding` en `Knooppunt`. Doordat richting in geografische netwerken een belangrijke rol speelt, hebben objecten van het type `Verbinding` twee attribuuteigenschappen: een attribuut `begin_knooppunt` en een attribuut `eind_knooppunt`.

Voor het uitvoeren van netwerkberekeningen op basis van een kortste route-algoritme wordt een beroep gedaan op het concept *pad* uit de grafentheorie. De grafentheorie onderscheidt verschillende soorten paden, zoals circuits en routes. Om kortste routes te kunnen bepalen zijn algoritmen ontwikkeld, zoals matrix- en boomalgoritmen. De diverse boomalgoritmen hebben bepaalde gezamenlijke eigenschappen, die in de abstracte klasse `BoomAlgoritmen` zijn opgeslagen. Deze abstracte klasse is toegevoegd om - naast het in deze studie gebruikte Dijkstra-algoritme - mogelijke alternatieve implementaties van kortste route-algoritmen mogelijk te maken, zoals het algoritme van Moore of Dial. Objecten van het type `DijkstraAlgoritme` dragen zorg voor de berekening van de kortste route in relatie tot twee verzamelingen knooppunten, die bij de berekening van het Dijkstra-algoritme een rol spelen. Om het Dijkstra-algoritme te kunnen berekenen zijn twee nieuwe klassen geïntroduceerd; de klasse `KnooppuntenBeschouwd` en de klasse `KnooppuntenBereikt`. Beide klassen hebben nagenoeg dezelfde structuur, dat wil zeggen beschikken over overeenkomstige structurele en procedurele eigenschappen. Vandaar dat een abstracte klasse `KnooppuntenDijkstraAlgoritme` is geïntroduceerd, waarin deze gezamenlijke eigenschappen zijn vastgelegd. Objecten van het type `KnooppuntenBereikt` zijn vervolgens in staat een

¹⁹ Voor het bepalen van de geografische ligging van punten in een vlak zijn geometrische algoritmen in gebruik. Een geometrisch algoritme is opgebouwd uit procedures, die veelal als de zogenaamde fundamentele operaties van implementatieobjecten kunnen worden gerepresenteerd. Derhalve wordt pas tijdens het objectontwerp bij het functionele model stilgestaan bij de implementatie van het algoritme.

²⁰ Meervoudig functioneel gedrag van ruimtelijke objecten betekent, dat een bepaalde operatie van een object voor meerdere gebruikersfuncties gebruikt kan worden. Zo kan de operatie `is_gelegen_in` (met parameter het object `Vlak`) van het object `Punt` in berekeningen voor diverse (systeem)functies worden aangeroepen, zoals de interactieve (geo)grafische opvraag van de attribuutvariabelen van een als vlak weer-gegeven geo-object, de selectie van een als vlak weergegeven geo-object en voor ruimtelijke aggregatie.

bestemmingslocaties worden als objecten van het type `HBBoomDijkstra` opgeslagen. Een object van het type `HBBoomDijkstra` is een collectie van herkomstknooppunten, bestemmingsknooppunten en een bijbehorende weerstand volgens de kortste route. De eigenschappen van deze concrete subklasse zijn gedefinieerd in de superklasse `HBBoom`. Objecten van het type `HBBoomDijkstra` worden aangeroepen in de probleemdomeinspecifieke modellen en geven de waarde van het attribuut `kortste_route_weerstand` door aan het model als modelvariabele. Hiervoor is een nieuwe klasse geïntroduceerd (zie paragraaf 6.4.2 voor het interne eventtracingsdiagram voor netwerkanalyse). De klasse `NetwerkOperator` zorgt ervoor dat de netwerkanalyse wordt uitgevoerd. De klasse `NetwerkOperator` krijgt via de klasse `VraagAanbodInteracties` het verzoek om de netwerkanalyse uit te voeren. Deze klasse vraagt de klasse `GeografischNetwerk` om een consistent netwerk te maken, waarna de klasse `DijkstraAlgoritme` wordt gevraagd een object van het type `HBBoomDijkstra` te maken. Na netwerkanalyse ontvangt de klasse `VraagAanbodInteracties` de gegevens over de ruimtelijke interacties en voert de modelberekeningen verder uit.

De wijze, waarop met behulp van bovenstaand ruimtelijk gegevensmodel netwerkberekeningen worden aangestuurd is in paragraaf 6.4.2 in het interne eventtracingsdiagram weergegeven. De invulling van de operaties - in de vorm van operatiespecificaties - komt in paragraaf 6.6.2 aan de orde wanneer wordt ingegaan op het functionele model. In hoofdstuk 7 en 8 komt het gebruik van netwerkberekeningen aan de orde bij het rekenen met probleemdomeinspecifieke modellen. Gezien de generieke waarde en het veelvuldig gebruik van netwerkberekeningen in locatieplanning is het in deze studie beschouwd als zijnde een belangrijke bouwsteen voor het rekenen in GIS-applicaties voor locatieplanning.

Overerving van eigenschappen door geo-objecten

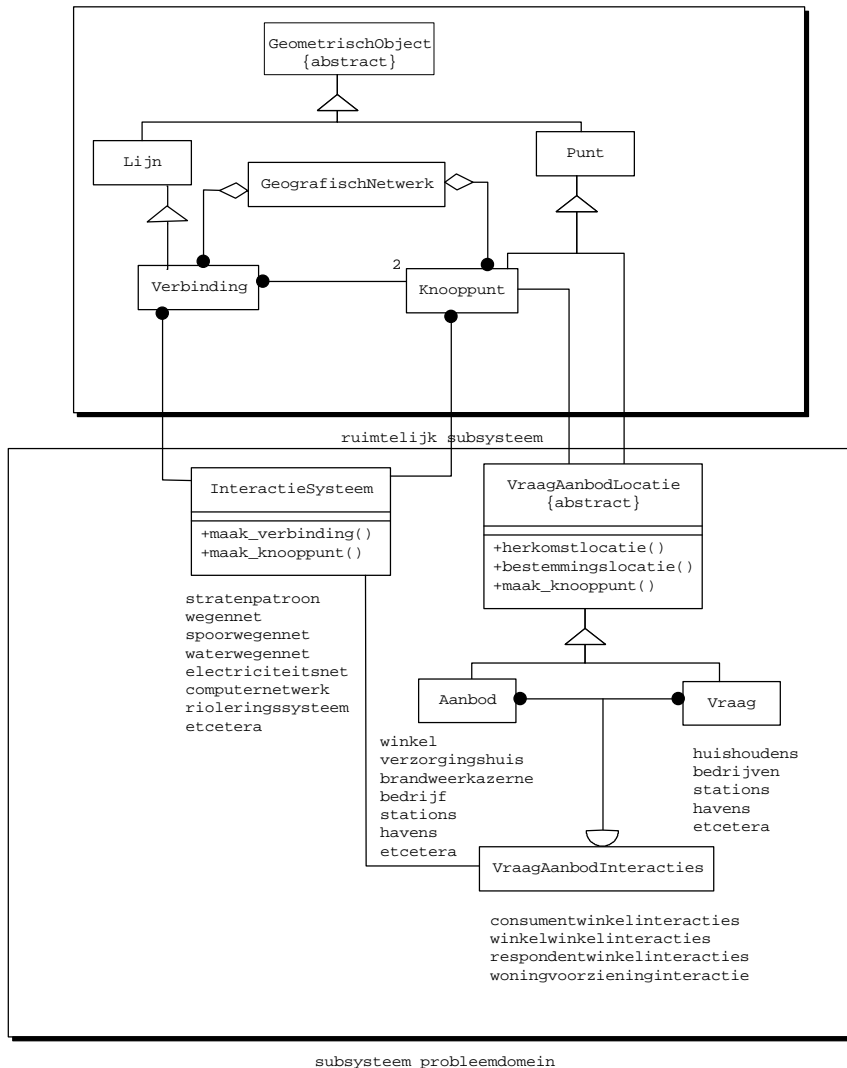
In deze studie zijn probleemdomeinspecifieke objecten de sociaal-economische objecten uit de geografische werkelijkheid. Een deel van deze domeinspecifieke objecten heeft een directe ligging aan, op of onder het aardoppervlak. Deze geo-objecten hebben een ruimtelijke component, die via de ruimtelijke klassen invulling krijgt. Via het objectgeoriënteerde principe van overerving vindt 'koppeling' plaats van de eigenschappen van geometrische objecten aan geo-objecten²¹ (zoals weergegeven in figuur 6.9). Daarmee wordt het mogelijk de specifieke GIS-functies - zijnde procedurele eigenschappen van ruimtelijke objecten - te laten uitvoeren op geo-objecten, zoals het in een kaartbeeld weergeven en het berekenen van ruimtelijke relaties tussen geo-objecten. In het klassendiagram in figuur 6.9 worden objecten van het type `Vraag` en `Aanbod` geometrisch als punt gerepresenteerd²². Vanwege het feit, dat vraag- en aanbodobjecten voor netwerkanalyse als knooppunten in het geografisch netwerk opgenomen worden - het aantappen - is de abstracte klasse `VraagAanbodLocatie` geïntroduceerd. Objecten van het type `VraagAanbodLocatie` definiëren enkele eigenschappen van de vraag- en aanbodobjecten wat betreft hun ruimtelijke representatie; zowel voor geometrische representatie, geometrische bewerkingen en netwerkanalyse. Objecten van het type `Interactie-Systeem` worden geometrisch gerepresenteerd als geografisch netwerk. Objecten van het type `GeografischNetwerk` zijn samengesteld uit objecten van het type `Knooppunt` en `Verbinding`. Objecten van het type `Verbinding` kunnen daarbij afzonderlijk geo-metrisch als lijn gerepresenteerd worden en objecten van het type `Knooppunt` als punt. De typen objecten `Lijn` en `Punt` erven de eigenschappen over van de abstracte klasse `GeometrischObject`. Om interactieve grafische wijzigingen te kunnen doorvoeren voor het herstellen van topologische inconsistenties moet het mogelijk om objecten van het type `GeografischNetwerk` - net als objecten van het type `Punt`, `Lijn`, `Polygoon`, `Cirkel` en `Rechthoek` - in een kaartbeeld af te beelden en geometrische manipulaties erop uit te voeren, bijvoorbeeld voor het verwijderen van overshoots, het corrigeren van undershoots, het verwijderen van een dubbele verbinding of een dubbel knooppunt (zie figuur 6.3 voor de topologische inconsistenties). Het gepresenteerde ruimtelijke objectmodel bestaat daarmee uit twee niveaus of lagen. Op het ene niveau bevinden zich de geometrische primitieven: `Punt`, `Lijn`, `Polygoon`, `Cirkel`, en `Rechthoek`. Op het andere niveau bevinden zich de topologische klassen `GeografischNetwerk`, `Knooppunt` en `Verbinding`.

²¹ Ook in soortgelijke ruimtelijke objectmodellen wordt het principe van overerving toegepast om probleemdomeinspecifieke objecten van een geometrische referentie te voorzien (Alagic en Galic 1990; Clementini en Di Felici 1990; Kösters *et al.* 1997).

²² Het is tevens mogelijk een geo-object op meerdere wijzen geometrisch te representeren. Hierbij speelt het ruimtelijk schaalniveau een belangrijke rol. Een woning kan geometrisch als punt worden gerepresenteerd. Dit punt representeert dan het geometrisch middelpunt van de woning. In grootschalige kaarten wordt een woning aan de hand van de omtrek van de woning binnen het omliggende perceel weergegeven. Hiervoor wordt de grafische primitieve lijn gehanteerd. Als het vervolgens gewenst is de oppervlakte van woning te berekenen of het woning-oppervlak op basis van een thema in te kleuren, dan is representatie in een vlak een vereiste. Kortom, de geometrische representatie van een geo-object is afhankelijk van de gewenste of vereiste functionaliteit bij het werken met de gegevens.

6.3.4 Presentatie van gegevens in kaart; klassendiagram kaartpresentatie

De verzamelingen geo-objecten en hun thematische attributen worden met behulp van grafische primitieven via de kaart-presentatie getoond en zijn via de kaartpresentatie opvraagbaar. Het klassendiagram voor de *kaartpresentatie* en *kaartinteractie* is in figuur 6.10 weergegeven²³. Voor de gebruiker staat de klasse *KaartView*, die de weergave van geodatasets in een kaart-presentatie verzorgt via de operaties *toevoegen_geodataset* en *verwijderen_geodataset*. Voor het afbeelden van geo-objecten uit geodatasets in een kaartpresentatie maakt een object van het type *KaartView* gebruik van associaties met verschillende klas-sen.



Allereerst heeft de *KaartView* een associatie met een object van het type *KaartBeeld*, dat zorgt voor het tekenen van verschillende soorten grafische objecten. Een object van het type *KaartBeeld* tekent grafische objecten op het beeldscherm en houdt daarbij rekening met de kaartschaal en het coördinatensysteem. Sommigen functies van gebruikersinteractie met het kaartbeeld, zoals het geografisch inzoomen, uitzoomen, het schuiven van het geografisch blikveld en het inzoomen op het geografisch blikveld van een actieve geodataset of van alle geodatasets, vinden via het object van het type *KaartBeeld* plaats.

Voor het opnemen van een geodataset in een kaartpresentatie wordt gebruik gemaakt van twee (hulp)klassen; de klassen *GrafischObject* en *CollectieGrafischObject*. De verzameling af te beelden grafische objecten worden bewaard als object in de klasse *CollectieGrafischObject*. Deze klasse vervult een belangrijke rol ten behoeve van het ondersteunen van enkele vormen van kaartinteractie, zoals het selecteren en wijzigen (verplaatsen/toevoegen/verwijderen) van geo-objecten (zie paragraaf 6.2.1) via de kaart, die door objecten van de klasse

CollectieGrafischObject worden afgehandeld. De klasse *CollectieGrafischObject* bestaat uit een set van objecten van het type *GrafischObject*. Deze objecten zorgen voor de wijze waarop de geo-objecten in het kaartbeeld worden getekend; ze verzamelen de geometrische gegevens - via de associatie met objecten van het type *GeometrischObject* - en de gegevens over het kaartsymbool - via de associatie met objecten van het type *KaartSymbool* - waarmee het geo-object getekend moet gaan worden. Alvorens dat kan plaatsvinden zal een object van het type

Figuur 6.9 Overerving geometrische eigenschappen door geo-objecten

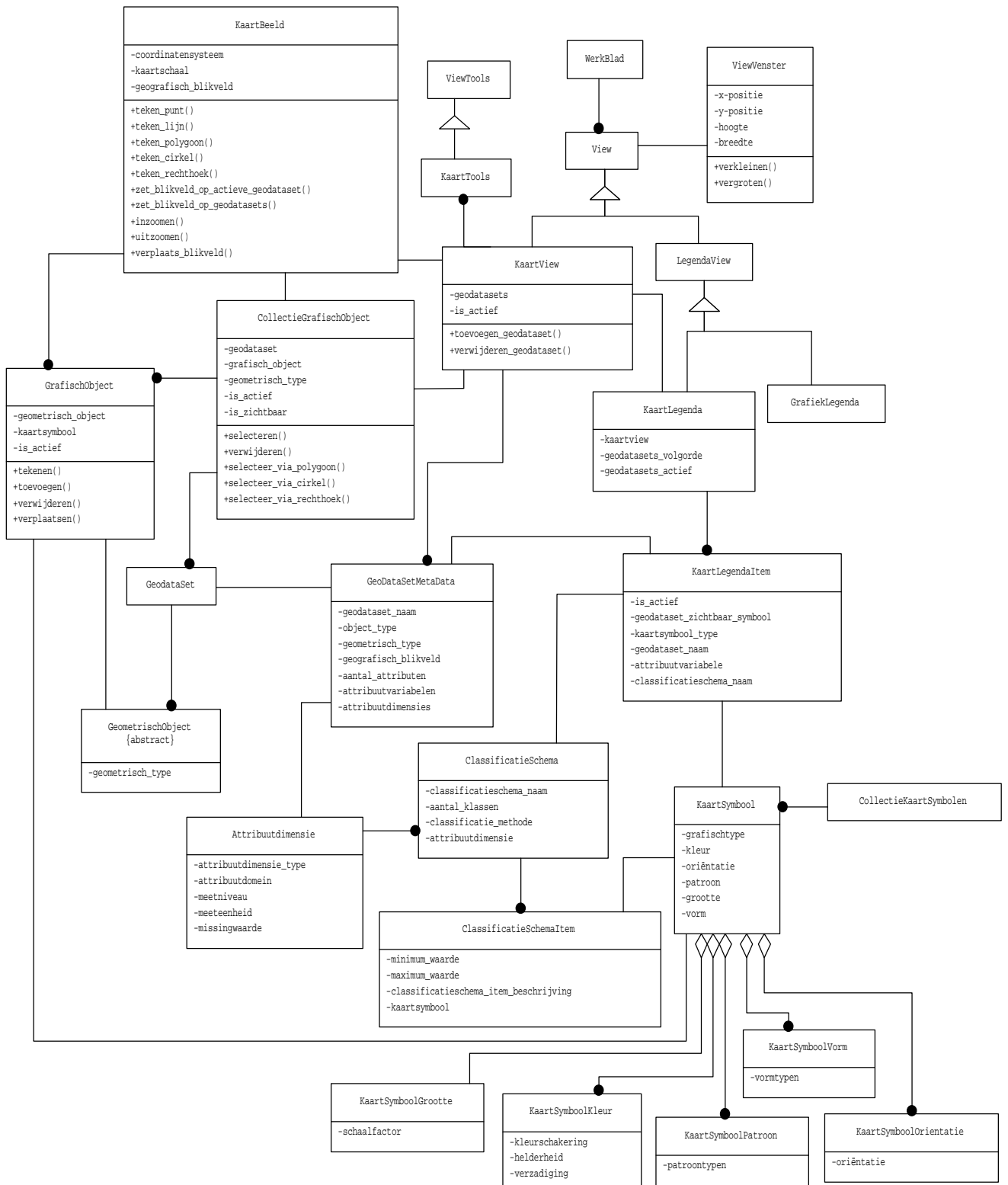
²³ In het in deze paragraaf gepresenteerde klassendiagram is de wijze waarop gegevens over geo-objecten worden weergegeven in het kaartbeeld beschreven. Het betreft hier een - vooralsnog beperkte - domeinanalyse van het cartografisch kennisdomein; enkele elementaire cartografische concepten voor GIS-applicaties van locatieplanning zijn behandeld en opgenomen in het klassendiagram.

`GrafischObject` een boodschap sturen aan `GeometrischObject` en vragen om de geometrische gegevens van het geo-object. Objecten van het type `GeometrischObject` zijn als verzameling opgenomen in de in het object van het type `GeoDataSet`. Deze klasse onderhoudt een associatie met de klasse `GeoDataSetMetaData`, waarin de meta-gegevens over de geodataset zijn opgenomen. Via objecten van het type `GeoDataSetMetaData` worden gegevens over de geodataset doorgegeven aan objecten, die deze gegevens nodig hebben om hun taken uit te voeren, zoals objecten van het type `KaartView` en `KaartLegendaItem`. Belangrijk is hierbij te benadrukken, dat de ruimtelijke klassenstructuur en de klassenstructuur voor de kaartpresentatie en kaartinteractie relaties met elkaar onderhouden, maar tegelijkertijd een geheel eigen verantwoordelijkheid hebben; de kaartpresentatieklassen zorgen nadrukkelijk voor de kaartweergave van geo-objecten en de ruimtelijke klassen voor de geometrische representatie en bewerkingen.

Vervolgens geven ze deze gegevens door aan het object van het type `Kaartbeeld` met het verzoek deze gegevens te tekenen. De geometrische gegevens worden op basis van het coördinatensysteem getransformeerd door het kaartbeeldobject, getekend en toegevoegd aan het object van het type `CollectieGrafischObject`.

De mogelijkheid bestaat meerdere geodatasets als kaartlagen in een kaartbeeld af te beelden. Vanwege het feit, dat kaartge-bonden gebruikersinteractie plaats heeft op een beperkte selectie - één of meerdere kaartlagen - uit de set van afgebeelde geo-datasets, zal een object aanwezig dienen te zijn, die per kaartbeeld bijhoudt welke kaartlagen zijn afgebeeld en welke kaartlaag 'actief' is voor de gebruikersinteractie. Objecten van het type `KaartLegenda` houden dit bij in de attribuutvariabele `geodata-sets_actief`. In objecten van het type `KaartLegenda` is verder de probleemdomeinspecifieke betekenis vastgelegd van de in het kaartbeeld getekende grafische objecten. De klasse `KaartLegenda` zorgt voor het afbeelden van de betekenis van de afgebeelde grafische objecten aan de gebruiker van het systeem via weergave van de geodataset als kaartlegenda-item. Na het afbeelden van de geo-objecten in een kaartbeeld wordt de bijbehorende geodataset aan de attribuutvariabele `geodatasets_volgorde` van het object `KaartLegenda` toegevoegd en vervolgens als `KaartLegendaItem` opgenomen. Een object van het type `KaartLegenda` bestaat uit nul, één of meer `KaartLegendaItems`. Een `KaartLegendaItem` verwijst naar een geodataset via een object van het type `GeoDataSetMetaData` en is samengesteld uit een diverse - voor de gebruiker zichtbare - attribuutvariabelen, zoals een attribuutvariabele `geodataset_zichtbaar_symbool`, een attribuut `kaartsymbool_type`, de `geodataset_naam` en eventueel de attribuutvariabele `classificatieschema_naam`. Deze laatste attribuutvariabele verwijst naar een object van het type `ClassificatieSchema`, dat de gebruiker kan aanmaken om thematische attribuutvariabelen van geo-objecten thematisch in een kaartbeeld af te beelden. Bij het thematisch afbeelden van gegevens in het kaartbeeld zijn twee aspecten van belang; de gebruiker kiest een attribuutvariabele uit de lijst van attribuutvariabelen van de geodataset en geeft met behulp van een classificatieschema aan met welke kaartsymbolen de geo-objecten in de kaart worden getekend.

Objecten van het type `GeoDataSetMetaData` bevatten algemene gegevens over de verzameling geo-objecten, zoals de naam van de geodataset, het aantal attribuutvariabelen, de attribuutvariabelen, het geometrische type van de geo-objecten, et cetera. Zo zijn in de attribuutvariabele `attribuutvariabelen` de namen van de attribuutvariabelen van de geodataset opgenomen. Eén van de belangrijke attribuutvariabelen van het type `GeoDataSetMetaData` is de attribuutvariabele `attribuutdimensie`, dat verwijst naar de klasse `AttribuutDimensie`. Het concept *attribuutdimensie* wordt gebruikt om het werken met attribuutvariabelen voor de gebruiker te vereenvoudigen. Bijvoorbeeld via de attribuutvariabele `attribuutdomein` kan foutieve invoer automatisch door het systeem aan de gebruiker worden gemeld. De attribuutvariabele `attribuutdomein` geeft de mogelijke waarden van de attribuutvariabele aan; bij invoer van attribuutwaarde buiten het domein door de gebruiker genereert het systeem een foutmelding. Daarnaast is de attribuutvariabele `attribuutdimensie_type` gebruikt om het classificeren van attribuutvariabelen te vergemakkelijken voor de gebruiker. Het classificeren van een attribuutvariabele in groepen of klassen wordt in een zogenaamd classificatieschema vastgelegd. Een object van het type `ClassificatieSchema` heeft een drietal eigenschappen: een (gebruikers)beschrijving, het aantal te onderscheiden klassen en het een classificatiemethode. Vanwege het feit, dat in GIS-applicaties soortgelijke attribuutvariabelen van geo-objecten vaak via dezelfde classificatie in kaart worden gebracht, is het classificatieschema gekoppeld aan de attribuutdimensie. Dit betekent, dat bij het classificeren van attribuutvariabelen een beroep wordt gedaan op attribuutdimensiespecifieke classificatieschema's. Dit heeft als voordeel dat de gebruiker niet voor iedere attribuutvariabele een classificatieschema hoeft te maken.



Figuur 6.10 Klassendiagram voor kaartpresentatie

Een classificatieschema bestaat uit twee of meerdere klassen of classificatieschema-items. Objecten van het type `ClassificatieSchemaItem` hebben als attribuutvariabelen een verwijzing naar een object van het type `KaartSymbool`, een beschrijving en een minimum- en maximumwaarde, die de klassengrenzen aangeven. Een classificatieschema bestaat onafhankelijk van het thema of de geodataset en kan als zodanig worden ingezet voor het classificeren van attributen met dezelfde attribuutdimensie van verschillende thema's uit verschillende geodatasets. In principe heeft de gebruiker nu een methode om classificatieschema's aan te maken en te hergebruiken. Objecten van het type `KaartSymbool` zijn samengesteld uit vijf elementen; kleur, vorm, grootte, patroon en oriëntatie. De grafische weergave van de geografische objecten kan door de gebruiker worden samengesteld op basis van deze eigenschappen.

Voortuitlopend op het objectontwerp zijn tevens enkele applicatieklassen weergegeven, zoals de klassen `KaartTools`, `View` en `LegendaView`. De klasse `KaartTools` is een presentatieklasse, die ervoor zorgt dat de kaartinstrumenten voor kaartinteractie tegelijkertijd met de kaartview op het scherm zichtbaar zijn. De applicatieklasse `View` draagt zorg voor het afbeelden van vensters op het beeldscherm en de klasse `LegendaView` is een soort venster; een venster om de legenda behorende bij presentatie-vensters weer te geven. Deze twee applicatieklassen worden gedurende het objectontwerp toegevoegd aan het klassendiagram (zie verder paragraaf 6.6.3).

6.3.5 Bestandsbeheer; klassendiagram GIS-applicatie en bestandsbeheer

Bestandsbeheer is hier synoniem voor de persistente opslag van de objecten. Dat wil zeggen de objecten, die bewaard moeten blijven, dienen via een of andere (opslag)wijze op een opslagmedium toegankelijk te zijn voor gebruikerssessies. In principe komen beslissingen over de persistente opslag van objecten pas tijdens de fase van objectontwerp aan de orde (zie paragraaf 6.5.5). Tegelijkertijd maakt bestandsbeheer deel uit van de functionele decompositie en zijn enkele use cases onderscheiden voor het bewaren van de resultaten van gebruikssessies met de GIS-applicatie. Bij bestandsbeheer gaat het om gebruikersfuncties voor het openen, verwijderen en opslaan van drie soorten bestanden; de werkruimte, geodatasets en tekstbestanden (zie paragraaf 6.2.1). In figuur 6.11 is een klassendiagram voor de GIS-applicatie en het bestandsbeheer weergegeven. De GIS-applicatie is als object van het type `GISApplicatieVoorLocatiePlanning` aanwezig. Deze klasse creëert slechts één object, dat na het opstarten van het systeem wordt gecreëerd. Dit object krijgt een aantal eigenschappen mee. Naast een naam heeft dit object een associatie met nul of meer objecten van het type `WerkRuimte`. De werkruimte geeft - zoals in paragraaf 6.2.1 is weergegeven - een overzicht van alle voor de applicatie relevante gegevenselementen; de beschikbare geodatasets met attributen en attribuutdimensies, de aanwezige werkbladen en views, kaartsymbolen en de door de gebruiker gemaakte classificatieschema's en modelspecificaties. Deze gegevenselementen, die als objecten in de applicaties functioneren, zijn tijdens het werken met de GIS-applicatie opvraagbaar en te bewaren.

De door de gebruiker aangemaakte classificatieschema's, modelspecificaties en andere meer probleemdomainspecifieke specificaties worden als objecten in de werkruimte opgeslagen. Daarnaast vindt in de werkruimte de definitie van de geodatasets, hun attributen en de bijbehorende attribuutdimensies plaats. Voor de persistente opslag van de werkruimte is een werkruimtebestand beschikbaar. Dit werkruimtebestand wordt als extern fysiek bestand bewaard en opgeslagen. Bij het openen van een werkruimte door de gebruiker wordt dit externe gegevensbestand ingelezen en omgezet naar een intern werkruimtebestand. Indien het systeem bepaalde gegevens nodig heeft, die in het werkruimtebestand zijn opgeslagen, roept het systeem het interne werkruimtebestand aan en vertaalt de gegevens naar objecten van het type `WerkRuimte`. Daarmee is het intern werkruimtebestand tijdelijk aanwezig in de vorm van objecten van het type `WerkRuimte`. Dit samengestelde object regelt de opvraag en het bewaren c.q. de afhandeling van alle persistente objecten. Eén van deze gegevenselementen is het gebruikersconcept *werkblad*. Zoals in paragraaf 6.2.1 is aangegeven worden in het werkblad de views en daarin afgebeelde gegevens opgeslagen, zodat de gebruiker eerder gemaakte views kan oproepen en raadplegen. Het werkblad bestaat derhalve uit nul of meerdere views, die de gebruiker in het werkblad heeft afgebeeld. De positie van de views op het scherm wordt door de views zelf afgehandeld. Het werkblad is derhalve een gebruikersconcept, waarmee de presentatie van verschillende views met een bepaalde betekenis op het scherm kan worden bepaald.

Vooruitlopend op het dynamisch model zijn ook enkele operaties opgenomen in het objectmodel. De klasse `WerkRuimte` heeft diverse associaties met klassen, die persistente objecten bevatten. Objecten van het type `WerkRuimte` worden gecreëerd via het inlezen van een object van het type `InternWerkRuimteBestand`. In het interne werkruimtebestand bevinden zich de gegevens over

sluiten van een werkruimte is een bijbehorend dialoogvenster voor bestandsbeheer aanwezig²⁴. Objecten van het type `WerkBlad` bestaan uit één of meerdere objecten van het type `View`. De klasse `View` is een abstracte superklasse met als subklassen `KaartView`, `TabelView`, `TekstView`, `GrafiekView` en `LegendaView`. Objecten van type `WerkBlad` worden via de werkruimte bewaard en ingelezen.

Geo-objecten worden op basis van hun betekenis in geodatasets gegroepeerd. Dit betekent, dat geo-objecten uit geodatasets kunnen worden ingelezen (importeren) en uitgevoerd (exporteren) in een vooraf vastgestelde bestandstructuur en -formaat. Een tweetal typen gegevensbestanden voor geodatasets zijn van belang: een intern bestand voor het werken binnen de GIS-applicatie en extern of exportbestand voor de in/uitvoer naar andere applicaties. Objecten van het type `ExternGeoDataSetBestand` zoeken en lezen externe fysieke geodatasetbestanden, bekijken welk soort geodataset (het geometrisch object-type) en transformeren deze naar een fysiek intern bestand. Dit interne fysieke bestand wordt ingelezen en wordt omgezet in een object van het type `InternGeoDataSetBestand`. Objecten van het type `InternGeoDataSetBestand` zijn verantwoordelijk voor het inlezen en wegschrijven van de interne geodatasetbestanden.

6.4 Analyse; dynamische modellering

6.4.1 Het dynamische model

Het objectmodel weerspiegelt de statische structuur van het systeem. De overgang naar de dynamische aspecten van het systeem is een volgende stap in de analysefase van OMT (zie paragraaf 5.3.3). Dynamische modellering is een belangrijk onderdeel van de ontwikkeling van GIS-applicaties. GIS-applicaties zijn interactieve systemen, die voor een belangrijk deel worden bestuurd via externe stimuli; de interactie van de gebruiker(s), die op verschillende manieren gegevens raadplegen, opvragen, bewerken, berekenen en bewaren, staat centraal. Het dynamisch model beschrijft het geheel aan veranderingen als gevolg van de gebruikersinteractie. Via de gebruikersinterface worden objecten in het systeem geactiveerd. Deze externe stimuli worden als events aan de objecten van het systeem gestuurd, waarna deze ontvangende objecten (één of meerdere) operaties uitvoeren. De veranderingen, die optreden tussen de actoren²⁵ en objecten worden vastgelegd in het dynamisch model. Voor het vastleggen van alle events in het systeem worden scenario's gehanteerd. Een *scenario* beschrijft het interactiepatroon van de dialoog tussen de gebruiker(s) en het systeem in een opeenvolging van events tussen de actoren en het systeem in een voor de gebruiker natuur-lijke taal (voor externe scenario's GIS-applicatieraamwerk zie bijlage 4). Na het maken van een scenario worden de events tussen de objecten geïdentificeerd en op een formelere wijze in een *eventtracingsdiagram* weergegeven. Het externe event-tracingsdiagram beschrijft de opeenvolging van gebeurtenissen tussen de actor(en) en de objecten van het systeem. Alle scenario's worden tevens gezamenlijk in een *eventstroomdiagram* afgebeeld. Voor de objecten met belangrijk dynamisch gedrag wordt tevens een *toestandsovergangdiagram* ontwikkeld. Tenslotte is het zaak het dynamisch model op volledigheid en consistentie van events te controleren en - indien nodig - het objectmodel aan te passen.

De dynamische modellering is voor een belangrijk deel gericht op het beschrijven van scenario's, die de interacties tussen het systeem en de actoren buiten het systeem, zoals de gebruiker, de database-administrator en/of andere applicaties representeren. Het gaat hier te ver alle scenario's, de bijbehorende eventtracings-, eventstroom- en toestandsovergangdiagrammen voor het GIS-applicatieraamwerk te bespreken. De aandacht zal in deze paragraaf gericht zijn op de externe interacties voor het werken met probleemdomainspecifieke modellen van locatieplanning in GIS-applicaties en de interne eventtracering voor het berekenen van modellen van locatieplanning, netwerkanalyse, kaartpresentatie en bestandsbeheer.

²⁴ Voor het maken van een werkruimte zijn twee opties voorhanden;

- 1 De applicatiebeheerder maakt buiten de applicatie een fysiek extern bestand aan via een teksteditor met alle definities van de objecten;
- 2 De applicatie bevat een gebruikersfunctie, waarmee het systeem automatisch door de gebruiker gespecificeerde objectdefinities aan de werkruimte doorgeeft.

Het gewenste gebruikersgemak is doorslaggevend voor de optiekeuze. In onderhavig geval is voor de eerste optie gekozen.

²⁵ Rumbaugh *et al.* (1991) beschouwen, naar Jacobson *et al.* (1992), de entiteiten waarmee het systeem interacties onderhoudt als 'actoren'. Actoren zijn de entiteiten buiten het systeem, zoals de menselijke gebruiker(s), maar ook externe databases en andere applicaties.

6.4.2 Gebruikersinteractie met modellen in GIS-applicaties; de eventtracering

Voor de dynamische modellering zijn in het kader van onderhavige studie diverse scenario's ontwikkeld²⁶. De scenario's zijn gegroepeerd naar de vier centrale gebruikersfuncties voor het werken met modellen van locatieplanning in GIS-applicaties (zie use cases in bijlage 3): het toevoegen, verwijderen, het bekijken en het wijzigen van modellen. Naast de normale scenario's voor de generieke modelfunctie 'Toevoegen model' zijn ook *exceptionele scenario's*²⁷ uitgewerkt (de dynamische tussenmodellen voor de overige drie modelfuncties zijn opgenomen in bijlage 5). Exceptionele scenario's zijn scenario's waarin ook de niet-gewenste of niet-gebruikelijke interacties door de gebruiker met het systeem zijn beschreven. Bijvoorbeeld voor het activeren van bepaalde functies in GIS-applicaties dient de gebruiker eerst een geodataset te selecteren; de geodataset wordt de actieve geodataset. Indien geen actieve geodataset bestaat, volgt op een dergelijke actie een (fout)melding aan de gebruiker van het systeem. Ook voor het invoeren van onjuiste attribuutwaarden door een gebruiker dienen scenario's ontwikkeld te worden. Tevens zijn exceptionele scenario's in gebruik voor het geven van informatie aan de gebruiker via een helpfunctie.

Scenario en eventtracering voor de gebruikersfunctie 'Toevoegen model'

Allereerst is het van belang bij het uitwerken van use cases een overzicht te schetsen van alle mogelijke scenario's, die bij het gebruik van use cases te onderscheiden zijn. Als voorbeeld is in figuur 6.12 het normale scenario, het eventtraceringsdiagram en het dialoogformaat voor de gebruikersfunctie 'Toevoegen model' weergegeven. Door de gebruikersinteractie af te beelden in een grafische weergave van de gebruikersinterface kan worden voorkomen, dat relevante aspecten en componenten over het hoofd worden gezien (Derr 1995). In het eventtraceringsdiagram zijn drie objecten weergegeven, waartussen events plaatsvinden bij het toevoegen van probleemdomainspecifieke modellen: de `Gebruiker`, `GebruikersInterface`, het `ModelVanLocatiePlanning` en de `WerkRuimte`. De gebruiker wordt als object opgenomen, maar maakt als externe actor geen deel uit van het systeem.

De `GebruikersInterface` controleert de diverse inkomende en uitgaande events, die op de gebruikersinteractie betrekking hebben. Voor het maken van het domein-dynamisch model is het nog niet van belang alle details van de gebruikersinterface te kennen. De klasse `GebruikersInterface` is hier een dummyklasse en derhalve samengevat in één object. Tijdens de fase van objectontwerp worden de (scenario's en) eventtraceringsdiagrammen verder van detail voorzien met alle benodigde typen applicatie-objecten voor de gebruikersinterface.

De klasse `GebruikersInterface` zal tijdens het objectontwerp als subsysteem gedefinieerd worden (zie verder paragraaf 6.6.3). Voor het maken van eventtraceringsdiagrammen is een uniforme en op de functie afgestemde naamgeving van de gebeurtenissen essentieel voor het snel kunnen begrijpen van de interactie met en dynamiek in het systeem. De eventnamen dienen zo eenduidig mogelijk weer te geven wat van het ontvangende object wordt verwacht. Het is derhalve belangrijk bepaalde conventies in naamgeving te hanteren. Voor onderhavige studie zijn voor het werken met probleemdomaïnmodellen onder andere de volgende naamgevingen voor events²⁸ gehanteerd:

- `is_` events, waarop de ontvanger alleen ja of nee kan antwoorden (returntype boolean);
- `zet_` events, waarbij aan de ontvanger gevraagd wordt bepaalde gegevenswaarden te onthouden (returntype geen);
- `geef_` events, waarbij aan de ontvanger gevraagd wordt een bepaalde gegevenswaarden te verstrekken (returntype klassewaarde);

²⁶ Scenario's worden afgeleid van use cases. Iedere use case bestaat uit een systeemfunctie, die een of meerdere scenario's kan omvatten. Een use case bevat keuzemogelijkheden en/of voorwaardelijke gebeurtenissen (aannames en uitzonderingen), die leiden tot meerdere specifieke reeksen van events die de gebruiker kan doorlopen. Ieder van deze specifieke reeksen events wordt in een scenario beschreven.

²⁷ OMT onderscheidt vier verschillende typen scenario's:

1. normale interacties: interacties zonder ongewoonlijke input of fouten;
2. speciale interacties met missing input, minimum of maximum input, herhaling van waarden;
3. gebruiksfouten, zoals het opgeven van verkeerde inputwaarden;
4. verzoeken om informatie, zoals help-informatie en status-opvraag.

In GIS-applicaties vervullen alle vier typen scenario's een belangrijke functie.

²⁸ Voor een aantal soorten events en activiteiten geldt, dat de returnwaarden zodanig simpel zijn, dat de returnevents - ook omwille van het overzicht - vaak niet in de eventtracering worden opgenomen.

- `geef_lijst_` events, waarbij aan de ontvanger gevraagd wordt een bepaalde lijst met gegevenswaarden te verstrekken (returntype lijstklasse);
- `wijzig_` events, waarbij aan de ontvanger gevraagd wordt een bepaalde gegevenswaarden te wijzigen (returntype geen);
- `verminder_` events, waarbij aan de ontvanger gevraagd wordt een bepaalde gegevenswaarden te verminderen (returntype geen);
- `vermeerder_` events, waarbij aan de ontvanger gevraagd wordt een bepaalde gegevenswaarde te vermeerderen (returntype geen);
- `maak_` events, waarbij aan de ontvanger gevraagd wordt een bepaald object te maken (returntype geen);
- `verwijder_` events, waarbij aan de ontvanger gevraagd wordt een bepaald object te verwijderen (returntype geen);
- `check_` activiteiten, waarbij aan de ontvanger gevraagd wordt een bepaalde controle uit te voeren (returntype boolean);
- `bereken_` activiteiten, waarbij aan de ontvanger wordt gevraagd een afgeleid attribuutwaarde te berekenen (returntype attribuutklasse);
- `start_` activiteiten, waarbij aan de ontvanger wordt gevraagd een bepaalde modelgebaseerde berekening/activiteit uit te voeren (returntype attribuutklasse);
- `bewaar_` activiteiten, waarbij aan de ontvanger wordt gevraagd bepaalde gegevens te bewaren (returntype geen).

De klasse `ModelVanLocatiePlanning` is verantwoordelijk voor het opvragen en opslaan van informatie over de probleem-domeinmodellen en het opstarten/doorgeven van eventuele modelberekeningen. Voor het uitvoeren van modelberekeningen wordt een beroep gedaan op de objecten in het systeem, die via de interne events worden aangestuurd. Een interne event-tracering wordt verderop voor het rekenen met probleem-domeinmodellen uiteengezet (zie figuur 6.14).

Het *dialogformaat* in figuur 6.12 geeft een overzicht van alle voor de gebruiker zichtbare modelcomponenten en zorgt ervoor dat geen essentiële modelcomponenten in een vroeg stadium over het hoofd worden gezien. Zoals uit het interfaceformaat blijkt, wordt voor het toevoegen van modellen een invulvenster gebruikt, waarin de gebruiker de diverse modelcomponenten - modelparameters en -variabelen - specificeert en kiest. Bij de *specificatie* geeft de gebruiker een tekst of waarde mee aan een modelvariabele of modelparameter. Via het specificeren van een kaartview kan de gebruiker de geo-objecten, waarvoor de modelberekeningen uitgevoerd moeten worden doorgeven aan het systeem. Dit betekent, dat de gebruiker de geodatasets opvraagt via de kaartview en eventueel met behulp met selectiefuncties bepaalde geo-objecten selecteert waarmee de modelberekeningen worden uitgevoerd. Ieder probleem-domeinmodel heeft één of meerdere geodatasets als input en een attribuutvariabele van één van deze geodatasets als output (eventueel met de nodige model- en/of systeemstatistics). Bij een event *kiest*, kiest de gebruiker uit een lijst van keuze-opties, bijvoorbeeld bij het kiezen van een modeltype. Ieder invulvenster heeft tevens de standaard keuze-opties *OK*, *Annuleren*, *Help* en *Meta-info*, waarmee respectievelijk een model wordt opgeslagen, de gebruikersinteractie wordt afgebroken, de helpinformatie over de componenten van het betreffende invulvenster wordt gegeven en het invulvenster voor het toevoegen en weergegeven van de meta-gegevens van het model wordt opgeroepen.

Naast de normale scenario's zijn voor deze studie diverse *exceptionele scenario's* ontwikkeld (zie figuur 6.13). Exceptionele scenario's spelen bij het werken met modellen een belangrijke rol. Modellen hebben diverse componenten, die een specifieke invulling vergen. Door aan alle modelcomponenten in een modelspecificatie defaultwaarden mee te geven, wordt - in ieder geval - voorkomen, dat inconsistenties ontstaan wanneer de gebruiker geen wijzigingen aanbrengt. Op het moment dat de gebruiker de waarden van modelcomponenten gaat wijzigen dient een controle plaats vinden op de juistheid van de waarden. In geval van een onjuiste waarde zijn twee oplossingen mogelijk:

1. De onjuiste waarde wordt vervangen door de defaultwaarde;
 2. Het systeem geeft via een dialoog(venster) een melding aan de gebruiker, zodat de gebruiker de fout kan herstellen.
- Vanzelfsprekend heeft vanuit een gebruikersvriendelijke aanpak de tweede oplossing de voorkeur. Op deze wijze is het tevens mogelijk door de gebruiker te ondersteunen bij de modelspecificatie door kennis toe te voegen aan het werken met modellen. Op het moment, dat een gebruiker aan een modelcomponent een ongebruikelijke of onjuiste waarde meegeeft, geeft het systeem een reactie in de vorm van een melding. In deze melding zit de kennis, die de gebruiker ondersteuning biedt bij het werken met modellen. In geval van bijvoorbeeld het gebruik van een bepaalde probleem-domeinspecifieke modelparameter kan het domein van de parameter worden meegegeven. Kortom, via exceptionele scenario's is het mogelijk om op kennis gebaseerde 'regels' aan de gebruikersfunctie modelspecificatie mee te geven. Daarmee gaat tegelijkertijd een lerende werking uit van het systeem. Vanzelfsprekend is het kennisniveau van de gebruiker richtinggevend voor de mate, waarin dergelijke kenniscomponenten in een systeem worden opgenomen. Daarnaast zijn exceptionele scenario's relevant voor het afhandelen van meer 'simpele' fouten, bijvoorbeeld het opgeven van tekst in geval van een numerieke parameter. In figuur 6.13 is een voorbeeld gegeven van een

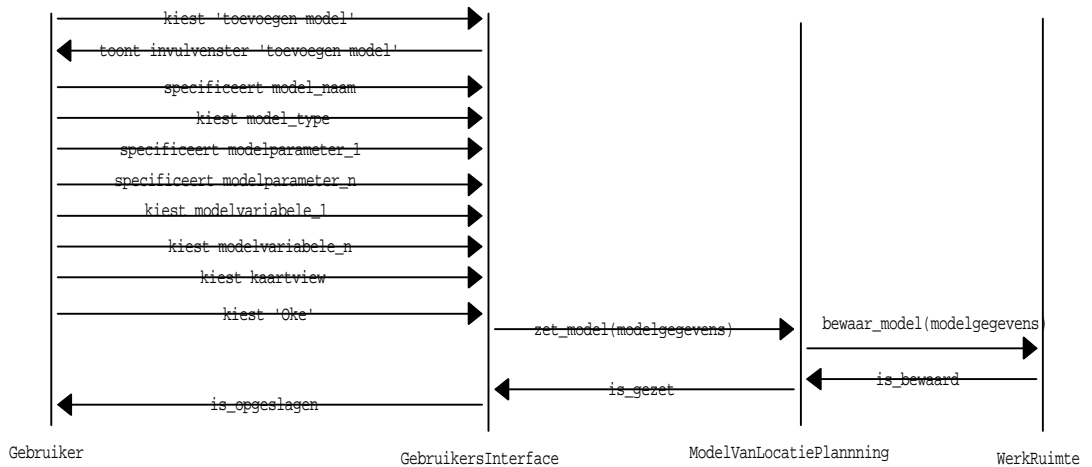
generiek exceptioneel scenario. In dit scenario geeft het systeem een melding 'Invoer niet juist!' wanneer de gebruiker is ver-geten een waarde voor één van de modelcomponenten te specificeren. Het toevoegen van exceptionele scenario's is essentieel voor het ondersteunen van de gebruiker van het systeem. Tegelijkertijd is het uitwerken van exceptionele scenario's zeer arbeidsintensief, zeker gezien de vele modelcomponenten in probleemdomeinspecifieke modellen in GIS-applicaties.

extern scenario

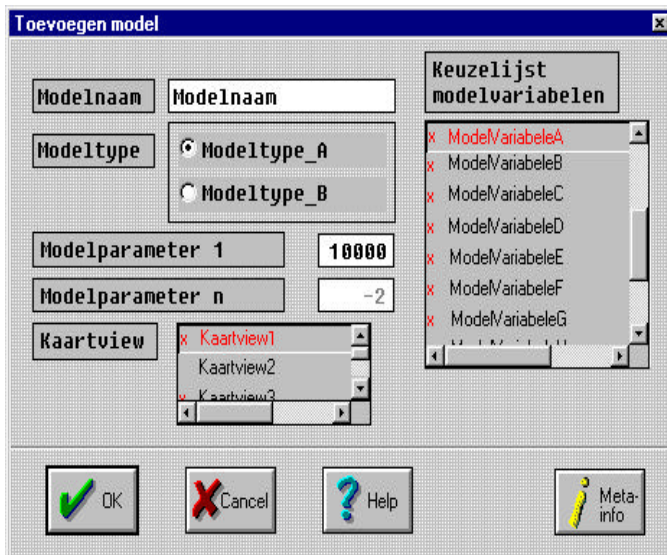
```

Normaal extern scenario 1: Toevoegen model
Gebruiker wil model toevoegen
Systeem toont invulvenster 'toevoegen model'
Gebruiker specificeert modelnaam
Gebruiker kiest modeltype
Gebruiker specificeert modelparameter_1
Gebruiker specificeert modelparameter_n
Gebruiker kiest modelvariabele_1
Gebruiker kiest modelvariabele_n
Gebruiker kiest kaartview
Gebruiker kiest 'Oke'
Model is opgeslagen
    
```

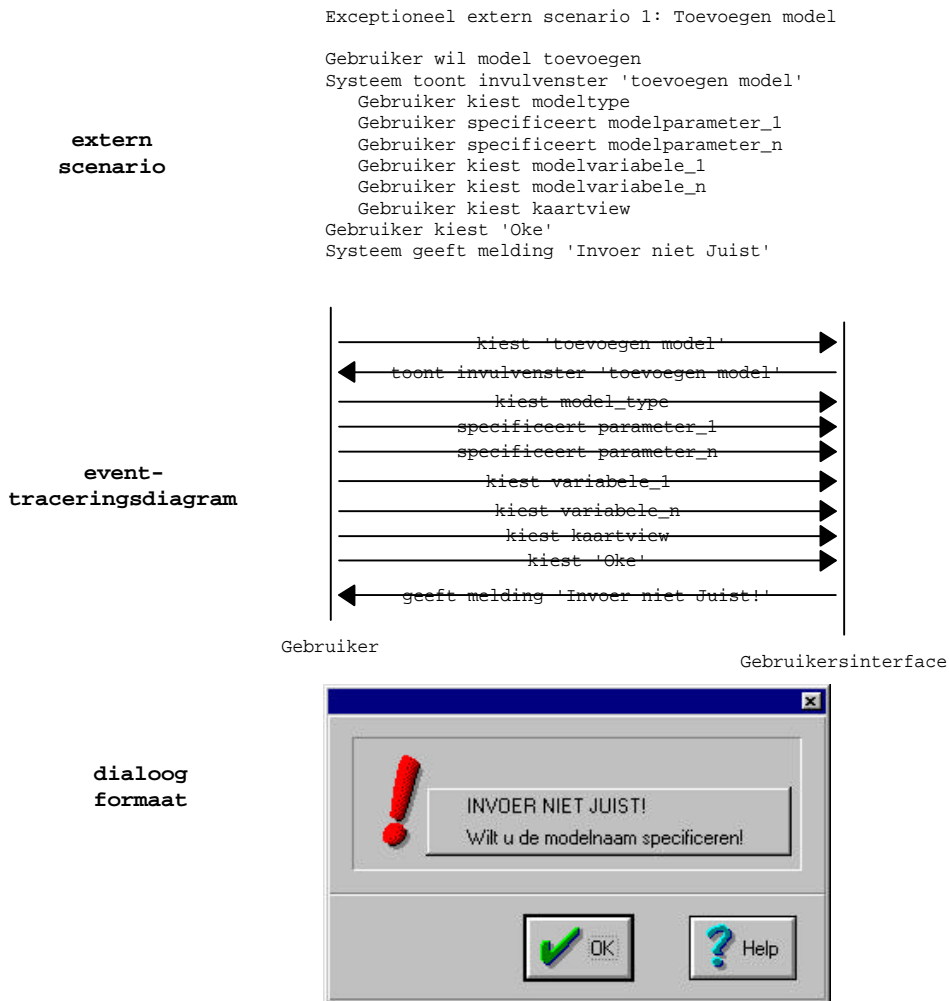
externe event-traceringsdiagram



dialogoog-formaat



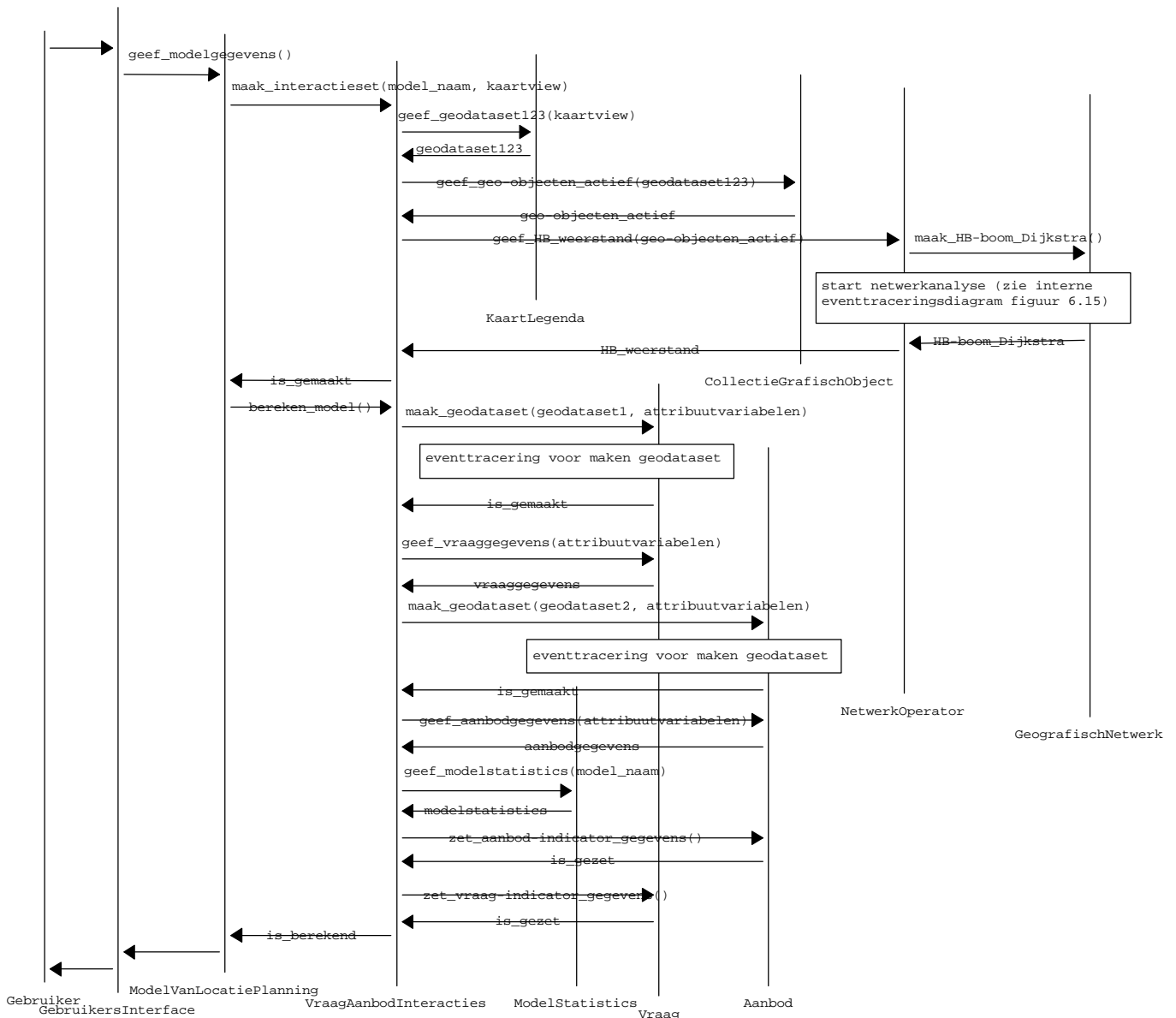
Figuur 6.12 Scenario, eventtraceringsdiagram en dialogovenster voor de functie 'Toevoegen model'



Figuur 6.13 Exceptioneel scenario, eventtracing en dialoogformaat voor de functie Toevoegen model'

Interne eventtracing; berekenen van modellen (en indicatoren)

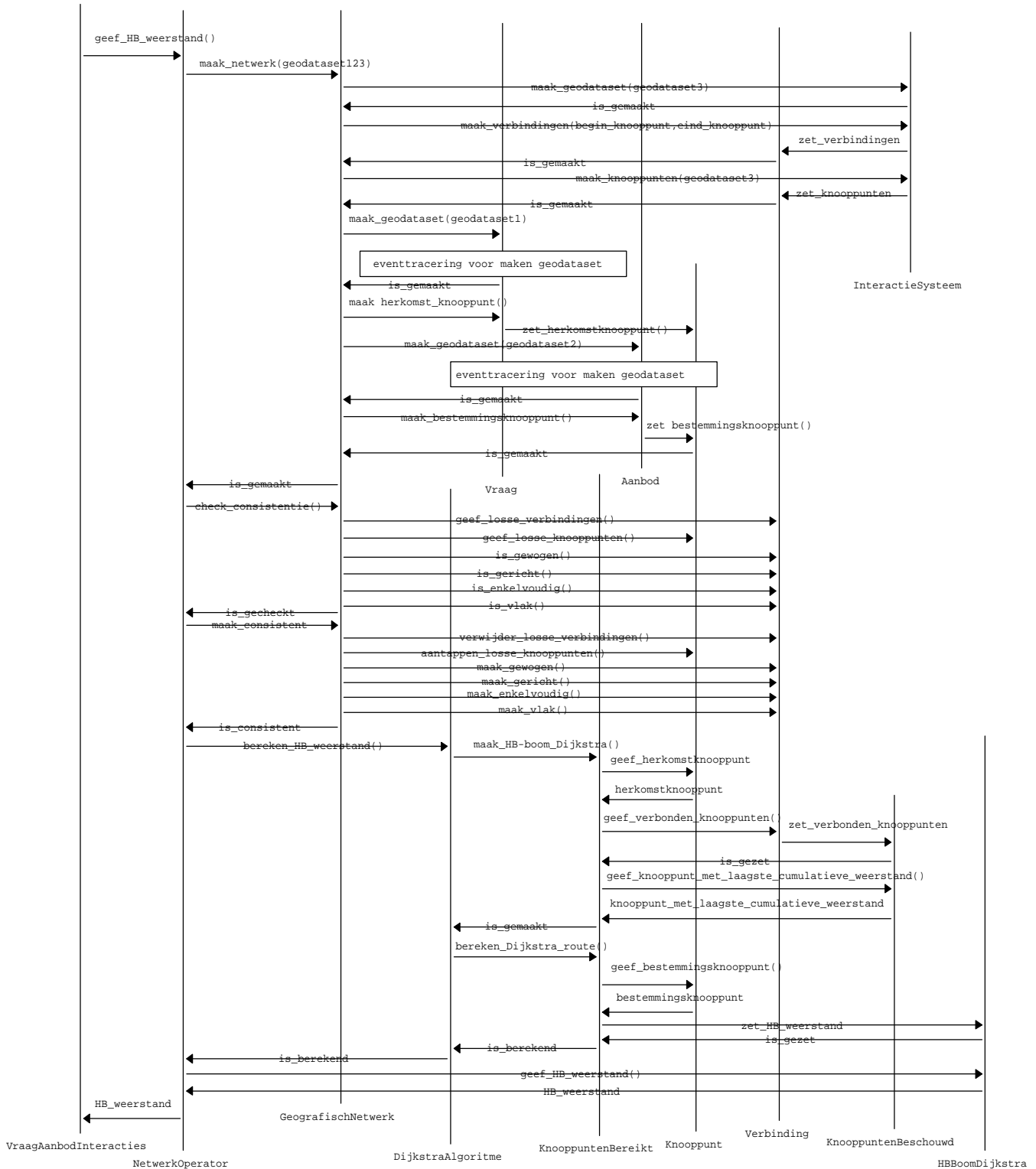
In figuur 6.14 is de interne eventtracing voor het berekenen van modellen en indicatoren afgebeeld. De klasse ModelVan- LocatiePlanning zorgt ervoor, dat een object van het type VraagAanbodInteracties wordt gemaakt. Objecten van dit type verzamelen de benodigde gegevens over de vraag- en aanbodobjecten, voeren de berekeningen uit en geven de resultaten door aan de resultaatobjecten, zoals domeinobjecten van het type Vraag of Aanbod en/of objecten van het type ModelStatistics.



Figuur 6.14 Interne eventtraceringsdiagram voor het berekenen van modellen en indicatoren

Interne eventtracering; netwerkanalyse

Modelberekeningen representeren een opeenvolging van interne gebeurtenissen. Het berekenen van modellen van locatieplanning wordt zoveel mogelijk als achtergrondproces uitgevoerd; dat wil zeggen zonder tussenkomst of interactie van de gebruiker. Ook de geografische netwerkanalyse, die nodig is voor het werken met modellen van locatieplanning, wordt via een interne eventtraceringsdiagram in beeld gebracht. Het interne eventtraceringsdiagram voor netwerkanalyse is in figuur 6.15 weergegeven. Voor het uitvoeren van netwerkanalyse wordt vanuit een domeinobject van het type *VraagAanbodInteracties* een geografisch netwerk gemaakt. Dit netwerk - bestaande uit verbindingen en knooppunten - wordt eerst op zijn geometrische en topologische consistentie gecontroleerd. Indien het netwerk consistent is, wordt aan het object van het type *DijkstraAlgoritme* gevraagd een herkomstbestemmingsboom op te bouwen, waarna de Dijkstra-route wordt berekend.



Figuur 6.15 Interne eventtraceringsdiagram voor netwerkanalyse

Interne eventtracering; kaartpresentatie

De werking van de kaartpresentatie is in een interne eventtraceringsdiagram uiteengezet in figuur 6.16. De interne event-tracering wordt van de hand van enkele use cases voor kaartpresentatie en kaartinteractie uiteengezet. Hier zullen voor de use cases voor gebruikersinteractie met de kaartview 'open_nieuw_kaartview', 'toevoegen_geodataset_aan_kaartview', 'selecteer_objecten_met_rechthoek' en 'bereken_model' de interne eventtraceringsdiagrammen worden beschouwd.

Voor het openen van de kaartview wordt een object van het type `KaartView` aangemaakt, die er voor zorg draagt dat de bijbehorende applicatieobjecten van het type `KaartTools`, en `KaartLegenda` worden aangemaakt en getoond aan de gebruiker. Het betreft hierbij voornamelijk events voor ontwerp van de gedetailleerde gebruikersinterface, waarin in het bijzonder de relatie tussen domein- en applicatieobjecten wordt gelegd. Deze achterliggende events worden pas bij het objectontwerp opgenomen in de interne eventtracering (zie paragraaf 6.6.3).

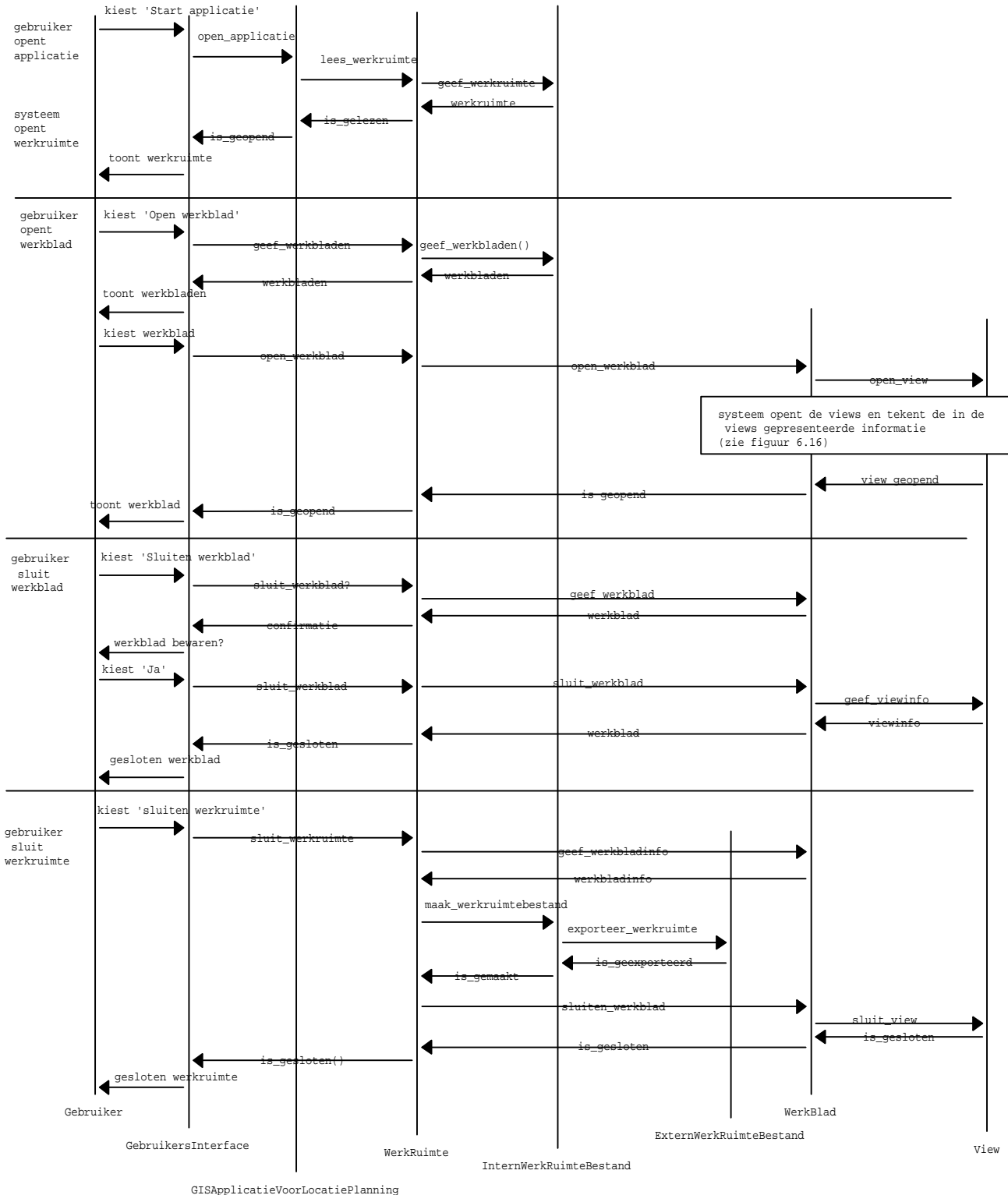
Voor het tekenen van geo-objecten in een kaartpresentatie wordt een opeenvolging van events verstuurd (en operaties uitgevoerd). De gebruiker selecteert de geodataset, waarna het systeem de geodataset inleest. De geometrische attribuutvariabele(n) uit de geodataset zijn daarbij omgezet naar (carto)grafische variabelen in de vorm van grafische objecten en kaartsymbolen. Deze worden vervolgens geïnterpreteerd door het kaartbeeld, afgebeeld en tevens opgeslagen in een verzameling. Deze verzameling van grafische objecten houdt bij welke van de objecten in de verzameling zichtbaar en actief zijn en zorgt voor het hertekenen deze gegevens in het kaartbeeld.

Voor het rekenen met probleemdomeinspecifieke modellen van locatieplanning is ook interactie met de kaartpresentatie van belang. De gebruiker geeft namelijk via de kaartpresentatie aan uit welke geodatasets de geo-objecten afkomstig zijn, die de input vormen voor de modelberekeningen. Iedere model heeft objecten uit één of meerdere geodatasets als input. Via de kaart-presentatie geeft de gebruiker aan het model door om welke geodatasets het gaat. Daarbij is de volgorde van de geodatasets in de kaartlegenda van belang (zie paragraaf 6.3.4). Tevens kan de gebruiker geo-objecten via de kaarttools geografisch selecteren, zodat modelberekeningen slechts op de geselecteerde geo-objecten betrekking hebben. De bijbehorende eventtracering voor het selecteren van de inputgegevens voor modellen via de kaartpresentatie is eveneens in figuur 6.16 weergegeven.

Interne eventtracering; bestandsbeheer

De interne eventtracering voor enkele gebruikersfuncties voor bestandsbeheer zijn in figuur 6.17 weergegeven. Voor het openen van de applicatie wordt de klasse `GISApplicatieVoorLocatiePlanning` geactiveerd. Deze klasse zorgt ervoor, dat de default (lege) werkruimte wordt ingelezen vanuit een extern standaard werkruimtebestand en wordt vertaald naar een intern werkruimtebestand. Bij het sluiten van de werkruimte wordt het externe werkruimtebestand altijd weggeschreven. Dit betekent, dat de interne en externe werkruimtebestand na afsluiten van de applicatie dezelfde informatie bevatten. Indien de werkruimte wordt uitgebreid met nieuwe geodatasets, wordt het externe werkruimtebestand vernieuwd. Veelal zullen geodatasets eenmalig aan het begin van een gebruikersproject gedefinieerd worden. Het bij het opstarten van de applicatie inlezen van een extern bestand kost meer tijd, zodat het introduceren van een intern werkruimtebestand voor de hand ligt. Dit geldt ook voor geodatasets; voor iedere geodataset bestaat een extern en intern formaat.

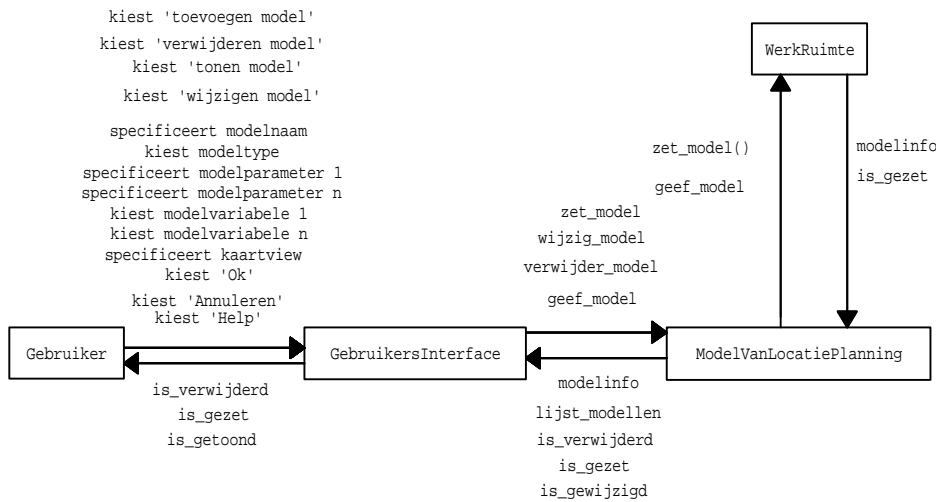
Voor het openen van een werkblad wordt eerst in de werkruimte gekeken welke werkbladen aanwezig zijn. De lijst met werkbladen wordt aan de gebruiker getoond en de gebruiker kiest een werkblad. Het object `WerkRuimte` zorgt ervoor, dat het werkblad wordt geopend via de boodschap `open_werkblad`. Ieder werkblad bestaat uit een nul of meer views. Voor het openen van het werkblad wordt voor iedere object van het type `View` uit het werkblad de boodschap `open_view` verstuurd. De views tekenen zichzelf en de daarin afgebeelde objecten (zie voor het openen van kaartviews het interne eventtraceringsdiagram in figuur 6.16).



Figuur 6.17 Interne eventtracing voor functies van bestandsbeheer

6.4.3 Overzicht van systeemfunctionaliteit via het eventstroomdiagram

De vier functies voor het werken met probleemdomeinspecifieke modellen in GIS-applicaties (zie use cases bijlage 3) zijn vastgelegd in diverse - normale en exceptionele - scenario's, eventtraceringsdiagrammen en interfaceformaten. In OMT wordt vervolgens in een eventstroomdiagram een overzicht gegeven van alle voor het systeem relevante events. Uit het geheel aan normale en exceptionele scenario's zijn alle (mogelijke) events geselecteerd en uiteengezet in een eventstroomdiagram (zie figuur 6.18). Het



eventstroom-diagram is vooral bedoeld als abstracte weergave en schetst een overzicht van de events in het systeem zonder de volgorde van uitvoering in acht te nemen.

Het diagram laat zien, dat een grote hoeveelheid events plaats heeft tussen de gebruiker en de gebruikersinterface. Dit typeert het interactieve karakter van GIS-applicaties. In bijlage 6 zijn het (interne) eventstroomdiagram voor de overige centrale GIS-functies voor bestands-beheer, presentatie en netwerk-analyse weergegeven.

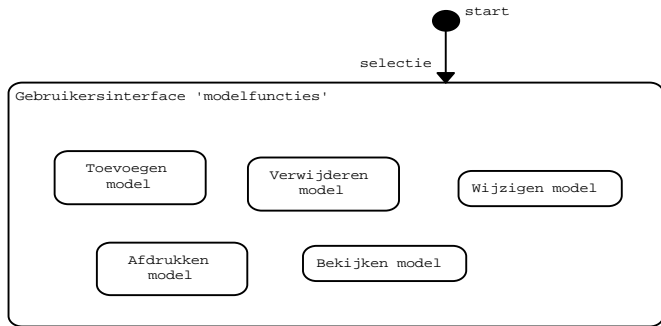
Figuur 6.18 Eventstroomdiagram voor modelfuncties

6.4.4 De toestandsovergangdiagrammen

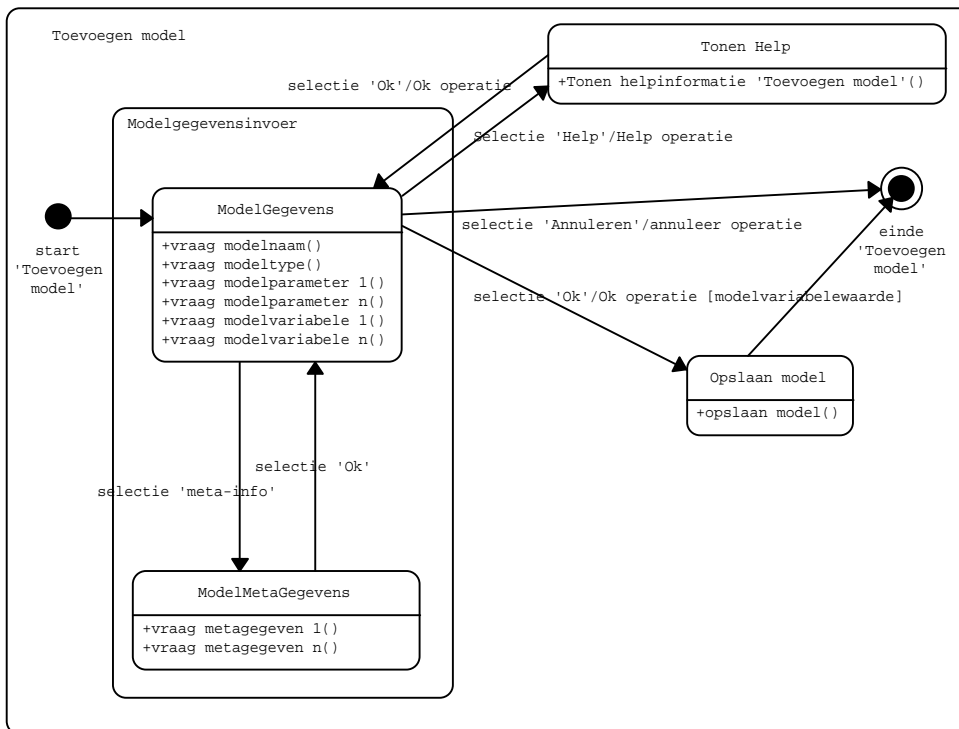
Voor objecten met veel interacties is het zinvol toestandsovergangdiagrammen te creëren. Toestandsovergangdiagrammen beschrijven de wijze waarop toestandsovergangen binnen een object plaats hebben. Voor iedere klasse wordt een diagram gemaakt, die het dynamisch gedrag van de klasse weergeeft bestaande uit alle mogelijke events, die de objecten van die klasse kunnen ontvangen en verzenden. Het toestandsovergangdiagram (TD) voor objecten van het type GebruikersInterface voor vijf centrale modelfuncties is in figuur 6.19, 6.20 en 6.21 weergegeven. Ieder scenario of eventtracering komt overeen met een pad door het toestandsovergangdiagram. Bij het werken met probleemdomeinspecifieke modellen zijn drie klassen met enig dynamisch gedrag onderscheiden²⁹: GebruikersInterface, ModelVanLocatiePlanning en WerkRuimte. Objecten van het type ModelVanLocatiePlanning en de WerkRuimte vertonen voornamelijk geen omvangrijk dynamisch gedrag. Objecten van het type GebruikersInterface daarentegen laten een grote hoeveelheid inkomende en uitgaande events zien. Indien de applicatie is opgestart, wordt de gebruikersinterfacetoestand geactiveerd. In de gebruikersinterfacetoestand kan de gebruiker een selectie maken uit vijf functies. Een selectie kan een selectie zijn van een menu-item met de muis of via het toetsenbord. Hoe de selectie wordt gemaakt is op dit moment nog niet van belang. De mogelijke functies in de gebruikersinterfacetoestand zijn subtoestanden, die door de gebruiker kunnen geactiveerd (zie figuur 6.19). Het toestanddiagram voor de gebruikersinterface voor de model-functie 'Toevoegen model' is in figuur 6.20 weergegeven. Voor de gebruikersinterface van de drie overige modelfuncties - verwijderen, wijzigen en bekijken - zijn de toestanddiagrammen in figuur 6.21 opgenomen.

Na de eerste analysefase vindt terugkoppeling plaats, waarin verdere verificatie en verfijning van het object en het dynamisch model plaatsvindt. Dit betekent, dat de modellen worden aangepast en gecontroleerd op interne en externe consistentie. Dit proces is iteratief van aard en wordt hier niet verder aan de orde gesteld.

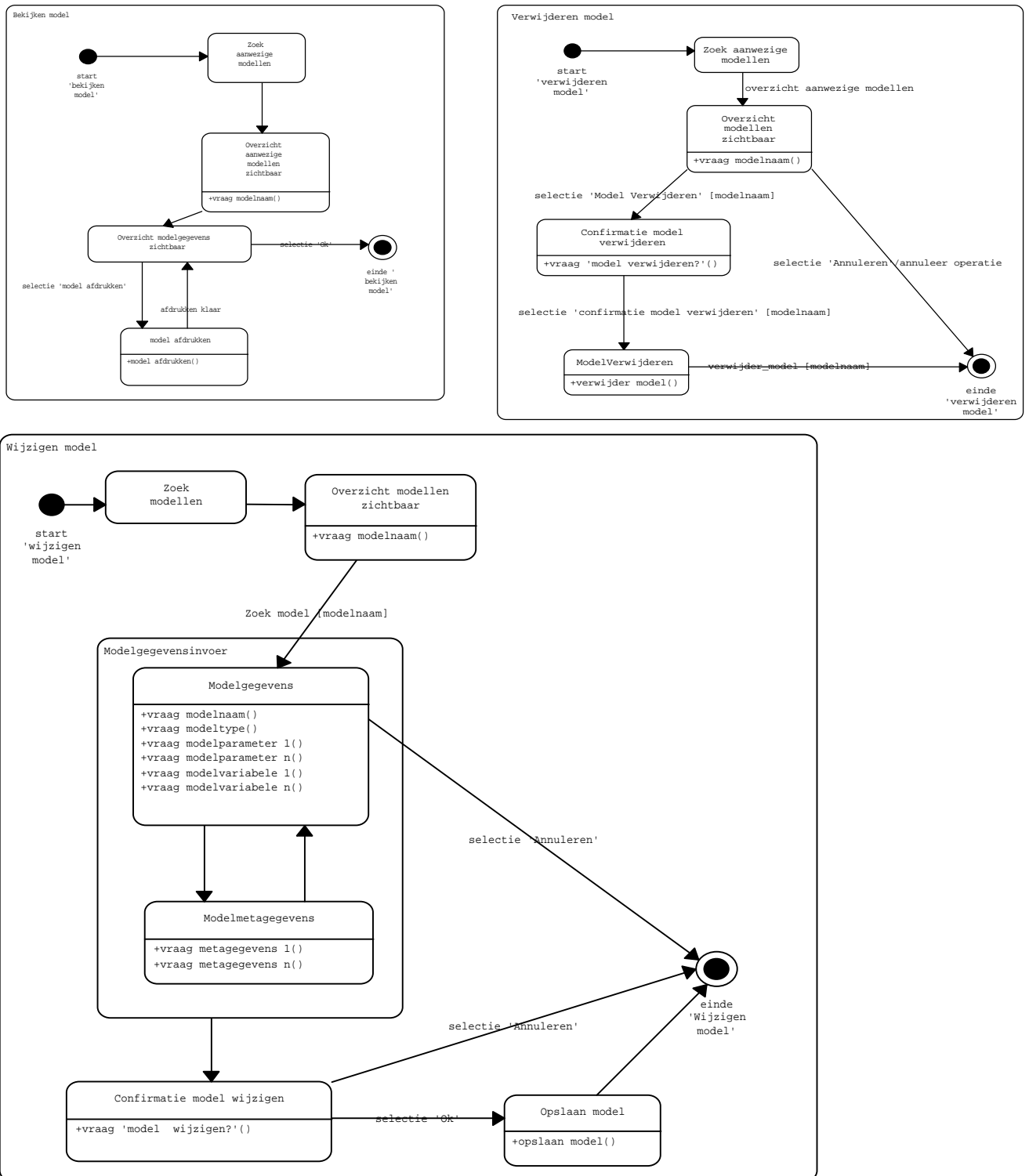
²⁹ De gebruiker maakt als externe actor geen deel uit van het systeem.



Figuur 6.19 TD voor klasse GebruikersInterface voor functie 'modellen'



Figuur 6.20 TD voor klasse GebruikersInterface voor functie 'Toevoegen model'



Figuur 6.21 TD voor klasse `GebruikersInterface` voor functies 'Bekijken model', 'Verwijderen model' en 'Wijzigen model'

6.5 Systeemontwerp; de niet-functionele systeemeisen

6.5.1 Inleiding

Tijdens de fase van systeemontwerp worden de strategische beslissingen genomen ten aanzien van de architectuur van het systeem. De te nemen beslissingen zijn geheel afhankelijk van het type systeem en de (organisatorische) context, waarbinnen het systeem zal worden onderhouden en gebruikt. Derhalve worden de niet-functionele eisen in een systeemontwerp uiteengezet. Systeemontwerp start met het ontwerpen van een systeemarchitectuur. GIS-applicaties kunnen beschikken over een meervoudige systeemarchitectuur, waarbij de interactieve interface en continue transformatie een belangrijke rol spelen³⁰. Een ander aspect van de niet-functionele systeemeisen is het toekennen van subsystemen aan zogenaamde functionele eenheden (Duffy 1996). Daarnaast onderscheiden Rumbaugh *et al.* (1991) verschillende andere aspecten, die tijdens systeemontwerp invulling krijgen, zoals het identificeren van concurrentie, het toekennen van subsystemen aan processoren en taken, het kiezen van de methode(n) voor gegevensopslag en het besturingsparadigma. De belangrijkste aspecten van systeemontwerp worden nader toegelicht in de context van de ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning, zoals het voor onderhavige studie invulling heeft gekregen.

6.5.2 Subsystemen in GIS-applicaties

Een systeemarchitectuur geeft de structuur van de applicatie weer in de vorm van systeemcomponenten of *subsystemen*³¹. De architectuur van het systeem bepaalt voor een belangrijk deel de wijze waarop (later) in het proces van systeemontwikkeling bepaalde keuzen worden gemaakt en mogelijkheden aanwezig zijn voor verdere gedetailleerde invulling van systeemcomponenten³². Welke functionele eenheden worden onderscheiden is geheel afhankelijk van de applicatie. De subsystemen van de voor deze studie ontwikkelde applicaties bevinden zich op één machine of functionele eenheid. Voor het GIS-applicatieraamwerk zijn diverse subsystemen onderscheiden. In figuur 6.22 zijn de subsystemen schematisch weergegeven in lagen en partities. Een systeemlaag kenmerkt zich door de goed gedefinieerde diensten, die de laag verleent aan de bovengelige (sub)systeemlaag. De bovenste laag is de applicatie zelf en de onderste lagen worden gevormd door de hardware en het besturingssysteem. Daartussen zijn diverse systeemlagen onderscheiden, die worden beschouwd als functionele eenheden. Naast lagen worden losse partities onderscheiden, die eveneens een interface hebben en diensten verlenen. Allereerst zijn functionele subsystemen onderscheiden voor de gegevenspresentatie, het samenstellen van probleemdomainspecifieke modellen en het ruimtelijk subsysteem voor het geometrisch/topologisch bewerken van gegevenselementen. De subsystemen voor gegevenspresentatie en het samenstellen van probleemdomainspecifieke modellen maken beide gebruik van de diensten van het ruimtelijk subsysteem; de presentatielaag heeft

³⁰ Rumbaugh *et al.* (1991) onderscheiden diverse typen systeemarchitecturen, zoals batch en continue transformatie, interactieve interfaces, dynamische simulatie, realtime systemen en transactiesystemen. De architectuur bepaalt de mate waarin de drie modellen - object, dynamisch en functioneel - aandacht krijgen tijdens het objectontwerp. Zo is voor transactiesystemen het objectmodel essentieel en in mindere mate het dynamisch en functioneel model. Bij het ontwikkelen van de architectuur van systemen met interactieve interfaces staat het dynamisch model centraal. Applicaties hebben veelal aspecten van meer dan één systeemarchitectuur in zich. GIS-applicaties hebben doorgaans een systeemarchitectuur van een interactieve interface. GIS-applicaties worden gedomineerd door sturing of interactie van zogenaamde externe stimuli via een grafische gebruikersinterface. Een systeemarchitectuur voor een interactieve interface leunt sterk op het dynamische model. Anderzijds zijn GIS-applicaties voor locatieplanning rekenintensieve systemen, waarbij een deel van de berekeningen in een continue transformatie beschouwd kunnen worden. Ook dient een GIS-applicatie een transactiemanager te beschikken, die de gegevens uit de database haalt.

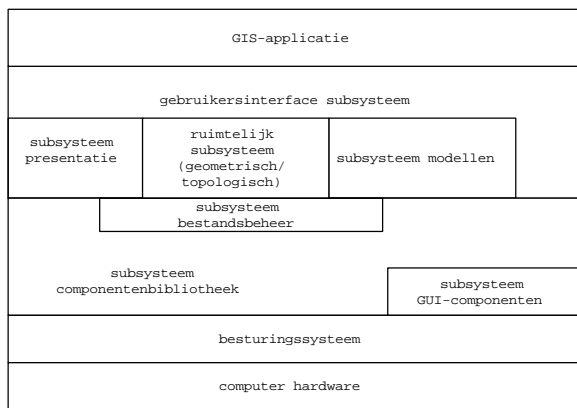
De systeemarchitectuur hangt tevens nauw samen met het besturingsparadigma. Het besturingsparadigma geeft een aanduiding van de wijze waarop de interacties met en in het systeem overwegend plaats heeft (zie verder paragraaf 6.5.6).

³¹ Een subsysteem is een verzameling klassen, associaties en operaties met een gezamenlijke, goed gedefinieerde interface naar andere subsystemen. Een subsysteem vertoont daarmee een duidelijke samenhang en is coherent. De objecten in een subsysteem vertonen samenhangend gedrag en hebben een gezamenlijke en beperkte interface naar andere subsystemen toe. Daardoor is mogelijk een subsysteem onafhankelijk van de rest het systeem te ontwikkelen (uitbreiden, toevoegen, wijzigen), zonder van invloed te zijn op andere subsystemen.

³² Vanwege de relatief beperkte omvang van de in deze studie ontwikkelde GIS-applicaties hoeft het onderscheiden van subsystemen pas na de analysefase aan de orde te komen. Bij zeer grote systemen wordt tijdens de analysefase de architectuur van het systeem als vastgesteld. De analysefase wordt vervolgens per subsysteem uitgevoerd, om het en ander op hanteerbaar en overzichtelijk te laten zijn.

een verbinding via de associatie tussen de klassen `GeometrischObject` (ruimtelijk subsysteem) en `GrafischObject` (subsysteem presentatie). Het subsysteem modellen heeft een gebruiksrelatie met het ruimtelijk subsysteem; via klassen uit het subsysteem bestandsbeheer onderhoudt dit subsysteem een relatie met geometrische/topologische klassen uit het ruimtelijk subsysteem. Deze functionele subsystemen voeren bewerkingen uit op gegevens met een ruimtelijke component. Hier dient opgemerkt te

worden, dat de onderscheiden subsystemen weer in subsystemen onder te verdelen zijn. Bijvoorbeeld voor bestandsbeheer zijn subsystemen te onderscheiden voor het zoeken, indexeren en sorteren van bestanden. Ook het presentatie-subsysteem is onder te verdelen in diverse subsystemen; een subsysteem voor kaartpresentatie, tabelpresentatie, grafiekpresentatie en andere gegevenspresentatievormen. Het subsysteem componentenbibliotheek is een op de markt verkrijgbare, low-level klassenbibliotheek (zie ook figuur 5.3), waarin voorgedefinieerde klassen voor het maken van een grafische gebruikersinterfaces en de fundamentele klassen voor implementatie aan te treffen zijn. Daarnaast is vanwege het interactieve karakter van GIS-applicaties een gebruikersinterfacesubsysteem onderscheiden. In deze fase wordt ook de lagenarchitectuur van de applicatie in belangrijke mate ontworpen. Op dit moment staat de drielaagenarchitectuur volop in de belangstelling (zie paragraaf 5.5.4).



Figuur 6.22 Subsystemen voor GIS-applicaties

De drielaagenarchitectuur verwijst naar de architectuur van applicaties in een

client/serveromgeving. Het drielaagenmodel bestaat uit een presentatielaag, een functionaliteitslaag en een gegevenslaag. Ook de hier gepresenteerde architectuur bestaat uit meerdere lagen. In figuur 6.23 zijn deze lagen eveneens gescheiden in subsystemen. De interface tussen de verschillende lagen is echter niet gebaseerd op de conventies zoals die naar verwachting in de toekomst volgens de Open Geodata Interoperabiliteit Specificatie vorm zullen krijgen (zie paragraaf 5.5.4). Door het gebruik van deze Specificatie is het mogelijk om subsystemen van uitleenlopende origine en functionaliteit met elkaar te koppelen.

6.5.3 Concurrente objecten in GIS-applicaties

Een onderdeel van systeemontwerp is het identificeren van concurrente objecten. Concurrentie treedt op indien twee of meer gebeurtenissen tegelijkertijd (kunnen) plaatsvinden. Concurrentie kan worden vastgesteld aan de hand van het dynamische model; twee objecten zijn concurrent, indien ze gelijktijdig een boodschap ontvangen zonder, dat er sprake is van interactie tussen beide objecten. In GIS-applicaties zijn diverse concurrente situaties te onderscheiden. Een GIS-applicatie is een event-gestuurd systeem. Bij het specificeren van probleemdomainspecifieke modellen ofwel het invoeren van modelgegevens door de gebruiker zijn diverse interfacecomponenten concurrent. De volgorde waarin de diverse modelgegevens aan het systeem worden doorgegeven wordt afgehandeld door een zogenaamde eventhandler. De *eventhandler* bepaalt de volgorde, waarin de gebeurtenissen moeten plaatsvinden. Het systeem of de programmeeromgeving handelt de events verder automatisch af. Vanwege het feit, dat diverse applicaties een interactieve interface hebben, waarin concurrente interfaceobjecten te onderkennen zijn, is een ontwerppatroon ontwikkeld voor het afhandelen van concurrente interfaceobjecten; het model-view-controller ontwerppatroon (zie ook paragraaf 6.6.3 en 6.6.4).

6.5.4 Toekennen subsystemen aan processoren en taken

Een ander belangrijk onderdeel van het systeemontwerp is het toekennen van subsystemen aan een processor. De in onderhavige studie ontwikkelde GIS-applicaties zijn ontwikkeld voor een uniprocessor of enkelvoudige Central Processing Unit (CPU). Het toekennen van subsystemen aan verschillende processoren is derhalve voor de in deze studie ontwikkelde applicaties niet aan de orde geweest. Ondanks het feit, dat het bij geo-objecten al gauw om grote hoeveelheden gegevens gaat, wordt de capaciteit van (huidige) Personal Computers voldoende verondersteld. Tegelijkertijd is het echter zeer goed denkbaar, dat in de nabije toekomst

parallele processoren worden ingezet om de grote hoeveelheden gegevens en instructies af te kunnen handelen³³. Daarnaast is in de context van Open GIS en objecttechnologie (zie paragraaf 5.5.5) te verwachten, dat GIS-applicaties in de toekomst op uiteenlopende functionele eenheden gaan draaien en daardoor te maken krijgen met uiteenlopende processoren.

6.5.5 Strategie voor beheer van gegevensgeheugens

Voor het werken met GIS-applicaties is het inlezen en uitvoeren van gegevens naar gegevensbestanden noodzakelijk. Gegevensgeheugens kunnen fysiek op een schijf of in het tijdelijk geheugen van de computer worden opgeslagen via - een combinatie van - gegevensstructuren, bestanden of databases. Het fysiek opslaan van gegevens wordt ook wel aangeduid met *persistentie*. De gegevens, die in aanmerking komen voor persistente opslag, worden als gegevensgeheugens van het systeem in de functionele modellen uiteengezet (zie paragraaf 6.6.2). De wijze van opslaan is afhankelijk van diverse aspecten, waarbij het niet noodzakelijk is alle persistente objecten op dezelfde wijze op te slaan. De opslag van gegevens in bestanden is relatief simpel, goedkoop en bijzonder flexibel (niet afhankelijk van een gegevenstructuur), maar voldoet vaak niet aan de eisen die gesteld worden aan een multi-user omgeving. Het werken met generieke DBMS - bij voorkeur OODBMS - heeft vooral in multi-user omgevingen diverse voordelen (zie paragraaf 3.2.4 en 5.4.3). Aspecten als data-integriteit, de aanwezigheid van een standaard opvraagtaal SQL en de multi-user mogelijkheden voor transactiemangement, concurrency control, database recovery, locking en beveiliging zijn daarbij sleutelbegrippen (zie Date 1995).

Voor onderhavige studie zijn de onderscheiden externe gegevensgeheugens bestanden voor de definitie van de werkruimte, de definitie van het werkblad en voor de opslag van de geo-objecten in geodatasets. De *bestanden* worden bewaard in de gebruikersdirectory en via een door de gebruiker gespecificeerde bestandsnaam opgeroepen. Voor het rekenen met gegevens worden in belangrijke mate *interne* gegevensgeheugens gebruikt, zo ook voor het (tijdelijk) presenteren van de resultaten van deze bewerkingen. Voor ieder intern gegevensgeheugen wordt een gegevenstructuur voor implementatie vastgesteld, dat aansluit bij de inhoud van en de te verrichten berekeningen (zie verder paragraaf 6.6.2).

6.5.6 Het besturingsparadigma

De gebruikersinterface is de buitenkant van de applicatie; datgene wat de gebruiker ziet en waarmee de gebruiker interacteert. Het al vroeg ontwikkelen van de gebruikersinterface is een belangrijk onderdeel van het traject van applicatieontwikkeling, mede om eventueel functionele specificaties boven water te krijgen. De toegankelijkheid van de geschetste functies voor de gebruiker(s) van het systeem is het terrein van de mens-machine interactie. Interactie met de computer kan op verschillende wijzen plaatsvinden, van commandotaal tot het gesproken woord. Een menugestuurd dialoogsysteem leidt de gebruiker aan de hand van een hiërarchie van voorgeselecteerde keuzemenu's. Daardoor krijgt de gebruiker een overzicht van de mogelijkheden van de applicatie, zodat hij/zij in de juiste volgorde bepaalde acties uitvoert. Mens-machine interactie staat momenteel vooral in het teken van de ontwikkelingen op het terrein van de grafische gebruikersinterfaces of Graphical User Interfaces (GUI). Met termen als 'device pick', muisgestuurd, 'drag en drop' is al een aanloop genomen op de wijze, waarop de gebruiker toegang krijgt tot de gegevens. Bij grafische dialoogsysteem worden de functies van het systeem op grafische en symbolische wijze geactiveerd (input) en gepresenteerd

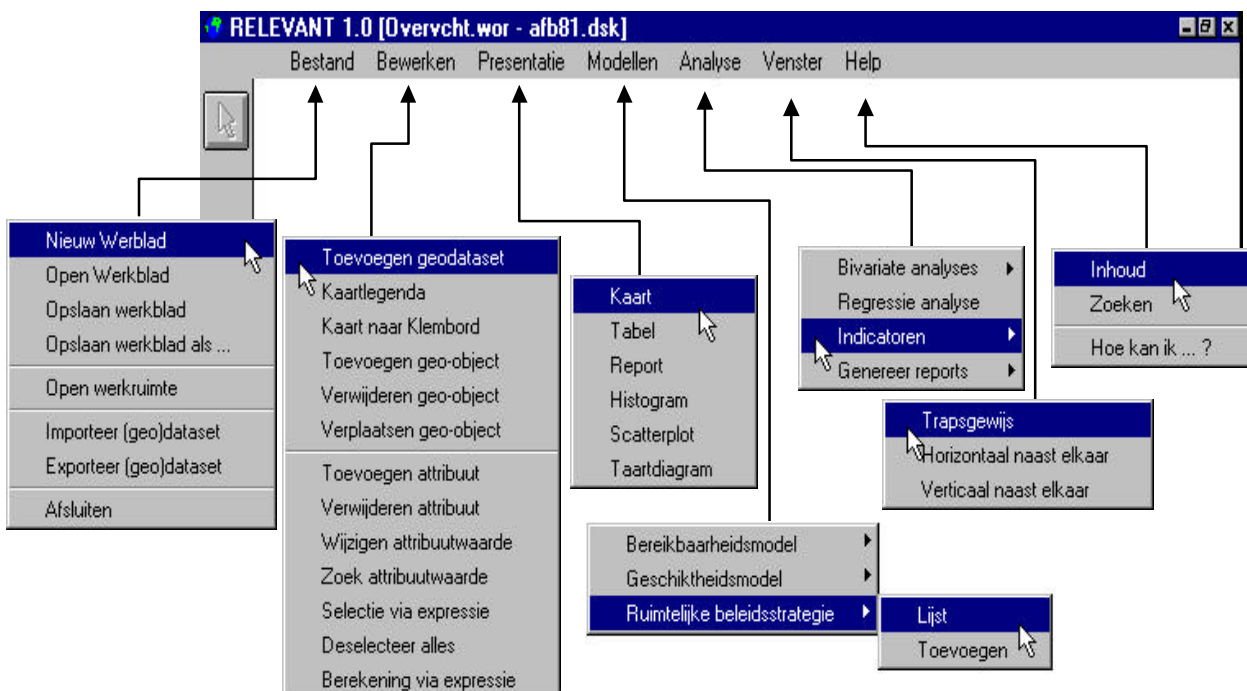
³³ Om de grote hoeveelheden geo-informatie, die ter beschikking staan en komen, te kunnen verwerken zijn 'grote' en 'snelle' computers nodig. Openshaw (1996) bespreekt verschillende toepassingen van GIS, waarin het gebruik van parallele processoren een meerwaarde kan opleveren voor modelontwikkeling en -gebruik. In geval van onderhavige studie zou het bijvoorbeeld geen luxe zijn geweest de parameter-schattingen en modelberekeningen voor het marktpenetratiemodel voor de levensmiddelenhandel met behulp van parallele processoren uit te voeren. Het toepassing van een genetisch algoritme voor optimalisatie van een winkelnetwerk via parallele berekeningen levert een duidelijke meerwaarde op in de vorm van snelheid en betere modelperformance (Birkin *et al.* 1995). Echter de modelberekeningen dienen afgestemd te zijn op de te hanteren parallele implementatiestrategie (zie Ding en Densham 1996). Meer onderzoek naar het verkennen van de potentie voor de parallele verwerking van locatie- en keuzemodellen in GIS-applicaties en het aspecten van ontwerpen en implementeren van geschikte ruimtelijke, parallele algoritmen is derhalve gewenst. Daarbij dient de aandacht te verschuiven van 'performance statistics' naar het presenteren van parallele, ruimtelijke modellen. Objecttechnologie is uitermate geschikt voor het bouwen van GIS-applicaties, waarin (reken)processen en -instructies door parallele processoren worden uitgevoerd. In de fase van systeemontwerp worden subsystemen en objecten aan processoren (CPU) en hardware toegedeeld ten behoeve van een optimale systeemperformance. De grote hoeveelheden gegevens en berekeningen nodig voor het werken met modellen kan op deze wijze in geïntegreerde GIS-applicaties plaatsvinden.

(output) via vensters, iconen, muisbesturing en keuzemenu's. Dit wordt wel aangeduid met behulp van het acroniem WIMP (Windows, Icons, Mouse en Pointers). Via het afbeelden van meerdere vensters is het mogelijk tegelijkertijd op meerdimensionale wijze gegevens te tonen vanuit de verschillende blikvelden of views. Iconen geven via meta-foren (een grafische weergave van symbolen) op meer cognitieve wijze een betekenis aan bepaalde systeemfuncties. Keuze-menu's - in de vorm van pop-up en pull-downmenu's - geven een taalkundige toegang tot systeemfuncties. Een menugestuurd dialoogsysteem bevat een hiërarchische structuur van systeemfuncties. Via een heldere opbouw van het dialoogsysteem kan een taakgeoriënteerde in plaats van functiegeoriënteerde dialoog tot stand worden gebracht. Door een hoofdfunctie te activeren verschijnt een pull-down menu met nieuwe menu-opties.

In paragraaf 6.2.2 zijn 35 use cases onderscheiden (zie bijlage 3), die zijn gegroepeerd in functionele eenheden. Deze functionele eenheden zijn in het hoofdkeuzemenu opgenomen:

1. *Bestand* voor het opvragen of bewaren van een werkruimte en werkblad;
2. *Bewerken* voor het bewerken (toevoegen, verwijderen of verplaatsen) van gegevenselementen;
3. *Presentatie* voor het openen van (presentatie)vensters of views voor gegevenspresentatie;
4. *Modellen* voor het opvragen van bestaande en aanmaken van nieuwe modelspecificaties;
5. *Analyse* voor het uitvoeren van (data)analyses, het berekenen van indicatoren en het genereren van reports;
6. *Vensters* voor het rangschikken van presentatievensters;
7. *Help* voor het activeren van de helpfuncties.

Vensters en pop-upmenu's (en iconen) worden geactiveerd via muisbesturing (aanklikken). De specificatie van gebruikers-gedefinieerde onderdelen van het systeem, zoals classificatieschema's, modelspecificatie's, et cetera vinden plaats via dialoogvensters. In een dialoogvenster kan de gebruiker op verschillende wijzen gegevens doorgeven aan het systeem, zoals het opgeven van tekst, het maken van een keuze via een drukknop, keuzeknop, radioknop of het schuiven van panelen. Naast menugestuurd is het systeem 'default-driven', hetgeen betekent, dat de door de gebruiker door te geven inputwaarden vooraf zijn ingesteld, waarbij de gebruiker de mogelijkheid heeft om andere parameter- en variabelewaarden aan het systeem door te geven. Kortom, het betreft een grafisch dialoogsysteem, dat inmiddels in veel generieke (GIS-)applicaties is aan te treffen (zie figuur 6.23 voor hoofdmenu en onderliggende submenu's van het GIS-applicatieraamwerk). In bijlage 8 zijn de in deze studie toegepaste concep-ten van de besturing uiteengezet aan de hand van de gebruikersinteractie met de twee ontwikkelde GIS-applicaties.



Figuur 6.23 GIS-applicatieraamwerk: hoofdmenustructuur en pull-downmenu

De modelfuncties zijn applicatie- of probleem domeinafhankelijk. In de twee case studies wordt de systeemfunctie 'Modellen' aan de orde gesteld, omdat in deze systeemfunctie de (meer)waarde zit voor locatieplanning. De wisselwerking tussen modelberekeningen en de andere meer specifieke GIS-functies van (geo)grafische presentatie, selectie, opvraag en bewerken zal daar-bij in het bijzonder aan de orde komen.

Gebruikersvriendelijkheid via dynamische implementatie

De gebruikersvriendelijkheid van een GIS-applicatie zit zeker niet alleen in de aanwezigheid van een GUI. In belangrijke mate bestaat gebruikersvriendelijkheid uit het vereenvoudigen en vergemakkelijken van het aantal externe handelingen, die de gebruiker dient te verrichten om de gegevens te raadplegen en met modellen te werken. Het implementeren van een GIS-applicatie kan op diverse wijzen plaatsvinden; van statische tot dynamische implementatie. In *statische implementatie* dient de gebruiker veel handelingen in een logische volgorde te verrichten. In het hanteren van een *dynamische implementatie* zit een belangrijk deel van de waarde van een op-maat-gesneden GIS-applicatie. Deze wijze, waarop een dynamische implementatie invulling krijgt, is geheel afhankelijk van de probleemspecifieke invulling en wensen van de gebruiker van de GIS-applicatie. Gebruikersvriendelijkheid van GIS-applicaties richt zich - naast de aanwezigheid van een GUI - voor een belangrijk deel op een dynamische implementatie. Een dynamische implementatie impliceert tegelijkertijd gebruikersgestuurde aanpak. Bij de dynamische implementatie wordt geanticipeerd op de handelingen van de gebruiker door - een deel van - de te verrichten handelingen automatisch uit te voeren. Het gaat daarbij om de interne afhandeling van gebeurtenissen (Rumbaugh *et al.* 1991). Dynamische bewerkingen zijn derhalve een opeenvolging van interne gebeurtenissen tussen objecten. De in deze studie voorgestane object-georiënteerde benadering is zeer geschikt voor de implementatie van dynamische GIS-applicaties (zie ook Ter Haar 1993; Van Oosterom en Lemmen 1996; Koolhoven en Wind 1996).

Er zijn diverse mogelijkheden om in GIS-applicaties op dynamische wijze handelingen en bewerkingen te laten plaatsvinden. Dynamische implementatie speelt onder andere een belangrijke rol bij gegevenspresentatie. Een dergelijke dynamische implementatie komt tot stand door bij het werken met gegevens en modellen een dynamische koppeling tot stand te brengen tussen modelberekeningen en vormen van gegevenspresentatie. Dit wordt visuele interactieve modellering³⁴ genoemd (Densham 1994). Enkele andere vormen van dynamische bewerkingen, die in de twee specifieke GIS-applicaties van deze studie zijn geïmplementeerd, worden hieronder kort aan de orde gesteld.

Dynamische koppelingen tussen views

Via presentatievensters of views worden gegevens aan de gebruiker van het systeem getoond. Afhankelijk van de gegevens en het doel van presentatie worden verschillende vormen van presentatie onderscheiden (zie paragraaf 6.2.1). Views spelen ook een elementaire rol bij de interactie van de gebruiker met het systeem. De interactie van de gebruiker voor het presenteren, selecteren en opvragen van gegevenselementen in een view wordt tot stand gebracht via specifieke viewgebonden functies of view-tools. Ieder type view heeft zijn eigen functies, die het mogelijk maken voor de gebruiker om bepaalde handelingen op de gegevens in de views te verrichten.

Doordat presentatieviews elk een andere kijk op dezelfde gegevens kunnen bieden, is het mogelijk de views te verbinden of te koppelen. Dit betekent, dat acties van de gebruiker in de ene view tegelijkertijd een reactie of update in een ander gerelateerde view te zien geeft. Iedere view presenteert namelijk één of meerdere attribuutdimensies van dezelfde geo-objecten. Koppelingen tussen views kunnen tot stand komen doordat de gegevens wijzen naar dezelfde geografische objecten. Een koppeling wordt zichtbaar indien een actie van de gebruiker op een view automatisch leidt tot een (re)actie van een andere voor de gebruiker zichtbare view(s). De gekoppelde views ondersteunen vormen van exploratieve analyse, hetgeen kan leiden tot nieuwe inzichten (zie ook paragraaf 3.3.3).

Dynamisch afhandeling van geometrische en topologische consistentie

In generieke GIS-applicaties is niet gebruikelijk veranderingen in geometrie en topologie op dynamische wijze te laten plaats-

³⁴ Visueel grafische interactie is hierbij een richtinggevende term. Met interactie wordt aangeduid, dat de gebruiker kan ingrijpen en veranderingen kan aanbrengen in de onderliggende gegevens en modellen (bijvoorbeeld bij 'wat gebeurt er als' vraagstukken). Een visueel grafische en interactieve toegang tot gegevens en modellen - onder andere mogelijk door een toenemende processorcapaciteit van (personal) computers - leidt (eerder) tot (meer) inzicht in de probleemsituatie en maakt het mogelijk in te grijpen gedurende het proces van probleemoplossing (zie bijvoorbeeld Densham 1994).

vinden, een enkele uitzondering daargelaten (zie Ter Haar 1993). Een voorbeeld illustreert het een en ander. Indien de gebruiker veranderingen aanbrengt in de locatie van geo-objecten zal dit in veel gevallen van invloed zijn op de geometrie en topologie. Het instandhouden van de geometrie en de afgeleide topologische relaties tussen objecten dient derhalve plaats te vinden. In een statische GIS-applicaties dient de gebruiker na het aanbrengen van een geometrische wijziging opnieuw de geometrische en topologische consistentie voor de (gehele) geodataset te laten doorrekenen. Het verrichten van handelingen met betrekking tot het controleren en instandhouden van de geometrische en topologische consistentie is voor een de eindgebruiker niet interessant en leidt af van het daadwerkelijke probleem. Bij een dynamische implementatie worden (een aantal van) deze handelingen automatisch door het systeem uitgevoerd, zodat de gebruiker zich op de resultaten van de berekening of analyse kan richten.

Dynamische implementatie via de attribuutdimensie

Door het gebruik van het gebruikersconcept attribuutdimensie wordt voor de gebruiker het werken met gegevens(waarden) vergemakkelijkt. Zo kan het systeem de gebruiker waarschuwen, indien deze waarden aan het systeem meegeeft, die buiten het attribuutdomein liggen of kunnen automatisch door het systeem 'missing' waarden worden opgenomen. Het gebruik van de attribuutdimensie wordt in deze studie geïllustreerd via de specificatie van classificatieschema's voor het maken van thematische kaartpresentaties; een veelvuldig in GIS-applicaties gehanteerde functie voor de presentatie van gegevens in het kaartbeeld. Een classificatie geeft betekenis aan de objecten in het kaartbeeld. In geval van een dergelijk, veel gehanteerde GIS-functie is het voor de gebruiker zinvol om classificatieschema's, die in de kaartlegenda worden afgebeeld, te kunnen opslaan. Door een classificatieschema te koppelen aan de dimensie van het attribuut, is het mogelijk hetzelfde classificatieschema voor verschillende variabelen van dezelfde dimensie te hanteren (zie ook Koolhoven en Wind 1996). De gebruiker kan het classificatieschema automatisch hergebruiken. In hoofdstuk 8 wordt het classificatieschema tevens (her)gebruikt om beslissingsmodellen samen te stellen. Dynamisch wordt het gebruik van classificatieschema's ook doordat het propagatieprincipe bij implementatie wordt toegepast (zie hieronder).

Dynamische attribuuttoekenning via modelspecificaties; propagatieprincipe

Attribuutvariabelen van geo-objecten kunnen afgeleid zijn van modelberekeningen. Dit kunnen relatief eenvoudige rekenkundige berekeningen zijn, maar ook meer ingewikkelde berekeningen. De modellen genereren nieuwe gegevens, die beschouwd kunnen worden als attribuutdimensies van (geo-)objecten of parameters behorende bij modelspecificaties. Het voordeel van het werken met een modelspecificatie is dat veranderingen, die optreden in de inputgegevens van het model, direct worden meegenomen. Door alleen de specificatie fysiek vast te leggen - en niet de modelresultaten - worden de meest actuele inputgegevens aange-roepen, zodat de modelresultaten de actuele situatie weerspiegelen. In statische GIS-applicaties worden modeluitkomsten direct in de vorm van een attribuutwaarde of tekst opgeslagen. Indien er veranderingen optreden in één of meerdere attribuutdimensies, betekent dat automatisch, dat de modeluitkomsten 'verouderd' zijn. Dit heeft als gevolg, dat de modelspecificatie en modelberekeningen opnieuw door de gebruiker in- en uitgevoerd moet worden. Vaak hangt het een met het ander samen (bijvoorbeeld bij what-if? analyse). Door niet de modeluitkomsten, maar de modelspecificatie op te slaan, wordt altijd met de meest actuele inputgegevens gewerkt. Pas op het moment dat een gebruiker bepaalde gegevens opvraagt, vindt de berekening plaats, zodat ten alle tijden de meest actuele gegevens en modeluitkomsten worden gebruikt. Daarmee is het tevens mogelijk dynamische links tussen modellen tot stand te brengen; indien een wijziging in een variabele wordt doorgevoerd worden automatisch alle voor-komens van de variabele aangepast. In veel modellen worden namelijk afgeleide gegevens gebruikt, die via andere modellen berekend worden. Dit wordt het *propagatieprincipe* genoemd.

6.5.7 Keuze ontwikkelomgeving

De keuze voor een ontwikkelomgeving betreft het vaststellen van het operating systeem, de programmeertaal en -omgeving en - indien vereist - het DBMS (Warmer en Kleppe 1996). Implementatie van een objectgeoriënteerd ontwerp komt het meest tot zijn recht in een objectgeoriënteerde ontwikkelomgeving (zie ook paragraaf 5.2.2). Sommige concepten van objectgeoriënteerde systemen krijgen pas invulling gedurende implementatie, zoals type-checking, dynamische binding, veelvormigheid en automatisch geheugenbeheer. Daarbij verschilt de toepassing van de objectgeoriënteerde concepten per ontwikkelomgeving. Bijvoorbeeld in het gebruik van meervoudige overerving, al dan niet type-checking, statische of dynamische binding, automatisch geheugenbeheer, vormen van toegangscontrole variëren de objectgeoriënteerde programmeertaal of OODBMS. Voor de implementatie is de aanwezigheid van dergelijke concepten eveneens van belang. Dit betekent, dat deze concepten eveneens mede van invloed zijn op

de te behalen voordelen van een objectgeoriënteerde aanpak. Zo levert de aanwezigheid van automatisch geheugenbeheer in een objectgeoriënteerde programmeertaal vaak grote voordelen op³⁵: minder werk, eenvoudiger ontwerp, grotere flexibiliteit en eenvoudiger aan te passen.

Een andere belangrijke eigenschap van een objectgeoriënteerde ontwikkelomgeving is, dat de gebruiker zelf objecten kan definiëren. Door mogelijkheden voor gebruikerge-definieerde klassen wordt het namelijk pas mogelijk domeinobjecten te implementeren volgens het objectontwerp. Afhankelijk van de gehanteerde instrumenten van implementatie vindt toepassing van deze concepten plaats. Bij objectgeoriënteerde systeemontwikkeling is hergebruik een onderwerp, dat tijdens systeemontwerp nadrukkelijk aandacht moet krijgen (Warmer en Kleppe 1996). De keuze voor de ontwikkelomgeving is mede afhankelijk van de wijze waarop en mate waarin objecten uit de ontwikkelomgeving kunnen worden hergebruikt. De aanwezigheid van een uitgebreide klassenbibliotheek is daarbij gewenst. Het betreft naast uiteenlopende utilityklassen ook verschillende collectieklassen voor zelfgedefinieerde complexe(re) objecten en applicatieklassen voor de grafische interface in een geïntegreerde ontwikkelomgeving. Voor een overzicht van verschillen in implementatie van objectgeoriënteerde concepten tussen enkele belangrijke objectgeoriënteerde talen zie Rumbaugh *et al.* (1991) en Van Hillegersberg (1997). Hergebruik heeft op twee wijzen plaatsgevonden³⁶. Voor onderhavige studie zijn GUI-klassen en implementatieklassen uit een bestaande klassenbibliotheek gebruikt. Hergebruik als producent heeft plaats gevonden door zelf klassen te definiëren in de analysefase, zoals de klassen voor ruimtelijke representatie, kaartpresentatie en het werken met probleemdomeinspecifieke modellen in GIS-applicaties voor locatieplanning. De twee GIS-applicaties voor onderhavige studie zijn ontwikkeld voor het besturingssysteem Windows95[®] van Microsoft met de Integrated Development Environment[®] - kortweg IDE - van Borland bestaande uit een klassenbibliotheek van C++ 4.5 en de bijbehorende GUI-klassenbibliotheek ObjectWindows[®] 2.5. Voor de ondersteuning van de modelgebaseerde aanpak is de CASE-tool Paradigm Plus 3.1 van Platinum Technology ingezet. Verder is in deze studie gekozen voor het gebruik van standaard (ASCII)-bestanden voor gegevensopslag en standaard naamgeving voor een bestandsopslag in een standaard directorystructuur.

6.5.8 Naar het objectontwerp

Er zijn in deze paragraaf enkele high-level strategische keuzen gemaakt, die voor het verdere proces van systeemontwikkeling richtinggevend zijn. Ten aanzien van het verdere proces van systeemontwerp kan nog een aantal andere aspecten een rol spelen, waaronder mogelijke randcondities, globale middelen en te stellen prioriteiten. Voor onderhavige studie zijn verder geen strategische keuzen meer van belang (zie verder Rumbaugh *et al.* 1991).

Tijdens het objectontwerp worden drie modellen in één objectmodel voor implementatie ontwikkeld. Tijdens het objectontwerp worden alle algoritmes, fundamentele gegevenstructuren en methoden en bijbehorende interne objecten gespecificeerd, die nodig zijn voor de implementatie³⁷. De volledige specificatie wordt tot op het meest gedetailleerde niveau tijdens het objectontwerp uitgewerkt. De gebruikersinterface wordt in detail gespecificeerd en alle operaties worden uitvoerig beschreven op basis van het object, dynamische en functionele model. Het objectontwerp komt daarbij in nauwe relatie met het objectmodel tot stand (zie figuur 5.2). Het objectmodel krijgt naarmate het proces vordert een andere vorm en inhoud. Het proces is gericht op verdere verfijning en detaillering van de eerder onderscheiden klassen en subsystemen. De stappen in objectontwerp volgens OMT worden in de volgende paragraaf kort doorlopen, zonder al te veel op de details in te gaan.

³⁵ Bij het werken met programmeertalen zonder automatisch geheugenbeheer dient de ontwikkelaar zelf een administratie bij het houden betreffende de actieve objecten en hun referenties naar andere objecten in het systeem. Indien een object niet meer nodig is, zal deze via de administratie worden opgeruimd. Bij te vroegtijdig opruimen volgt een systeemfout; bij te laat opruimen kan de geheugenruimte vol lopen en het systeem vastlopen wegens geheugengebrek.

³⁶ Hergebruik kan vanuit twee invalshoeken worden beschouwd. Allereerst wordt hergebruik beschouwd als consument; welke bestaande objecten kunnen worden hergebruikt in het bestaande systeem. Ten tweede kan hergebruik worden beschouwd als producent; welke objecten worden ontwikkeld, die wederom in andere systemen kunnen worden gebruikt. Hergebruik als consument kan niet los worden beschouwd van de te hanteren ontwikkelomgeving.

³⁷ Implementatieklassen zijn zogenaamde fundamentele klassen, zoals Char, Double, Float, Int, Long, Long Double, Long Int, Short Int, Unsigned Char, Unsigned Int, Unsigned Long, Unsigned Long Int, Unsigned Short Int en Void. Voorbeelden van fundamentele operaties zijn operaties voor toegangscontrole, initialisatie en associatie-onderhoud.

6.6 Objectontwerp

6.6.1 Integratie objectmodel en dynamische model

De eerste stap in het proces van objectontwerp is het integreren van het dynamische model en objectmodel. Dit betekent, dat de operaties, de pré- en postcondities en de attributen/query-operaties uit het dynamische model in het objectmodel worden opgenomen in de vorm van operaties en attributen (Warmer en Kleppe 1996). Voor het integreren van het objectmodel en dynamische model wordt voor elke klasse in de onderscheiden objectmodellen een aantal stappen doorlopen. Het gaat hier te ver deze stappen te illustreren. Het betreft een logisch afleiding van onderdelen uit het dynamisch model naar het objectmodel, waarbij bepaalde fasen bij het maken van het objectmodel worden herhaald. In de in paragraaf 6.3 gepresenteerde klassendiagrammen zijn een deel van de operaties weergegeven. Niet alle attributen en operaties, die voortvloeien uit het dynamische model, zijn daarbij weergegeven.

6.6.2 Functionele modellen; de operatiespecificatie

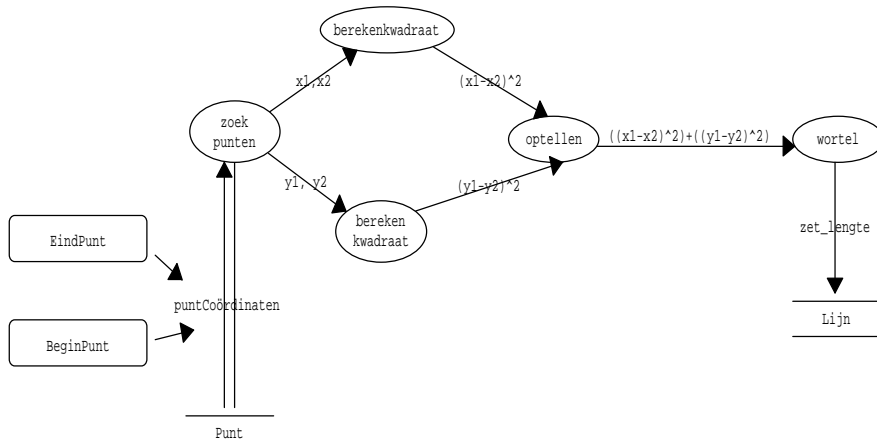
Bij functionele modellering staan de berekeningen centraal, die door het systeem uitgevoerd moeten worden. Dit betekent concreet, dat in het functionele model wordt uiteengezet *wat* de operaties doen en *hoe* ze dat doen. De use cases staan in relatie tot de functionele modellen vanwege hun informele beschrijving van de functionaliteit van het systeem. Dit betekent, dat ook informatie uit de use cases aangewend zal worden om het functionele model tot stand te brengen. Het functionele model volgens OMT (Rumbaugh *et al.* 1991) is gebaseerd op het gebruik van dataflowdiagrammen of gegevensstroomdiagrammen. Een dataflowdiagram - kortweg DFD - bestaat uit processen, gegevensstromen, actoren en gegevensopslag of -geheugen. Dataflowdiagrammen geven globaal inzicht in de wijze waarop gegevensstromen plaatsvinden via operaties en hoe de opslag in persistente en tijdelijke gegevensgeheugens plaatsvindt. DFD's geven echter op zeer globale wijze inzicht in de functionele werking (van onderdelen) van het systeem en zijn in een later ontwikkelingsstadium van OMT komen te vervallen (Rumbaugh 1996). Een aanvullende formele specificatie van operaties is derhalve gewenst. Deze kan gevonden worden in de operatiespecificatie (Warmer en Kleppe 1996). Een *operatiespecificatie* beschrijft de operatie aan de hand van de eventuele parameters, de post- en precondities (aannames en resultaat), de objecten die de operatie gebruikt en/of de toestand verandert en eventueel een korte beschrijving van de operatie in natuurlijke taal³⁸. Daarbij kan met behulp van pseudocode de werking van het operatie via het implementatie-algoritme beschreven worden. Voor iedere operatie wordt het algoritme en de bijbehorende fundamentele gegevensstructuur vastgesteld. Eventuele nieuwe interne klassen, attribuutvariabelen en operaties, die een rol spelen bij de implementatie van het algoritme worden eveneens gedefinieerd.

De operaties in de context van een ontwikkelraamwerk voor GIS-applicaties lopen sterk uiteen. Enerzijds worden voor het bestandsbeheer diverse conventionele zoekopdrachten uitgevoerd voor het ophalen, bewaren en verwijderen van bestanden. Deze zoekopdrachten gaan gepaard met diverse berekeningen. De algoritmen voor deze berekeningen - indexeringsalgoritmen, die in een bestandstructuur op de computer met bestanden werken - worden in de functionele modellering uitgewerkt (voor details zie Derr 1995). De voor GIS-applicaties *specifieke* berekeningen hebben betrekking op ruimtelijke zoekopdrachten en het rekenen met probleemdomainspecifieke modellen. Zo zijn voor het opvragen van gegevens via ruimtelijke operaties ruimtelijke indexeringsstechnieken vereist (zie paragraaf 3.2.4). Het gaat hier te ver alle drie generieke GIS-operaties van ruimtelijke objecten te presenteren in een operatiespecificatie. Ter illustratie is in figuur 6.24 de operatie `bereken_lengte` van de klasse `Lijn` getoond. Ter informatie is naast deze operatiespecificatie ook de bijbehorende DFD getoond.

Het berekenen van lengte; operatie `bereken_lengte`

De operatie `bereken_lengte` is een operatie van objecten van het type `Lijn`. Het berekenen van de lengte van een lijnobject is relatief eenvoudig. De DFD geeft inzicht in de wijze waarop een lijn zijn lengte berekent. In de DFD zijn de gegevenstransformaties en berekeningen weergegeven. De gegevenstransformaties zijn weergegeven in de vorm van de in- en uitgaande gegevensstromen en de berekeningen zijn als processen opgenomen. De berekeningen in figuur 6.24 zijn bijna alle opgebouwd uit zogenaamde *fundamentele* operaties; optellen, kwadrateren, worteltrekken.

³⁸ Operatiespecificaties lijken wat betreft de meta-beschrijving enigzins op use cases.

Figuur 6.24 Dataflowdiagram voor de operatie `bereken_lengte`

De bijbehorende *operatiespecificatie* luidt:

```

bereken_lengte(: Int)
- aaname/pre:      geen
- resultaat/post:  de waarde voor de attribuutvariabele lengte is berekend
- gebruikt:       objecten van het type Lijn.
- verandert:      het attribuut lengte van het object Lijn heeft als waarde de uitkomst van de operatie bereken_lengte.
- beschrijving:  deze operatie berekent voor objecten van het type Lijn de lengte en bewaart de waarde.
- pseudocode:    voor alle objecten van het type Lijn
                  zoek_punten                \\ zoek de coördinaten van de begin- en eindpunten
                  bereken_kwadraatverschillen \\ bereken kwadraatverschillen van x-coördinaten
                  bereken_kwadraatverschillen \\ bereken kwadraatverschillen van y-coördinaten
                  optellen                    \\ bereken verschil van de kwadraten
                  wortel                      \\ bereken wortel
                  zet_lengte                  \\ zet lengte
  
```

De operatiespecificatie geeft een gedetailleerde beschrijving van de operatie, die vrijwel directe vertaling voor implementatie mogelijk maakt. In bijlage 7 zijn ter illustratie operatiespecificaties voor netwerkanalyse opgenomen.

6.6.3 Applicatieklassen toevoegen; gedetailleerde beschrijving van de gebruikersinterface

De volgende stap in de OMT-fase van objectontwerp is een gedetailleerde beschrijving van de gebruikersinterface³⁹. Vanwege het (gebruikers)interactieve karakter van GIS-applicaties vormt de gebruikersinterface een belangrijk subsysteem. Bij de analyse van de gedetailleerde gebruikersinterface worden de 'look and feel' van het systeem in samenwerking met de (eind)gebruiker van het systeem bepaald. Interactieve gebruikersinterfaces, zoals bij GIS-applicaties, worden gedomineerd door het dynamisch model. Derhalve wordt bij de analyse van de gedetailleerde gebruikersinterface begonnen met het verfijnen van de dynamische modellen.

³⁹ Rumbaugh (1994a) geeft aan dat applicatieobjecten, met name de applicatieobjecten voor de gebruikersinterface, gedurende de analysefase van het proces van systeemontwikkeling vastgesteld moeten worden. De interfaceobjecten beschrijven namelijk tegelijkertijd, zeker bij inter-actieve systemen, een belangrijk deel van de functionaliteit van de applicatie. Het gebruikersinterface weerspiegelt de conceptuele kijk van de gebruiker op het systeem, zodat betrokkenheid van de (eind)gebruiker(s) bij het ontwerp de gebruikersinterface, vanzelfsprekend is. Vanwege het feit, dat de interactie van de gebruiker plaatsvindt via de gebruikersinterface vinden de veranderingen aan het systeem, gewenst door de gebruiker(s), plaats in de vorm van wijzigingen in de gebruikersinterface. Door de domeinobjecten en gebruikersinterfaceobjecten op een losse wijze te koppelen, hoeven de veranderingen in de gebruikersinterface niet doorgevoerd te worden op het niveau van de domeinobjecten. Applicatieobjecten zijn de objecten, die bovenop de domeinobjecten worden gelegd.

In deze paragraaf wordt het een en ander geïllustreerd voor de gebruikersinterface voor de functie 'Toevoegen model'. Voor het gedetailleerde ontwerp en de specificatie van de gebruikersinterface wordt in OMT een aantal fasen doorlopen (Rumbaugh *et al.* 1991):

1. het scheiden van domein- en gebruikersinterfaceobjecten (applicatieobjecten);
2. het gebruik maken van 'prefabriceerde' objecten voor grafische gebruikersinterfaces;
3. het gebruiken van het dynamische model voor de structuur van het systeem;
4. het scheiden van logische en fysieke events;
5. het volledig specificeren van de applicatiefuncties, die door de gebruikersinterface worden aangeroepen.

Deze vijf stappen worden hier achtereenvolgens kort doorlopen voor de modelfunctie 'Toevoegen model'. De eerste stap is reeds genomen. De domein- en applicatieobjecten zijn (veelal) gescheiden gehouden. De gebruikersinterface is immer als een subsysteem behandeld zonder de objecten van dit subsysteem te beschrijven. Rumbaugh *et al.* (1991) adviseren om bij interactieve gebruikersinterfaces vooral gebruik te maken van bestaande objectbibliotheken voor de facto standaard grafische gebruikersinterfaces⁴⁰. Ten behoeve van de gebruikersinterface voor de GIS-applicaties in deze studie zijn de geprefabriceerde applicatieobjecten uit ObjectWindows® van Borland gehanteerd. In de objectgeoriënteerde analyse zijn tevens de fysieke events van de logische events gescheiden gehouden. Daarmee zijn reeds aan de eerste vier fasen doorlopen. Gedurende de laatste stap dient voor iedere gebruikersfunctie van een GIS-applicatie het gedetailleerde dialoogformaat vastgesteld te worden. De daaruit voortvloeiende gebruikersinterfaceobjecten en events worden toegevoegd aan de bestaande scenario's, eventtracings- en toestands-diagrammen⁴¹. Aangezien het werken met modellen in GIS-applicaties in deze studie centraal staat, wordt hier voor het scenario 'Toevoegen model' de analyse van de gedetailleerde gebruikersinterface kort beschreven. Zoals eerder is opgemerkt, vertoont een deel van de scenario's duidelijke overeenkomsten in opeenvolging van gebeurtenissen. Door deze gebeurtenissen te groeperen is het mogelijk hergebruik te stimuleren en redundantie te voorkomen. Voor de use case 'Toevoegen model' wordt hier de gedetailleerde gebruikersinterface via het gebruik van de applicatieobjecten uit de standaardbibliotheek ObjectWindows® van Borland beschreven. Daarmee wordt vooral geïllustreerd, dat het niveau van detail gedurende het proces van analyse via ontwerp naar implementatie snel toeneemt.

Gedetailleerde dialoogformaat 'Toevoegen model'

Alvorens de gedetailleerde analyse van de gebruikersinterface voor de functie 'Toevoegen model' te presenteren, wordt hier eerst het geheel aan functies in de GIS-applicaties voor locatieplanning beschouwd. In een grafische gebruikersinterface wordt een applicatie in het hoofdvenster afgebeeld. Het *hoofdvenster* bestaat uit een *systeem-* of *hoofdmenu* met *systeemfuncties*. De systeemfuncties in GIS-applicaties corresponderen met de eerder onderscheiden centrale use cases: bestandsbeheer, het wijzigen, de modellen en presentatie en - voor de volledigheid - de vensters en helpfaciliteit. De zes systeemfuncties groeperen op betekenis en functionaliteit diverse onderliggende (sub)functies. De aanwezigheid en inhoud van (sub)functies is deels van generieke aard en deels afhankelijk van de probleemdomainspecifieke invulling van de modelfuncties. Voor het toevoegen van een domeinmodel zijn scenario's, eventtracingsdiagrammen en bijbehorende dialoogformaten gepresenteerd (zie figuur 6.25). Voor de specificatie van de uiteindelijk grafische gebruikersinterface is een standaardbibliotheek met applicatieobjecten aangewend. De terminologie wordt tevens aangepast aan de bibliotheek van applicatieobjecten, zodat het grafische dialoogformaat van een menugestuurde GIS-applicatie bestaat uit een hoofdvenster, een systeemmenu, een menubalk, een titelbalk, presentatievensters, een boodschapbalk, dialoogvensters met (eventueel) opdrachtknoppen, invoervakken, keuzevensters of -lijsten, verticale en horizontale schuifbalken en pictogrammen. In de case studies in hoofdstuk 7 en 8 zijn de

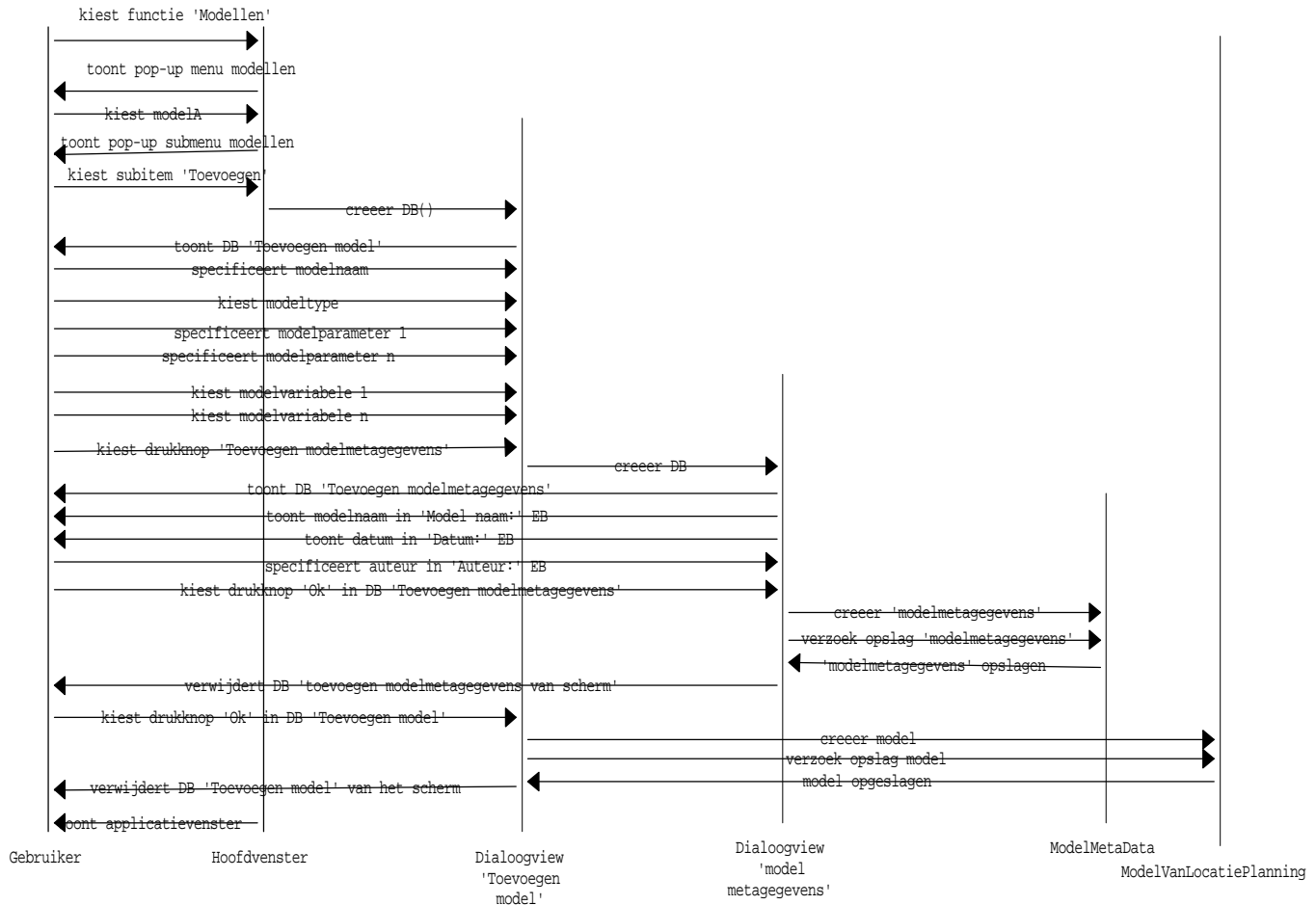
⁴⁰ Dit impliceert tevens, dat voor de analyse en ontwerp van GIS-applicaties kennis omtrent de componenten van grafische gebruikersinterfaces bekend behoren te zijn. Bekende (de facto) standaardomgevingen voor het ontwikkelen en gebruik van grafische gebruikersinterfaces zijn Microsoft Windows, Apple Macintosh, Motif X/Windows en OS/2 Presentation Manager.

⁴¹ Naar Derr (1995) worden achtereenvolgens de volgende activiteiten uitgevoerd voor het analyseren van de gebruikersinterface:

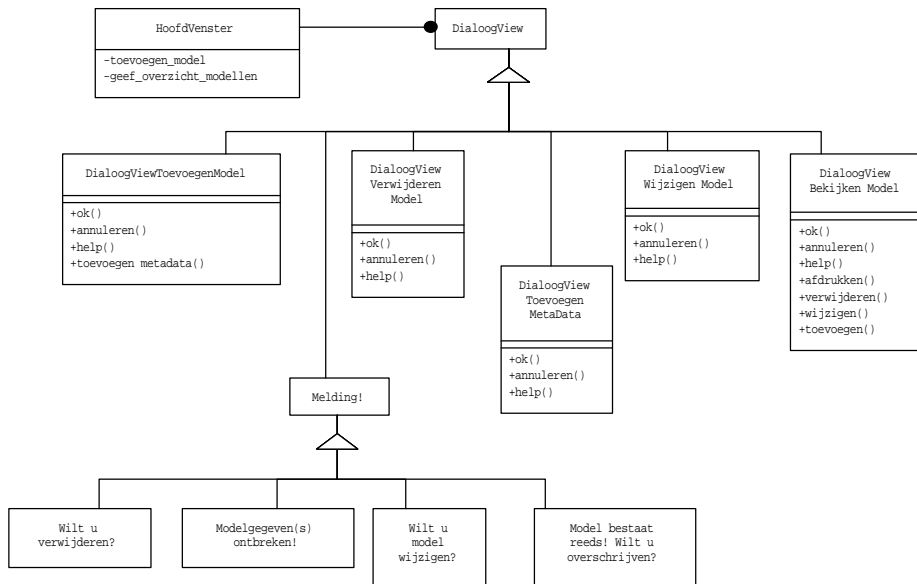
1. specificatie van het presentatie- of dialoogformaat;
2. pas het normale scenario aan (aanbrengen van detail door toevoegen, verwijderen en aanpassen van events en applicatieobjecten);
3. pas exceptionele scenario's aan en voeg exceptionele scenario's toe op basis van de gedetailleerde gebruikersinterface; en
4. pas de eventtracings- en toestandsdiagrammen aan, voorzien van het benodigde detail.

150 Hoofdstuk 6

Gebruiker kiest hoofdmenubalkfunctie *Modellen* (met rechtermuis-button)
 Systeem toont pop-up menu (met functies: *ModelA*, *ModelB*, *ModelC*, et cetera)
 Gebruiker kiest functie *ModelA* (met rechtermuis-button)
 Systeem toont pop-up menu (met functie *Toevoegen* en *Openen*).
 Gebruiker kiest functie *Openen* (met rechtermuis-button)
 Systeem toont dialogbox of invulvenster 'Toevoegen model'
 Gebruiker specificeert de modelnaam in het invoerveld achter Model naam:
 Gebruiker kiest het model type 'modeltype' via de radiobutton
 Gebruiker specificeert de modelparameter1 in het invoerveld achter Modelparameter 1:
 Gebruiker specificeert de modelparameter1 in het invoerveld achter Modelparameter 2:
 Gebruiker specificeert de modelparameter1 in het invoerveld achter Modelparameter n:
 Gebruiker kiest de modelvariabele1 uit de lijst van modelvariabelen1
 Gebruiker kiest de modelvariabele2 uit de lijst van modelvariabelen2
 Gebruiker kiest de drukknop voor de functie 'toevoegen metagegevens'
 Systeem toont dialogbox 'Toevoegen modelmetagegevens'
 Systeem geeft modelnaam weer in invoerveld *Modelnaam*:
 Systeem geeft datum weer in het invoerveld achter *Datum*:
 Gebruiker specificeert naam van de modelauteur in het invoerveld achter *Auteur*:
 Gebruiker kiest drukknop 'Ok' in de dialogbox 'Toevoegen modelmetagegevens'
 Systeem verwijdert dialogbox 'Toevoegen modelmetagegevens' en maakt dialogvenster 'Toevoegen model' actief
 Gebruiker kiest drukknop 'Ok' in de dialogbox 'Toevoegen model'
 Systeem slaat modelgegevens en modelmetagegevens op
 Systeem verwijdert dialogvenster 'Toevoegen model' van het scherm
 Systeem maakt dialogoscherm hoofdmenu actief

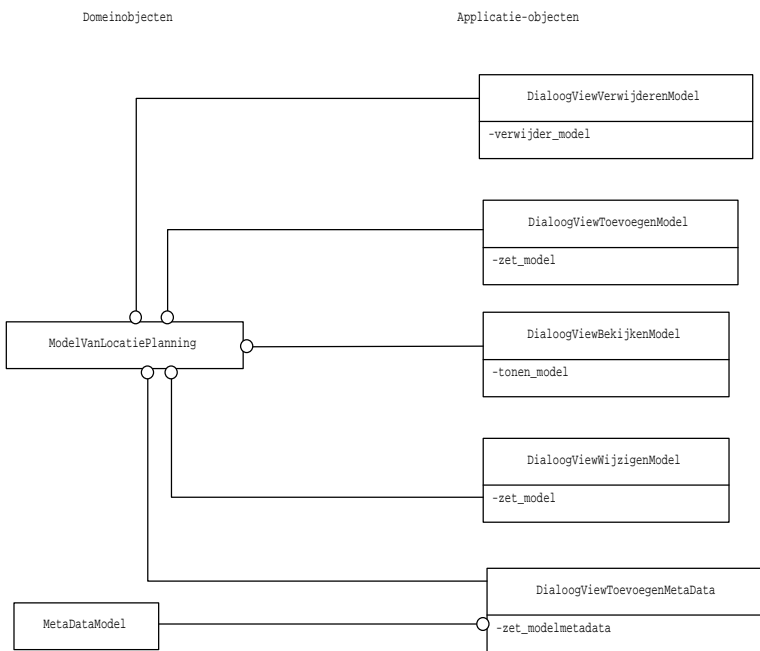


Figuur 6.25 Gedetailleerd scenario en eventtraceringsdiagram voor de functie 'Toevoegen model'



Figuur 6.26 Klassendiagram voor applicatieobjecten voor het werken met modellen

dialogvensters specifiek gemaakt en op de probleemdomeinspecifieke modellen afgestemd. Het normale scenario en het event-traceringsdiagram zijn aangepast aan de applicatieobjecten, die in de dialogvensters zijn aan te treffen (zie figuur 6.25). Het aantal interacties is aanzienlijk toegenomen vanwege het feit, dat de applicatieobjecten de events van de gebruiker moeten opvangen en verwerken. De applicatieobjecten zijn het hoofdvenster en de dialogvensters voor respectievelijk de functies 'Toevoegen model' en 'Meta-Info'. Het dialogvenster bestaat uit diverse interfaceobjecten. De gebruiker specificeert de benodigde modelcomponenten via een dialogvenster en kiest modelcomponenten uit een keuzelijst met horizontale en verticale schuifbalken of via drukbuttons. Met het activeren van de drukbutton voor de functies 'OK', 'Annuleren', 'Help' of



Figuur 6.27 Relatie tussen domein- en applicatieobjecten voor het werken met modellen

'Meta-info' wordt opnieuw de `DialogViewToevoegenModel` verwijderd of wordt de `DialogViewToevoegenMetaData` zichtbaar voor de gebruiker. Verder is voor de beschrijving van de modelcomponenten statische tekst opgenomen in het dialogvenster. Het toestandsovergangsdigram wordt tevens aangepast en het detail van de applicatieobjecten wordt toegevoegd⁴². Vervolgens is een overzicht gecreëerd van de applicatieobjecten (zie figuur 6.26). In het klassendiagram zijn de voor het werken met modellen relevante applicatie-objecten in onderlinge relatie weergegeven in de vorm van de diverse dialogvensters. De relatie tussen objecten van het type `ModelVanLocatie-Planning` en de applicatieobjecten is in figuur 6.27 weergegeven.

⁴² Deze wijze van specificatie van de gedetailleerde dialogformaten is niet meer gebruikelijk; door het gebruik van vierde generatietalen (zie ook bijlage 1) is het mogelijk - en relatief eenvoudig - op grafische wijze dialogformaten te ontwikkelen. Daarbij wordt de ontwikkelaar de mogelijkheid geboden de dialogformaten te koppelen aan de achterliggende functionaliteiten.

6.6.4 Optimalisatie van het ontwerp

Een objectmodel heeft de structuur van het domeinmodel uit de analysefase. Tijdens het ontwerp wordt deze structuur uitgebreid met applicatieklassen. Het ontwerp neemt deze structuur als uitgangspunt en brengt uitbreidingen en wijzigingen aan voor een efficiënte implementatie. Dit betekent, dat vanuit het perspectief van efficiënte implementatie, wellicht oude klassen vervallen en nieuwe klassen geïntroduceerd worden. De optimalisatie van het ontwerp kan verschillende vormen aan nemen (zie Rumbaugh *et al.* 1991). Ten behoeve van het optimaliseren van het ontwerp kunnen zogenaamde ontwerppatronen worden gehanteerd. *Ontwerppatronen* zijn “beschrijvingen van op-maat-gesneden communicerende objecten en klassen, die algemene ontwerp-problemen oplossen in een bepaalde context” (Gamma *et al.* 1995, pp. 3). Een bekend voorbeeld van een ontwerppatroon is het patroon voor interactieve applicaties; het model-view-controller-raamwerk. Dit raamwerk - kortweg MVC-raamwerk - komt overeen met het ontwerppatroon ‘Observer’ uit Gamma *et al.* (1995). Voor het ontwerpen van de gebruikersinterface worden naast de probleemdomeinobjecten twee nieuwe klassen onderscheiden: de *views* en *controllers*. Viewobjecten vormen de interfaceobjecten, die zichtbaar zijn voor de gebruiker. Controllerobjecten bepalen de wijze waarop de interface reageert op de gebruikersinput. Dat wil zeggen een controllerobject verwerkt de invoer van de gebruiker en stuurt de views en modelobjecten aan; de probleemdomeinobjecten worden in deze context modelobjecten genoemd. Een viewklasse is een klasse, die de attribuutgegevens van een probleemdomeinspecifiek object - het modelobject - op een bepaalde wijze of vorm aan de gebruiker presenteert. Viewobjecten worden afgeleid van de scenario’s; iedere interactie van de gebruiker met een modelobject wordt gezien en in een presentatievorm omgezet. Controllers worden in principe ontworpen voor iedere systeemfunctie, die in use cases zijn vastgelegd. Dit betekent, dat per use case een controllerklasse kan worden vastgesteld. Voor het werken met modellen in GIS-applicaties betekent dit, dat diverse controllers worden toegevoegd: de klassen `ControllerToevoegenModel`, `ControllerVerwijderenModel`, et cetera. Het doel van het MVC-raamwerk is om via het aanbrengen van abstractie de aansturing van de gebruikersinterface onafhankelijk te laten zijn van de view- en modelobjecten. Indien een modelobject of domeinobject van toestand verandert, worden andere objecten automatisch daarover ingelicht. Een viewobject presenteert de toestand van het modelobject. Indien de gegevens in het modelobject veranderen, krijgt het viewobject automatisch een update. Daarmee is het mogelijk meerdere typen viewobjecten aan een modelobject te koppelen. Indien de gegevens van het modelobject via één van de viewobjecten worden aangepast, krijgen alle viewobjecten automatisch van het modelobject een update. Het MVC-raamwerk is daarmee onder andere geschikt voor de dynamische implementatie van gekoppelde vensters (zie paragraaf 6.5.6). Indien de wijze waarop de gebruikersinput plaatsvindt verandert (doorvoeren wijziging in het controllerobject), heeft dit geen gevolgen voor de modelobjecten, noch voor de viewobjecten. Naast het veel toegepaste MVC-raamwerk zijn diverse andere typen patronen - ieder met een eigen toepassing - onderscheiden (zie Gamma *et al.* 1995; Pree 1995). Door toepassing van bestaande patronen kan het ontwerp worden geabstraheerd en daarmee geoptimaliseerd vanuit het oogpunt van een flexibeler implementatie (zie ook Fowler 1997).

6.6.5 Het ontwerp van de attributen

Voor ieder attribuut dient een (gegevens)type en het domein of waardebereik vastgesteld te worden. Voor het implementeren van deze (gegevens)typen wordt een beroep gedaan op de *utilityklassen*; ieder attribuutwaarde wordt namelijk als afzonderlijk object door het systeem opgeslagen. Voorbeelden van deze klassen zijn *real*, *integer*, *character*, *string*, *boolean*, et cetera. Het ontwerp van de attributen van de domeinobjecten is afhankelijk van de klassenbibliotheek, die wordt gehanteerd voor de implementatie. Kennis en inzicht in de klassenbibliotheek is elementair voor de representatie van de objecten. Daarbij is het niet alleen van belang te weten wat de attribuuteigenschappen van de implementatieklassen zijn, maar ook de operaties (zie Borland 1994). Daarnaast is het mogelijk om naast bovengenoemde objecttypes ook zelfgedefinieerde types te gebruiken. Veelvoorkomende zelfgedefinieerde gegevenstypen zijn zogenaamde collectie- of containerklassen, waarvan de waarde van een attribuut een verzameling van waarden is. Voor ieder domeinobject uit het probleemdomein is de representatie in een implementatieobject vastgesteld. Om het overzicht te bewaren worden de attributen doorgaans niet in het objectmodel opgenomen (Warmer en Kleppe 1996).

6.6.6 Het ontwerp van associaties

Voor het vaststellen van de wijze waarop de associaties worden geïmplementeerd, worden de associaties één voor één bezien. Aan de hand van de gerelateerde objecten en de multipliciteit wordt besloten op welke wijze implementatie van de associaties plaatsvindt. Het ontwerp van een associatie vindt plaats door een associatie-attribuut in de geassocieerde klassen te plaatsen. Afhankelijk van de richting van de associatie wordt de associatie-attribuutvariabele geplaatst in de klasse van waaruit de associatie geldt. Aan deze klasse wordt een attribuutvariabele toegevoegd met de naam van de geassocieerde klasse. Bij bidirectionele associaties wordt in beide geassocieerde klassen een associatie-attribuut geplaatst. Ook voor de associatie-attributen wordt het (gegevens)type vastgesteld. Associatie-attributen krijgen het (gegevens)type van de geassocieerde klasse mee.

6.7 Implementatie en testen

6.7.1 Het implementatiemodel

Het tijdstip waarop met implementatie wordt begonnen varieert. In sommige gevallen is het raadzaam al in de analysefase met implementatie te beginnen (Jacobson *et al.* 1992). Derr (1995) begint met implementatie op het moment van analyse van het gebruikersinterfacesubstelsysteem. In theorie echter begint de implementatiefase wanneer de ontwerpfase overgaat in het implementatiemodel. Het implementatiemodel omvat de gedetailleerde beschrijving van alle klassen in het objectmodel. De klassenbeschrijvingen omvatten alle elementen uit het objectmodel, dynamische en functionele model en komt tot stand door de integratie van de drie modellen. Uit het object-applicatiemodel volgt voor iedere klasse de attributen, associaties - waaronder de overervingsrelaties - en operaties. Ook de applicatieklassen en implementatieklassen zijn opgenomen. Het dynamische applicatiemodel levert de externe en interne interacties tussen de gebruiker, de applicatieklassen en domeinobjecten. Vanuit het functionele model worden de operatiespecificaties opgenomen in het implementatiemodel. Dit leidt voor iedere klasse tot een uitgebreide klassenbeschrijving bestaande uit een definitie, de attributen en de operaties (inclusief de volledige specificatie). De verzameling klassenbeschrijvingen vormt het object-implementatiemodel (zie figuur 5.2). Een belangrijk voordeel van het gebruik van een objectgeoriënteerde programmeertaal is het één op één afbeelden van het ontwerp van de klassenbeschrijving in het implementatiemodel en de code.

6.7.2 Testen

De laatste fase van het iteratieve proces van systeemontwikkeling volgens OMT is het *testen*. Testen is een zeer wezenlijk onderdeel van het proces van applicatieontwikkeling. Het testen van de applicatie dient op gestructureerde wijze plaats te vinden. De use cases, in het bijzonder de ontwikkelde normale en exceptionele scenario's, kunnen daarbij een belangrijke leidraad vormen. Door alle normale en exceptionele scenario's met de applicatie uit te voeren worden alle mogelijke paden door het systeem getest. Voor onderhavige studie is de testfase van minder belang, zodat hier verder geen aandacht aan wordt besteed.

6.8 Resumé en introductie case studies

6.8.1 Resumé

In dit hoofdstuk is een objectgeoriënteerde analyse van een applicatieraamwerk voor het ontwikkelen van GIS-applicaties voor locatieplanning gepresenteerd. Het objectgeoriënteerde raamwerk is vanuit een *inhoudelijk-procedureel* perspectief beschouwd. De inhoud is vooral in de vorm van een objectmodel en het dynamisch beschreven. Tevens is daarbij ook het gehele proces van systeemontwikkeling doorlopen met een duidelijk accent op de conceptualisatie- en analysefase. Deze inhoudelijk-procedurele aanpak is gezien de doelstelling van onderhavige studie (al bijna) een vereiste; zeker ook gezien het feit, dat inhoud en proces onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn.

Zoals eerder in hoofdstuk 3 is uiteengezet, is de ontwikkeling van een GIS-applicatieraamwerk in belangrijke mate gebaseerd op analyse en modellering van kennis met betrekking tot geografische representatie van het probleemdomein, cartografische beginselen en wiskundige theorie. Vervolgens is voor het systeem- en objectontwerp kennis noodzakelijk betreffende concepten van computerrepresentatie (algoritmen, DBMS en gebruikersinterface) en het proces van systeemontwikkeling. Gezien de omvang en

dimensies van een dergelijk interdisciplinair applicatieraamwerk zijn daarbij enkele aspecten uitgewerkt.

De in dit hoofdstuk gepresenteerde objectgeoriënteerde analyse heeft zich vooral gericht op functies voor het werken met probleemdomainspecifieke modellen in GIS-applicaties voor locatieplanning. Een objectgeoriënteerd GIS-applicatieraamwerk voor locatieplanning bestaat uit een set van herbruikbare bouwstenen in de vorm van de fundamentele klassenstructuren.

De klassenstructuren weerspiegelen de declaratieve, procedurele en structurele eigenschappen van generieke domeinobjecten en ruimtelijke objecten voor locatieplanning. Vanuit een probleembeschrijving van het kennisdomein GIS is een gedetailleerde objectgeoriënteerde analyse gepresenteerd in relatie tot het daaruit voortvloeiende systeemontwerp, objectontwerp en de implementatie. Nadrukkelijk is de aandacht, gezien de doelstelling van deze studie, uitgegaan naar de eerste fase van het proces van systeemontwikkeling. Door het raamwerk ook op procedurele wijze te presenteren, is geïllustreerd, dat naarmate het proces vordert het detailniveau enorm toeneemt.

Domeinanalyse staat aan de basis van een robuuste ruimtelijke klassenstructuur en richt zich in eerste instantie op de kennisdomeinen, die concepten aandragen voor de ruimtelijke representatie. Daarnaast wordt de ruimtelijke klassenstructuur mede bepaald door de gevraagde functionaliteit. Dit betekent, dat functionele decompositie via gebruikersfuncties en domeinanalyse beide een belangrijke rol vervullen bij het creëren van een herbruikbare ruimtelijke klassenstructuur. Use cases zijn een zeer geschikt hulpmiddel voor de beschrijving en analyse van de gebruikerswensen. Use cases vervullen een multifunctionele rol, maar brengen zeker niet alle relevante aspecten naar voren. Voor inzicht in ruimtelijke gegevensmodellen geven use cases nauwelijks richtlijnen. De functionaliteit van een GIS-applicatie ligt namelijk besloten in de mogelijkheden ruimtelijke en thematische gegevens op te slaan, te beheren en op te vragen. Een beschrijving van de gegevensstructuur is derhalve een eerste vereiste. Vanwege het feit, dat een generiek gegevensmodel voor het representeren van alle mogelijke ruimtelijke sociaal-economische verschijnselen, relaties en processen (vooralsnog) niet bestaat, is het slechts mogelijk een basisstructuur te creëren van waaruit het mogelijk is componenten en functies uit te breiden en eventueel te wijzigen.

De gegevenstructuren van GIS-applicaties voor locatieplanning kunnen op een overzichtelijke wijze gerepresenteerd worden in een ruimtelijke klassenstructuur. Door het toepassen van het principe van overerving is het relatief eenvoudig probleem-domein-klassen te koppelen aan de ruimtelijke klassenstructuur.

De bouwstenen voor GIS-applicaties kenmerken zich door hun generieke karakter en mogelijkheden voor hergebruik. De in deze studie onderscheiden bouwstenen voor een GIS-applicatieraamwerk zijn divers; bouwstenen in de vorm van gebruikersfuncties, diverse soorten klassen en hun -structuren, scenario's, operatiespecificaties en subsystemen. Kortom, bouwstenen in de vorm van diverse soorten specificaties. Om te komen tot representatieve objectmodellen (juiste klassen, overervingsrelaties, associaties en communicatiepatronen) zijn heuristische - zoals vastgelegd in OMT - ontwikkeld; formele, meetbare regels zijn echter nauwelijks aanwezig. Dit betekent vooralsnog, dat de kwaliteit van het model in belangrijke mate afhangt van de kwaliteit en ervaring van de ontwikkelaar(s) (Florijn en Van Elswijk 1996; Fowler 1997). De implementatie van deze klassenbibliotheek van herbruikbare, aanpasbare en uitbreidbare bouwstenen voor het ontwikkelen van GIS-applicaties voor uiteenlopende probleem-domeinen in locatieplanning. De herbruikbaarheid, aanpasbaarheid en uitbreidbaarheid is afhankelijk van de kwaliteit van het proces van systeemontwikkeling.

Gedurende objectgeoriënteerde analyse wordt op een uniforme wijze (met een beperkt aantal concepten) van een globale omschrijving van het probleem-domein naar een gedetailleerde beschrijving van de applicatie toegewerkt. De uniforme wijze van representatie maakt en houdt het proces in- en overzichtelijk. Dit komt het proces van systeemontwikkeling zeker ten goede. Indien de (eind)gebruiker - tot op zekere hoogte - inzicht heeft in de mogelijkheden van objectgeoriënteerde concepten zal de terugkoppeling eerder plaatsvinden en de gebruikerswensen zich niet alleen beperken tot het uiten van algemene wensen.

De uniforme wijze van representatie zal leiden tot een betere communicatie en informatieoverdracht tussen gebruikers en ontwikkelaars en daarmee tot een betere afstemming van de systeemontwikkeling op de gebruikerswensen.

De complexiteit en het detailniveau maakt documentatie in het proces van systeemontwikkeling al vanaf de analysefase noodzakelijk. Het gebruik van een CASE-tool is gezien het sterk iteratieve karakter van het proces zeer aan te bevelen, zowel voor

documentatiedoelinden als voor het uitvoeren van consistentie- en ontwerpcontroles⁴³. Gezien ook het belang van een gedegen analyse van het systeem is hergebruik niet alleen van toepassing op code, maar ook op (onderdelen van) de analyse- en ontwerp-fase. De uniforme wijze van presentatie is in het bijzonder kenmerkend voor OMT. OMT legt in de analysefase, in vergelijking tot andere objectgeoriënteerde methodieken minder nadruk op het onderscheiden van de operaties. Volgens OMT blijft in de analysefase het aantal interacties tussen klassen onderling en subsystemen onderling dan ook beperkt en daardoor overzichtelijk en onderhoudbaar. In de fase van objectontwerp wordt voor alle, in de analysefase onderscheiden, objecten het benodigde detail toegevoegd voor implementatie.

6.8.2 Introductie case studies

In deze studie vindt validatie van het gepresenteerde applicatieraamwerk plaats door de realisatie en het gebruik van computer-gestuurde applicaties in twee sociaal-economische probleem domeinen van locatieplanning. Met behulp van het in dit hoofdstuk gepresenteerde applicatieraamwerk zijn diverse GIS-applicaties ontwikkeld en getoetst in de praktijk (zie Grothe en Scholten 1994; Grothe *et al.* 1996a; 1996b; Hilferink en Rinzema 1995). Twee van deze applicaties worden in het vervolg van deze studie in meer detail aan de orde gesteld. De eerste case studie presenteert een GIS-applicatie voor winkelplanning in de levensmiddelendetailhandel in Nederland. De aandacht zal uitgaan naar een objectgeoriënteerde analyse van de integratie van winkelomzetmodellen in een geïntegreerde GIS-applicatie met behulp van het applicatieraamwerk. Tevens wordt de functionele (meer-)waarde van het gebruik van GIS-functies bij modelontwikkeling en gebruik voor winkellocatieplanning gepresenteerd. Het specificeren en toetsen van diverse modelspecificaties en de rol van GIS daarbij wordt nadrukkelijk aan de orde gesteld. Het gebruik van de GIS-applicatie ten behoeve van het oplossen van locatievraagstukken in de winkelplanning wordt geïllustreerd. Vanwege de concurrentiegevoeligheid van (de ingrediënten van) een winkelomzetmodel blijven de empirische resultaten onderbelicht. Deze case studie is niet gericht op het presenteren van een empirisch valide model, maar geeft wel een aanzet daartoe. De tweede case studie beschrijft de ontwikkeling en het gebruik van een GIS-applicatie voor de publieke sector, in het bijzonder voor de ondersteuning van beleidsontwikkeling op het terrein van de lokale ouderenhuisvesting. Centraal staat een objectgeoriënteerde analyse van de integratie van modellen voor het meten van residentiële geschiktheid van de woonomgeving voor ouderen in een geïntegreerde GIS-applicatie met behulp van het applicatieraamwerk. In het bijzonder wordt de integratie van de GIS-functies voor netwerkanalyse en ruimtelijke aggregatie in de probleemdomainspecifieke modellen gepresenteerd. Het specificeren en toetsen van diverse modelspecificaties wordt daarbij aan de orde gesteld en het gebruik van de GIS-applicatie ten behoeve van het oplossen van lokale beleidsvraagstukken ten behoeve integrale, gebiedsgerichte beleidsontwikkeling in de ouderenhuisvesting wordt geïllustreerd. Bij de beschrijving van de twee case studies is zoveel mogelijk getracht dezelfde opzet te hanteren. Voor het ontwikkelen van specifieke GIS-applicaties is allereerst inzicht in het probleem domein van belang. De inhoudelijke problematiek wordt aan de hand van relevante locatievraagstukken, de theoretische en methodologische achtergronden en aanpak en de beschikbaarheid van gegevens uiteengezet. Vanuit de inhoudelijke locatieproblematiek worden de geografische objecten en hun relaties onderscheiden en - indien nodig - gekoppeld aan de ruimtelijke objecten uit het ruimtelijk gegevensmodel. Vervolgens worden de gehanteerde probleemdomainspecifieke modellen in locatieplanning op formele wijze beschreven en via een objectgeoriënteerde analyse in het in dit hoofdstuk geschetste applicatieraamwerk gepast. Tenslotte wordt het gebruik van de twee ontwikkelde GIS-applicaties geïllustreerd aan de hand van enkele concrete locatievraagstukken en mogelijke oplossingsrichtingen.

⁴³ Objectgeoriënteerde applicaties bestaan uit grote hoeveelheden, uiteenlopende objecten, operaties en boodschappen. Bij ontwikkeling en het onderhoud en beheer van de applicaties is het gebruik van visuele talen bestaande uit modellen veel inzichtelijker en biedt betere ondersteuning bij onderhoud dan code in de vorm van gestructureerde tekst. Codegebaseerd onderhoud is namelijk in velerlei opzichten minder toegankelijk, minder gecontroleerd en minder effectief dan modelgebaseerd onderhoud (Rours en Veltman 1996). Het gebruik van Integrated Computer Aided System Engineering (kortweg I-CASE) ondersteunt het modelgebaseerd onderhoud van GIS-applicaties op een geautomatiseerde wijze. Het gebruik van I-CASE is bij objectgeoriënteerde systeemontwikkeling, waarbij een modelgebaseerde aanpak centraal staat, is al snel een vereiste (zie Tolido 1993). Vooral ook wanneer in toenemende mate bibliotheken met ruimtelijke objecten en componenten in de context van open GIS op de markt verschijnen, zijn instrumenten voor het integreren van objecten en assembleren van componenten nodig voor het ontwikkelen van GIS-applicaties (zie Keulen en Brand 1998).

7 EEN GIS-APPLICATIE VOOR WINKELPLANNING IN DE LEVENSMIDDELENDETAILHANDEL

7.1 Inleiding

Dit hoofdstuk illustreert de objectgeoriënteerde analyse en het gebruik van een GIS-applicatie voor winkelplanning in de levensmiddelen-detailhandel. Dit systeem is ontwikkeld voor de winkelplanners van het grootwinkelbedrijf Albert Heijn. Aanleiding voor dit systeem was de behoefte aan een multifunctioneel model, waarmee het mogelijk is de winkelomzet te bepalen voor iedere potentiële vestigingslocatie in Nederland. De inbedding van een winkelomzetmodel in een beslissingsondersteunend systeem geeft de winkelplanners van het grootwinkelbedrijf de mogelijkheid het huidig en toekomstig functioneren van zowel solitaire winkelvestigingen als het gehele winkelnetwerk te monitoren en te optimaliseren. In dit hoofdstuk worden eerst aanleiding en achtergronden, concepten en werkwijze van de winkelplanning geschetst; in het bijzonder gaat de aandacht uit naar het winkelomzetmodel als effectief instrument voor winkelplanning (paragraaf 7.2). Voor de ontwikkeling van de GIS-applicatie wordt in paragraaf 7.3 gestart met de objectmodellering van het probleem domein. In paragraaf 7.4, 7.5 en 7.6 wordt een objectgeoriënteerde analyse van de in de GIS-applicatie aanwezige probleem domeinspecifieke modellen gepresenteerd; respectievelijk een marktaandeel-, winkelomzet- en winkelscenario model. Het gebruik van de GIS-applicatie wordt in paragraaf 7.7 geïllustreerd aan de hand van exploratieve analyse van de gegevens voor de modelontwikkeling en locatiescenario-analyse in de winkelplanning. Voorts komen mogelijke functionele uitbreidingen voor de GIS-applicatie aan de orde. Tot slot wordt dit hoofdstuk afgesloten met enkele resumerende opmerkingen (paragraaf 7.8).

7.2 Probleembeschrijving; winkelplanning in de levensmiddelen-detailhandel

7.2.1 Achtergronden en probleemschets

De levensmiddelenbranche is één van de sectoren in de detailhandel, waarin economische ontwikkelingen (fluctuaties in koopkracht en prijs), socio-demografische veranderingen (vergrijzing en lifestyle segmentering) en technologische vooruitgang (geautomatiseerd betalingsverkeer, teleshopping) nauw gevolgd moeten worden om vroegtijdig op de vraag in de markt te kunnen anticiperen. Ook ruimtelijke ontwikkelingen zijn van invloed op de marktsituatie in de levensmiddelenbranche. Effecten van ontwikkelingen op het gebied van verkeer en vervoer (aan- en afvoer van goederen, parkeerfaciliteiten), de ruimtelijke ordening (aanleg nieuwe woonwijken en winkelcentra, vigerende bestemmingsplannen) en vastgoedmarkt (beschikbaarheid en prijsstelling winkelpanden) leiden tot wijzigingen in de bestaande (ruimtelijke) structuur van vraag en aanbod. De relatie tussen vraag en aanbod in de levensmiddelen-detailhandel kent derhalve - van oudsher - een sterk dynamisch karakter en staat voortdurend onder druk vanwege uiteenlopende ontwikkelingen en veranderingen (Guy 1996; Vos 1991; Wrigley 1994).

De aanbodstructuur van de levensmiddelen-detailhandel kenmerkt zich al enige tijd door een toenemende mate van verzadiging; voor diverse producten is de groei er uit. In de ontstane *verdringingsmarkt* kan een verdere groei alleen ten koste van de marktpositie van de concurrent behaald worden (Vos 1991). De sociaal-economische toestand in de levensmiddelenbranche kenmerkt zich namelijk door een gestage groei, die gehaald moet worden uit algemene prijsstijgingen en de lichte bevolkingsgroei, maar met name uit het wegtrekken van consumenten bij de concurrent. Gegeven ook de fijnmazigheid van het Nederlandse winkelnet is de vestiging van relatief grote winkelvestigingen of supermarkten in bestaande marktgebieden een risicovolle onderneming geworden. Voor zover nog nieuwe marktgebieden aanwezig zijn, dienen die met de nodige voorzichtigheid en zorgvuldigheid gefiltreerd en benaderd te worden. Met name via schaalvergrotingsprocessen, overnames en samenwerking proberen groot-winkelbedrijven dan ook de bedrijfskosten te verlagen en de omzet en het marktaandeel te vergroten. Dit heeft consequenties voor de aanbodstructuur, die daardoor voortdurend onderhevig is aan veranderingen. De ruimtelijke consequenties van de schaalvergrotingsprocessen kunnen diverse verschijningsvormen aannemen (Nozeman en Schaafsma 1991):

1. toename van het vloeroppervlak van bestaande supermarkten via uitbreiding respectievelijk verbouwing ter plaatse;
2. toename van het vloeroppervlak van bestaande supermarkten via verplaatsing, waarbij in de nieuwe situatie meer meters ontstaan;
3. toename van het vloeroppervlak van bestaande supermarkten via verplaatsing, waarbij de herlocatie deel uitmaakt van een vergroting van een winkelcentrum, met andere woorden een 'dubbele' schaalvergroting;
4. oprichting van winkelvestigingen in plaatsen/gebieden waar vestiging van hetzelfde winkelbedrijf tot dan toe ontbraken.

De consument wordt daardoor geconfronteerd met nieuwe en verdwijnende winkelvestigingen en veranderende verkoopformules in de levensmiddelenbranche (Guy 1996; Nozeman en Schaafsma 1991; Wrigley 1994). Bestaande concurrentieverhoudingen

veranderen voortdurend en introduceren onzekerheden voor de producent omtrent het toekomstig functioneren van zijn eigen winkelveestigingen. Voor de aanbieder betekent dit onder meer, dat continue inspanning geleverd moet worden voor het instandhouden van het reeds aanwezige distributienetwerk en dat - indien aanwezig - nieuwe afzetmogelijkheden en kansen aangegrepen moeten worden om de marktpositie te verbeteren. Voor het kunnen participeren op de veranderingen en ontwikkelingen in de levensmiddelen-detailhandel en het reduceren van onzekerheden daaromtrent doet het grootwinkelbedrijf een beroep op zijn marktinstrumenten. Eén van de instrumenten, om de markt te bespelen - en tegelijkertijd misschien wel het meest essentiële marktinstrument - is de locatie van de winkelvestiging. Kennis van de lokale markt is een vereiste inzake het behoud en de uitbreiding van het marktaandeel (Birkin *et al.* 1996, pp. 6-7): "Whereas we would not deny that, at a national level, brand strength, product competitiveness, and advertising spend all play a part in determining the market share of the business, detailed analysis at the local level demonstrates that market share is significantly determined by the location of outlets with respect to local market demand and to competitor locations". Aan een evenwichtige vestigingsplaats of winkellocatie heeft de detailhandel een belangrijke factor in het behalen van de omzet (Birkin *et al.* 1996; Ghosh en McLafferty 1987; Jones en Simmons 1990), want via de vestigingsplaats vindt het product zijn weg naar de consument. Met name in geval van gelijksoortige winkel-vestigingen hebben ruimtelijke factoren, zoals de bereikbaarheid voor de consument en de nabijheid van de concurrent, een belangrijk effect op het marktaandeel en de performance van winkelvevestigingen. Daarbij gaat het bij locatiebeslissingen om kostbare langetermijninvesteringen. Het betreft beslissingen ten aanzien van veranderingen in de aanbodsituatie, die moeten leiden tot een verbetering van de productiviteit. Deze beslissingen kunnen gepaard gaan met zeer grote investeringen; het uitbreiden, vernieuwen, sluiten of vestigen van bijvoorbeeld een winkelfilliaal loopt al snel in de papieren en is niet zonder risico. Dit geeft tegelijkertijd het belang aan van een goede locatiekeuze. In geval van een 'verkeerde' locatiebeslissing is het niet eenvoudig om met behulp van andere marketinginstrumenten, zoals product, prijs of promotie de locatie wel aantrekkelijk te maken om zodoende toch de consument aan te trekken en vast te houden. Een weloverwogen en geschikte vestigingsplaats is dan ook zeer belangrijk en vormt derhalve een elementair onderdeel in het bedrijfsproces van grootwinkelbedrijven. De activiteiten rondom het vestigingsplaatskeuze en het nemen van locatiebeslissingen vallen onder de noemer van de *winkelplanning*. Winkelplanning is vooral een activiteit van ondernemingen, die hun producten en/of diensten via een distributienet van winkel-vestigingen aanbieden. Het instandhouden en uitbreiden van het winkelnetwerk gaat gepaard met beslissingen omtrent het openen, sluiten of herinrichten/moderniseren van individuele winkelvevestigingen. Informatie omtrent de te verwachten effecten van het sluiten, moderniseren, uitbreiden van een bestaande winkelvestiging of het openen van een nieuw verkooppunt is essentieel. Winkelplanning is gericht op het bepalen van de situering, omvang, functie en samenstelling van nieuwe winkel-vestigingen, in onderlinge samenhang en in weloverwogen relatie met de bestaande winkelvevestigingen (Timmermans 1980).

Het bepalen van een geschikte locatie en een optimale uitrusting van (nieuwe) winkelvevestigingen is een afwegingsproces, waarbij het vergroten van het marktgebied en -aandeel een belangrijke rol speelt. Het aanbrengen van veranderingen in de bestaande ruimtelijke structuur van winkelvevestigingen heeft namelijk directe gevolgen voor de wijze waarop consumenten gebruik maken van winkelvevestigingen en daarmee voor het marktaandeel en de omzet van de winkelvevestigingen in het verzorgingsgebied.

Het te verwachten marktaandeel en de daaruit voortvloeiende winkelomzet vormen de relevante indicatoren voor de levensvatbaarheid van een winkelvestiging. Winkelplanners houden zich bij uitstek bezig met ruimtelijk-economische vraagstukken, zoals (Beaumont 1989a; 1989b):

- Wie zijn de (potentiële) consumenten en concurrenten?
- Welke nieuwe producten/diensten kunnen we aanbieden?
- Welke nieuwe of bestaande markten kunnen we betreden?
- Waar zijn nieuwe ontwikkelingsmogelijkheden aanwezig?
- Waar bevinden zich de (potentiële) consumenten en concurrenten?
- Waar kunnen we producten en diensten afzetten?

Aan de basis van het beantwoorden van deze vragen staat informatie omtrent het functioneren van winkelvevestigingen in relatie tot het gedrag van de consument. Door het monitoren van de productiviteit in plaats en tijd kunnen de zwakke en sterke schakels in het distributienetwerk worden gesignaleerd. Zo kan het signaleren van zwakke schakels leiden tot sanering en/of versterking van het distributiekanaal of het aangeboden goederen- en dienstenpakket. Het aanboren van nieuwe lokale en regionale afzetmarkten - in omvang, aantal en kwaliteit - is een logisch vervolg hierop en een vanzelfsprekende activiteit voor ondernemers in een commerciële marktsituatie. Dit verhoogt de behoefte aan relevante gegevens over de huidige markt en de potentiële afzetmarkten. Met deze informatie, uitgedrukt in markt- en winkelindicatoren, kan het management operationele en strategische beslissingen ten aanzien van het netwerk van winkelvevestigingen onderbouwen, nemen en uitvoeren.

7.2.2 Winkelplanning; inzicht in de geografische markten

De geografie ofwel de ruimtelijke component speelt een belangrijke rol in de winkelkeuze door consumenten. De relatieve locatie van een winkelvestiging bepaalt mede de mate van concurrentie en de attractiviteit voor de consument. De tijd of moeite om een afstand te overbruggen gaat zwaarder wegen als factor in het winkelkeuzeproces naarmate de verplaatsing frequenter plaatsvindt. Dit geldt zeker voor supermarkten, kruideniers en andere detaillisten, die voorzien in de eerste levensbehoeften.

De dagelijkse behoefte van de consument aan voedings- en genotsmiddelen vergt derhalve specifieke aandacht voor de ruimtelijke component bij het bestuderen van winkelgedrag. Het consumentengedrag vindt zijn ruimtelijke neerslag in het *marktgebied*. Vanuit het perspectief van de detaillist wordt het economisch functioneren van een winkelvestiging bepaald en beoordeeld in relatie tot het potentiële afzetgebied. Het afzetgebied geeft aan of het *marktpotentieel* volledig wordt benut en of nieuwe afzet-mogelijkheden voor bepaalde producten aanwezig zijn. Bij het vaststellen van deze mogelijkheden speelt het *marktaandeel* een belangrijke rol. Het marktaandeel is het aandeel van het totale marktpotentieel, dat een winkelvestiging of product in een bepaald marktgebied heeft. Dit wordt ook wel aangeduid met *marktpenetratie*. Deze begrippen spelen een rol bij het bepalen van de positie van een winkelvestiging of product in de markt. Het bepalen van een marktaandeel is ruimtelijk gerelateerd vanwege het feit, dat het marktaandeel van een winkelvestiging of product gerelateerd is aan een geografisch afzetgebied.

Kennis van en inzicht in het marktgebied en -aandeel in economisch en geografisch perspectief staan aan de basis van het bestuderen van zowel evaluatie- als optimalisatievraagstukken in de detailhandel (Grothe *et al.* 1992). Voor het vaststellen van het marktaandeel van een vestiging dient allereerst het marktgebied te worden afgebakend. Vervolgens wordt voor het markt-gebied de totale vraag en haar bestedingspatroon vastgesteld, waaruit het marktpotentieel voor het gebied volgt. Door het markt-potentieel af te zetten tegen de omzet van de eigen aanwezige vestigingen wordt het marktaandeel in het gebied verkregen. Door de ontwikkeling van het marktaandeel in de tijd te bestuderen, kan het functioneren van het distributiepunt worden gevolgd. Daarnaast geeft het geografisch afbakenen van marktgebieden inzicht in de ruimtelijke spreiding en vorm van 'witte' vlekken, die duiden op een bepaalde mate van onderverzorging. Afhankelijk van de (groei)strategie volgt hieruit de vraag hoeveel detail-handelsruimte nog aanwezig is en op welke locatie mogelijke toetreding tot de markt kan plaatsvinden. Overlappende verzor-gingsgebieden daarentegen geven een bepaalde mate van oververzorging of verzadiging aan. Hier dient, bij een gelijkblijvende aanbodsituatie, versterking gehaald te worden uit het consumenten-aandeel van de concurrent. Het *kannibalisatieverschijnsel*, dat optreedt indien een investering op een bepaalde locatie ten koste gaat van de omzet van eigen vestigingen (op andere locaties), is een voorbeeld van een dergelijk (ruimtelijk) effect.

Geografische markten

Voor het monitoren van het verkoopkanaal en het ondersteunen van het distributiebeleid dienen de verschillen tussen geogra-fische markten in acht te worden genomen (zie figuur 7.1). Locatiefactoren, zoals het winkelpand (zichtbaarheid, frontbreedte, bevoorradingsfaciliteiten, bouwtechnische aspecten, et cetera), de ligging en bereikbaarheid (parkeerfaciliteiten, ruimtelijke barrières), de omgeving (nabijheid van concurrenten en andere klanten-aantrekkende en -afstotende winkels) worden in ogen-schouw genomen. Naast het analyseren van de locatie en lokale markt op het niveau van de winkelvestiging, wordt het winkelnet op regionaal niveau aangestuurd. Door het werken met verkoop- of winkelregio's worden de regionale verschillen in het ver-koopkanaal verdisconteerd. De verschillen kunnen gebaseerd zijn op diverse dimensies, maar richtinggevend zijn de verschillen in regionale consumentenmarkten. Het regionale consumentengedrag leidt tot verschillen en differentiatie in het verkoopkanaal van winkelvestigingen en het afstemmen en aansturen ervan via de winkelplanning. Ook inzicht in regionale differentiatie en verschillen in productie en rendement is essentieel voor distributiebeleid. Daarmee kunnen grofweg drie geografische markten worden onderscheiden: de lokale markt van de individuele winkelvestiging, het (inter)nationale winkelnetwerk en de daartussen-liggende regionale markten. In diverse studies naar het zoeken van locaties en geografische afzetmarkten is dit hiërarchische proces van *geografische detaillering* terug te vinden (Arentze *et al.* 1996c; Birkin *et al.* 1996; Ghosh en McLafferty 1987; Grothe *et al.* 1992). Indien een regionaal marktgebied met één of meerdere potentiële vestigingsplaats(en) is vastgesteld, wordt opnieuw het geografisch detailniveau verder aangescherpt (zie Brown 1992a). Ghosh en McLafferty (1987) zien in deze schaal-niveaus de drie fasen van het proces van marktanalyse, respectievelijk de selectie van een regionale markt, een lokaal marktge-bied en de winkellocatie¹. Een hiërarchische aanpak is bijna onvermijdelijk gezien het geografische omvang in marktgebieden.

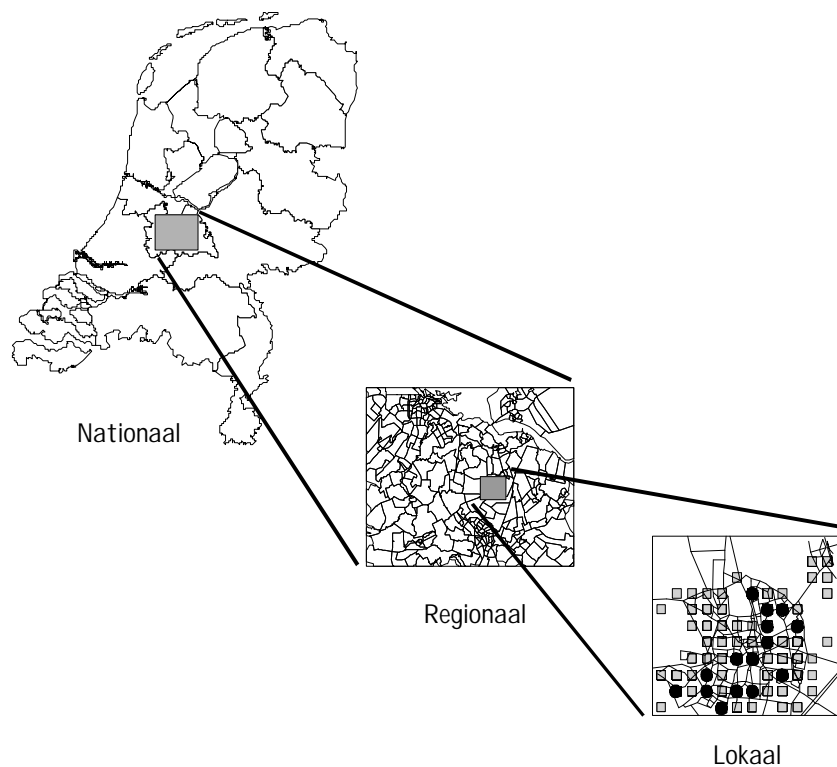
¹ Nog een schaalniveau lager wordt bezien hoe de interne (schap)inrichting en het productassortiment van de winkel er uit moet komen te zien.

Locatiestrategie

Winkelplanning in de levensmiddelen-detailhandel kan op diverse wijzen invulling krijgen. Op uiteenlopende ruimtelijke schaal-niveaus - nationaal, regionaal en lokaal - wordt de marktpositie aan de hand van een trade-off tussen enerzijds het functioneren van de winkelvestigingen en anderzijds het marktpotentieel uitgevoerd. Richtinggevend voor winkelplanning is de locatiestrategie. In samenspraak met de gevoerde marketing- en locatiestrategie worden locatiescenario's ontwikkeld voor winkelplanning.

Locatiestrategieën vloeien voort uit de algehele detailhandelstrategie, die in veel gevallen gericht is op groei en expansie.

Voor het realiseren van groei worden de marketinginstrumenten aangesproken. Vanzelfsprekend is de doelstelling en aard van de organisatie richtinggevend voor de wijze waarop de strategie wordt ingezet. Een eenduidig beeld van de te leveren soorten producten en diensten en de te bedienen markt staat daarbij voorop. De begrippen 'value platform' en 'strategische groepen' (kunnen) worden



Figuur 7.1 Geografische markten

gehandeerd om de strategie te bepalen (Ghosh en McLafferty 1987). Een *value platform* is de wijze waarop de detailhandelsorganisatie zich in de ogen van de consument onderscheidt van zijn concurrenten. De marketingstrategie heeft als doel een value platform te creëren en in stand te houden. De verschillende sturingsinstrumenten - assortimentsbeleid, prijsbeleid, locatiebeleid, promotiebeleid - dienen consistent met het value platform te worden ingezet. Het value platform is gebaseerd op enerzijds de behoeften van de consument en anderzijds op de karakteristieken van de concurrent(en). De consumenten wordt gesegmenteerd in een doelgroep, die het product van de eigen organisatie hoger waardeert dan dat van de concurrent. Inzicht in de sterke en zwakke eigenschappen van de concurrent is - zeker in meer verzadigde markten - daarbij eveneens essentieel. Het is dus belangrijk de mate van concurrentie goed in te schatten bij het selecteren van de doelgroep. Door verschillende value platforms van concurrerende organisaties te analyseren, worden de soort en mate van concurrentie bepaald. Hoe meer een value platform overeenkomt met het value platform van een andere organisatie, hoe groter de overlap van de doelgroepen zal zijn en dus hoe hoger het concurrentieniveau. Detailhandelsorganisaties kunnen aldus worden gegroepeerd in concurrerende clusters. Deze clusters representeren de *strategische groepen* in de detailhandelsbranche; organisaties binnen dezelfde strategische groep volgen eenzelfde marketingstrategie en concurreren direct met elkaar. Een voorbeeld van een strategische groep in de levensmiddelen-detailhandel, die vooral naar prijs en kwaliteitsniveau wordt onderscheiden, is de zogenaamde discounter. Er zijn drie niveaus te onderscheiden waarop de concurrentie plaatsvindt:

1. tussen organisaties, die verschillende producten of diensten aanbieden;
2. tussen strategische groepen, die dezelfde producten en diensten aanbieden;
3. binnen strategische groepen, die dezelfde producten en diensten aanbieden op eenzelfde prijs- en kwaliteitsniveau.

Dat het hier een dynamische omgeving betreft, blijkt uit het feit, dat organisaties met eenzelfde value platform de markt kunnen betreden en bestaande organisaties van value platform kunnen veranderen. De verkopen van bestaande vestigingen kunnen worden vergroot door de marketing van de bestaande producten en diensten te intensiveren of door een 'agressief' promotie- en prijsbeleid te voeren. Ook uitbreiding van het assortiment is een mogelijke strategie. De beperkende factor is de geografische markt; het marktpotentieel bepaalt de bewegingsruimte en is tegelijkertijd aan veranderingen onderhevig. Veranderingen aan de kant van de consument - bevolkingsontwikkelingen, bestedingspatronen, economische ontwikkelingen, et cetera (zie bijvoorbeeld Schutjens 1993) - zijn sterk van invloed op de te volgen strategie. Gegeven deze beperkingen is een significante groei doorgaans slechts

mogelijk door uitbreiding van het winkelnet met nieuwe vestigingen. Een complementaire strategie is het uitbreiden met winkels van andere value platform. Dit kan de kwetsbaarheid van de organisatie reduceren. Kortom, voor het uitvoeren van de winkelplanning worden twee soorten groeistrategieën onderscheiden (Ghosh en McLafferty 1987):

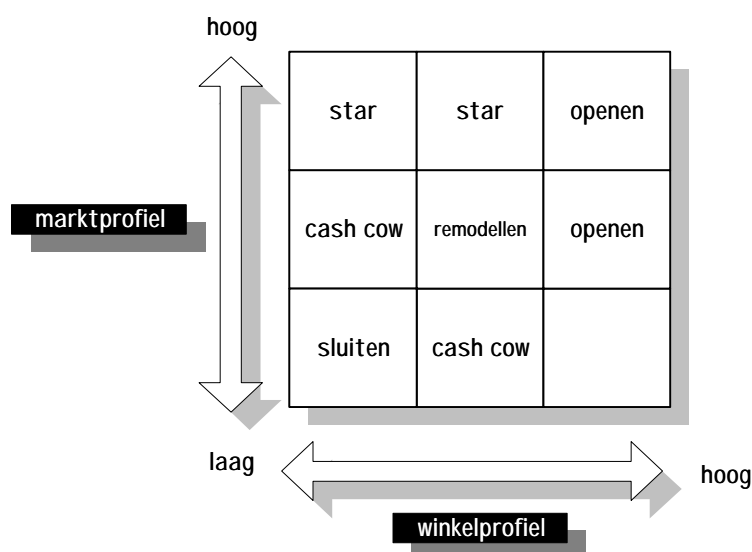
1. groeistrategieën om de verkoop bij bestaande vestigingen te verhogen;
2. strategieën van groei door het openen van nieuwe vestigingen.

De wijze waarop de strategieën kunnen worden aangewend in het winkelplanning wordt in de volgende paragraaf geïllustreerd. Ter illustratie en inkadering wordt kort aandacht besteed aan de marktpositie-analyse en de rol van de locatiestrategie in relatie tot het gebruik van winkelkeuzemodellen bij Albert Heijn.

7.2.3 Van marktpositie-analyse naar winkellocatiescenario's

Ook bij grootwinkelbedrijf Albert Heijn wordt in de winkelplanning een hiërarchisch-geografische aanpak gehanteerd om de marktpositie van eigen winkelvevestigingen te analyseren. Voor het uitvoeren van locatiestrategieën wordt op geografische wijze gezocht naar nieuwe marktgebieden en bestaande met meer potentieel; de marktpositie wordt in beeld gebracht. In eerste instantie wordt een groter marktgebied verkend en gescreend op potentiële vestigingsplaatsen. Via het proces van geografische detail-lering wordt naar het microniveau van een potentiële locaties toegewerkt. Op het lokale niveau van de potentiële locatie worden marktprofielen en winkelprofielen gematched. Deze marktpositie-analyse heeft als doel inzicht te geven in sterkte en zwakte van de eigen verkooppunten in de - regionale en - lokale markt. Tevens kan de marktpositie-analyse mogelijke witte vlekken naar boven brengen. Marktpositie-analyse kan op verschillende wijzen plaatsvinden. Hier wordt - naar Bosma (1994) - een relatief inzichtelijke methode voor marktpositie-analyse bij Albert Heijn beschreven. De marktpositie-analyse bestaat uit een analyse van de huidige marktsituatie, waarbij de vraag- en aanbodsituatie op gebiedsniveau (per vier-cijferige postcodegebied) worden bestudeerd en uitgedrukt in een markt- en winkelprofiel. Een hoog marktprofiel betekent een gunstig vestigingsklimaat voor toetreding en/of het verbeteren van de marktpositie. Het winkellocatieprofiel geeft de situatie aan de aanbodzijde weer; een hoog winkellocatieprofiel duidt op een geringe concurrentie. De twee profielen zijn tegen elkaar afgezet in een portfoliomatrix met locatiestrategieën (zie

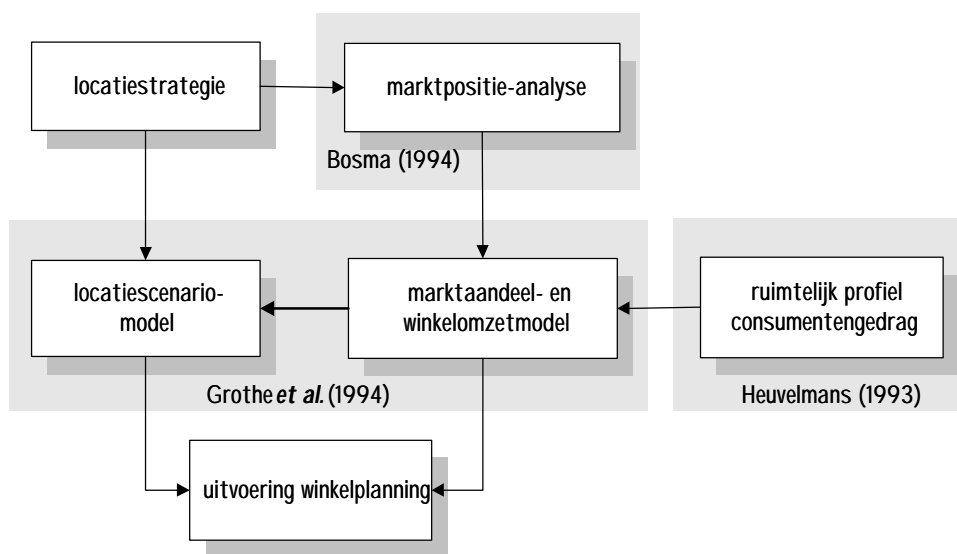
figuur 7.2). Een hoge winkelscore en een hoge marktscore duiden op een gunstige situatie voor het openen van een winkelvestiging. De markt- en winkelprofielen worden samengesteld uit een groot aantal indicatoren. De marktprofielen worden aan de hand van verschillende marktindicatoren samengesteld, zoals de besteding aan voedings- en genotsmiddelen, de huishoudensgroei, het marktaandeel en de marktpositie. Het winkelprofiel wordt bepaald door de indicator 'omzetdruk' en het inmiddels geïnvesteerd vermogen in het marktgebied (Bosma 1994). De indicatoren variëren in belangrijkheid en krijgen een wegingsfactor mee. De marktpositie-analyse levert potentiële vestigingsgebieden, waarbinnen vestigingslocaties gezocht gaan worden. Vanzelfsprekend dient de te volgen locatiestrategie te passen binnen de algehele marketingstrategie van de detailhandelsorganisatie (Birkin *et al.* 1996; Collins 1989; Ghosh en McLafferty 1987). Marktpositie-analyse is een eerste aanzet in het proces van winkelplanning om de potentie in en het functioneren van het winkelnetwerk te bepalen aan de hand van een checklist van indicatoren



Figuur 7.2 Locatiestrategieën en marktpositie-analyse (Bosma 1994)

omtrent vraag en aanbod in de regionale/lokale markt. Een dergelijk model heeft nauwelijks predictieve waarde. Dat wil zeggen het is niet mogelijk effecten van planningsmaatregelen door te rekenen. Juist in het kunnen voorspellen van de effecten van planningsmaatregelen via het gebruik van locatiestrategieën zit een meerwaarde voor de winkelplanning. Tegelijkertijd is het daarbij essentieel de te verwachten omzet te kunnen vaststellen. De vraag 'hoeveel omzet is er te verwachten nu en in de toekomst op een bepaalde locatie?' is een elementaire vraag in de winkelplanning.

Onderhavige beschouwing is gebaseerd op enkele gerelateerde studies (zie figuur 7.3), te weten Bosma (1994), Grothe *et al.* (1992), Grothe *et al.* (1994), Grothe en Scholten (1994) en Heuvelmans (1993). In Bosma (1994) is de bovengenoemde marktpositie-analyse nader beschouwd in relatie tot het gebruik van een winkelomzetmodel. Tevens heeft Bosma (1994) het Huff-model geschat en vergeleken met het MNL- en hiërarchische MNL-model². In Heuvelmans (1993) zijn diverse ruimtelijke aspecten van ruimtelijk keuzegedrag nader geanalyseerd ten behoeve van het proces van modelontwikkeling.



Figuur 7.3 Onderzoek naar marktpositie-analyse, ruimtelijk consumentengedrag en winkelkeuzemodel in onderlinge samenhang

In Grothe *et al.* (1992) en Grothe en Scholten (1994) is het gebruik van een decision support systeem voor winkelplanning in de detailhandel nader ingekaderd in het proces van winkelplanning. De ontwikkeling van het winkelomzetmodel voor Albert Heijn is uiteengezet in Grothe *et al.* (1994).

In onderhavige studie zal de aandacht vooral gericht zijn op de objectgeoriënteerde inbedding van het marktaandeelmodel, winkelomzetmodel en locatiescenario-model in een GIS-applicatie in relatie tot het gebruik van het model in winkellocatieplanning.

7.2.4 De te verwachten winkelomzet: uitgangspunten en werkwijze

Voor het schatten van de te verwachten omzet op een bepaalde potentiële vestigingsplaats is inzicht nodig in de winkelkeuze-proces van de potentiële consumenten (zie paragraaf 2.3.2). Er zijn verschillende modellen ontwikkeld om het winkelkeuze-proces en de bestedingen de besluitvorming rond de locatiekeuze in de detailhandel te ondersteunen (zie Birkin *et al.* 1996; Davies en Rogers 1985; Jones en Simmons 1990; Fotheringham 1991; Ghosh en McLafferty 1987; Wrigley 1988). De diverse methodische benaderingen vinden hun toepassing in de levensmiddelendetailhandel; van checklistmethoden (Kane 1966), analoge methoden (Applebaum 1968), portfoliomethoden (Bosma 1994; Mahajan *et al.* 1985) en regressieanalyse (Cottrell 1973; Davies 1977) tot de toepassing van diverse typen ruimtelijke interactie- en winkelkeuzemodellen (Arnold *et al.* 1983; Gensch en Recker 1979; Ghosh en McLafferty 1982; Stanley and Sewall 1978; Recker en Kostyniuk 1978; Jain en Mahajan 1979; Schuler 1979; Verhallen en De Nooij 1982; Van Goor 1984; Louviere en Gaeth 1987; Moore 1989; 1990; Fotheringham en Threw 1993). Voor het maken van een keuze voor een bepaalde methodische aanpak is in paragraaf 2.2.2 aangegeven, dat diverse randvoorwaarden in acht dienen te worden genomen. Ten behoeve van het gebruik van deze modellen zijn echter geen algemene richtlijnen beschikbaar. In deze studie zijn - naar Timmermans (1980) - een tweetal eisen geadopteerd, waaraan een te ontwikkelen model dient te voldoen voor een effectief gebruik in de winkelplanning:

1. De resultaten van het model dienen interpreteerbaar te zijn in termen van menselijk gedrag. Derhalve dient een theorie van het ruimtelijk consumentengedrag aan het model ten grondslag te liggen;

² De algemene bevindingen betreffende de performance van het Huff-model in relatie tot het MNL-model en hiërarchische MNL-model laten zien, dat "op basis van het Huff-model geen locatiebeslissingen kunnen worden genomen, aangezien het model de verzorgingsgebieden niet nauwkeurig genoeg kan voorspellen" (Bosma 1994, pp.54). De vergelijking is mede uitgevoerd vanwege de implementatie of aanwezigheid van het Huff-model in generieke GIS-applicaties. Fotheringham (1995, pp.3) stelt hierover in de context van ruimtelijke interactiemodellen, dat "To date, most GIS-based spatial modelling attempts represent a step backwards and provide fodder for the critics of both GIS and spatial modelling". Gezien de bevindingen van Bosma (1994) kan Fotheringham's stellingname onderschreven worden.

2. De effecten van veranderingen in de ruimtelijke structuur van winkelvestigingen op het ruimtelijk gedrag van consumenten en het toekomstig functioneren van winkelvestigingen dienen in kwantitatieve zin voorspeld te kunnen worden.

Winkelplanning dient derhalve - wil het mogelijk zijn alternatieve (investerings)plannen te evalueren - de effecten van veranderingen in de situering, omvang, functie en samenstelling van winkelvestigingen op het ruimtelijk consumentengedrag kwantitatief te voorspellen. Wanneer de detaillist het aantal bezoekers of de omzet van een winkelvestiging wil kunnen voorspellen, dient de detaillist te weten welke consumenten waar te verwachten zijn en hoeveel ze besteden. Daarvoor is inzicht in de ruimtelijke spreiding en het ruimtelijk gedrag van de consument onontbeerlijk. De detaillist dient als het ware in de huid van de consument te kruipen om zijn/haar keuzen, motieven en percepties, die zich manifesteren in het koopgedrag, te achterhalen. Het afleggen van een winkelbezoek door een consument gaat namelijk gepaard met het nemen van een aantal opeenvolgende beslissingen. De eerste beslissing, die de consument neemt, is of hij/zij gaat winkelen of niet. Wanneer het gaat om voedings- en genotsmiddelen kan gerust gesteld worden, dat deze beslissing met enige regelmaat (dagelijks, wekelijks) genomen dient te worden. Vervolgens ontstaat de vraag waar de consument gaat winkelen. Deze vraag heeft betrekking op de keuze van een winkelvestiging uit een set van winkelvestigingen in de leefomgeving van de consument. Is de winkelkeuze gemaakt dan volgen een serie van afwegingen en beslissingen omtrent de artikelen en producten, die in de desbetreffende winkelvestiging worden aan-geschaft. Dit leidt uiteindelijk tot de bestedingen van de consument in de winkel. Indien de *winkelkeuze* en de *bestedingen* van de consument bekend zijn, kan de detaillist per winkelvestiging de te verwachten *winkelomzet* bepalen.

Vanuit deze uitgangspunten zal de aandacht vooral uitgaan naar winkelkeuzemodellen, waarbij het consumentengedrag expliciet besloten ligt in onderliggende assumpties van keuzegedrag. Winkelkeuzemodellen maken deel uit van de familie van interactiemodellen (zie paragraaf 2.2.2), die de laatste jaren in toenemende mate hernieuwde aandacht en toepassing hebben gekregen in de detailhandel (zie Brown 1992b; Birkin *et al.* 1996). Deze modellen hebben zowel een beschrijvende als een voorspellende waarde³ en worden toegepast voor het beantwoorden van diverse vraagstukken in de winkelplanning:

1. Het vaststellen van de plannings- en marktinstrumenten, die het gedrag van de consumenten beïnvloeden;
2. Het vaststellen van het marktgebied van een winkelvestiging en de kenmerken daarvan;
3. Het zoeken naar de meest optimale locatie van een nieuw te vestigen winkel;
4. Het schatten van de effecten van het openen of sluiten van een winkelvestiging op de aanwezige winkelvestigingen in het marktgebied;
5. Het vaststellen van de optimale/minimale omvang en/of samenstelling van een bestaande winkel;
6. Het schatten van de effecten van veranderingen in de marktinstrumenten
7. Het bestuderen van de factoren, die tot de sluiting van een winkelvestiging leiden.

De winkelkeuze en bestedingen worden met behulp van een kwantitatief model beschreven en zijn beide gebaseerd op assumpties ten aanzien van het keuze- en bestedingsgedrag van consumenten. Voor modelontwikkeling dienen allereerst de centrale uitgangspunten - in de vorm van een theorie over het ruimtelijk consumentengedrag - te worden geformuleerd. In nauw overleg met de winkelplanners van Albert Heijn zijn de - te toetsen - aannames omtrent het ruimtelijk keuzegedrag van de Nederlandse consumenten geformuleerd. Ten behoeve van het beschrijven van het winkelkeuzegedrag in de levensmiddelenetailhandel in Nederland is het conceptueel model zoals afgebeeld in figuur 2.1 als (theoretisch) referentiekader gehanteerd.

Veronderstellingen consumentengedrag

De eerste stap - de winkelkeuze - is de meest fundamentele stap en geeft als resultaat het marktaandeel van een winkel voor een consumentenzone. Daarbij zijn - mede op basis van expertkennis van de winkelplanners bij Albert Heijn - enkele assumpties ten aanzien van het consumentengedrag in acht genomen. Indien deze stap mogelijke onjuiste assumpties bevat, ontstaat een onzuiver model. Derhalve dient het winkelkeuzemodel een solide basis te leggen voor het gehele winkelomzetmodel.

³ Veelal gaat het om een conditionele voorspellende waarde (Timmermans 1997). Keuzemodellen worden namelijk gecalibreerd op basis van het waargenomen ruimtelijk keuzegedrag op een bepaald tijdstip. Verondersteld wordt vervolgens, dat mogelijke ingrepen in de winkelstructuur overeenkomstig de waarden van de modelparameters worden gerealiseerd. Bovendien mogen de geschatte parameters niet aan verandering onderhevig zijn in de periode waarvoor wordt voorspeld. De voorspellingen zijn derhalve conditioneel; ze gelden allen indien de toekomst zich ontwikkelt overeenkomstig de gestelde voorwaarden.

Consumenten bezoeken met enige regelmaat één of meerdere winkelvestigingen om voedings- en genotsmiddelen te kopen⁴. De consument maakt daarbij een keuze uit een verzameling aanwezige winkelvestigingen in de nabije woonomgeving. Gezien de aanwezigheid van meerdere winkelalternatieven, maakt de consument een persoonlijke afweging van de voor- en nadelen van de afzonderlijke winkelvestigingen in zijn/haar woonomgeving. De voor- en nadelen worden beschouwd als onafhankelijke factoren, die het (ruimtelijk) keuzegedrag bepalen. Deze factoren zijn gerelateerd aan zowel ruimtelijke als niet-ruimtelijke kenmerken van de aanwezige winkelvestigingen. Het zijn echter niet de factoren zelf, die het keuzegedrag van de consument bepalen. Verondersteld wordt, dat de consument zich een beeld vormt van de winkelvestigingen in zijn/haar omgeving, op grond van een subjectieve waardering en persoonlijke kenmerken. Er is sprake van een perceptie van de winkelstructuur van winkels, waardoor de consument niet alle aanwezige winkelvestigingen in zijn/haar keuze- en beslissingsproces in ogenschouw neemt. De consument maakt een keuze uit de winkelvestigingen, die bekend zijn en aansluiten bij zijn/haar behoeften. Een tweetal overwegingen spelen een rol bij het vaststellen van de *ruimtelijke keuzeset* van consumenten: de afstand en het winkeltype. Allereerst zal het winkelbezoek van de consument voor dagelijkse goederen als voedings- en genotsmiddelen zich beperken tot korte afstandsinteracties. Dit betekent, dat de ruimtelijke keuzeset gelimiteerd is tot een afgebakende geografische ruimte. Ten tweede moet rekening worden gehouden met de heterogene samenstelling van winkelvestigingen in de levensmiddelenhandel in Nederland. Op de Nederlandse markt voor voedings- en genotsmiddelen zijn in de vorm van winkelformules verschillende value platforms aanwezig, die zich kenmerken door een specifieke profilering naar de consumentenmarkt toe. Differentiatie en diversiteit in kwaliteit van prijs, product, winkelpersoneel, kassahandeling, et cetera heeft geleid tot diverse typen winkels, zoals kwaliteitswinkels en discounters. Vanwege de diversiteit en het relatief grote aantal aanbieders van voedings- en genotsmiddelen is verondersteld, dat de consument de informatie omtrent de winkelvestigingen in twee opeenvolgende stappen plaatsvindt: de keuze van een winkeltype en de keuze van een winkelvestiging van dat winkeltype. De eerste keuzesituatie is de afweging, die de consument maakt voor een winkeltype. De consument kiest een *winkeltype*, dat aansluit bij zijn/haar behoeften en persoonlijke kenmerken. De afweging van de voor- en nadelen van het winkeltype vindt niet plaats door de objectief waarneembare kenmerken te beoordelen, maar op grond van de kenmerken, die vanuit het perspectief van de consument belangrijk voor winkelbezoek zijn. De individuele consument weegt de subjectieve oordelen per winkeltype af tegenover zijn specifieke behoeften. De afweging leidt uiteindelijk tot een totaalbeoordeling van het winkeltype. De totaalbeoordeling van het winkeltype is gebaseerd op de waardering van de afzonderlijke winkelvestigingen van dat winkeltype in de keuzeset van de consument. Ook de afweging van de voor- en nadelen van de winkelvestiging van een winkeltype vindt niet plaats door de objectief waarneembare attributen te beoordelen, maar op grond van de attribuutkenmerken, die vanuit het consumentenperspectief belangrijk zijn voor het bezoek. In de tweede keuzesituatie beoordeelt de consument vervolgens de afzonderlijke winkelvestigingen. De afweging leidt uiteindelijk tot een totaalbeoordeling van de winkelvestiging in de set winkelvestigingen van het winkeltype. Het resultaat is een preferentiestructuur of rangordering van alle winkelvestigingen van het winkeltype. Een consument bezoekt uiteindelijk de winkel waarvan het nut, dat de consument ontleent aan die winkel, groter is dan het nut, dat de consument ontleent aan de andere winkelvestiging van dat winkeltype (het principe van de nutsmaximalisatie). De beslissingsregel, die de consument toepast bij het vaststellen van de preferentiestructuur, is gebaseerd op de compensatorische informatiestrategie. Hierbij staat de afweging van de kenmerken van winkelvestigingen centraal, waarbij de consument de winkelvestiging met de hoogste totaalscore kiest. Daarmee is de kans bepaald, dat vanuit een bepaalde consumentenzone een winkelvestiging wordt bezocht. Kortom,

de volgende postulaten omtrent het keuzeprocess van consumenten voor voedings- en genotsmiddelen zijn onderscheiden:

1. Het waargenomen ruimtelijk consumentengedrag wordt indirect bepaald door een verzameling van onafhankelijke factoren, die betrekking hebben op de locationele en niet-locationele attribuutkenmerken van winkels;
2. Het waargenomen consumentengedrag wordt direct bepaald door de subjectieve beoordeling van een beperkt aantal kenmerken van de winkels;
3. De persoonlijke beoordeling door de consument van de kenmerken van de winkel is wetmatig gerelateerd aan objectief waarneembare kenmerken van de winkels;
4. Iedere consument komt op basis van de subjectieve afweging van zijn/haar subjectieve beoordeling van afzonderlijke kenmerken van winkelvestigingen tot een totaaloordeel omtrent iedere winkelvestiging;
5. Het waargenomen gedrag van consumenten is wetmatig gerelateerd aan het samengevatte oordeel van iedere winkelvestiging,

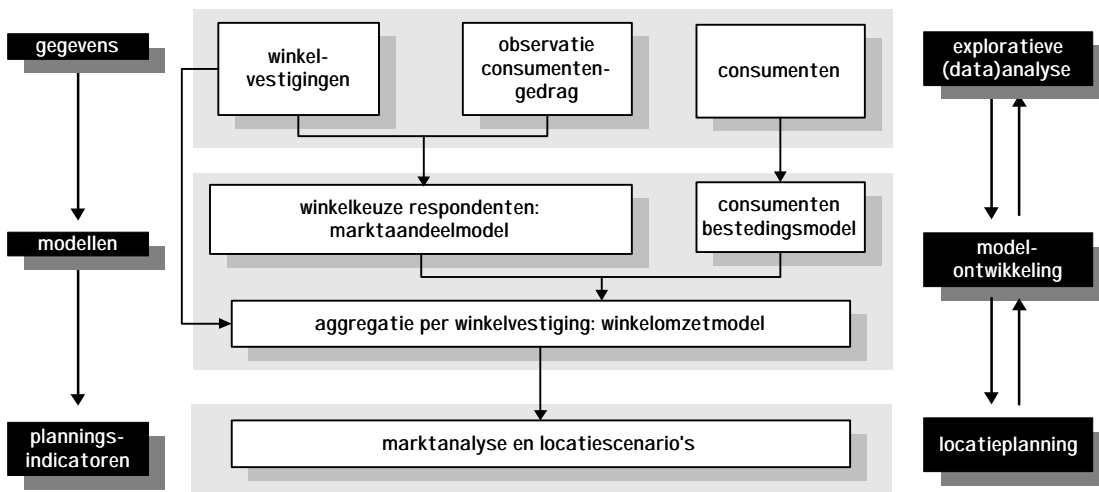
⁴ Winkels van de formule Albert Heijn worden door de winkelplanners van het grootwinkelbedrijf beschouwd als 'one-stop shoppers'. In overleg met de winkelplanners van Albert Heijn is derhalve multi-stop en multi-purpose keuzegedrag buiten beschouwing te laten.

- waarbij elk kenmerk onafhankelijk bijdraagt aan de totaalwaardering;
6. De consument ziet zich geconfronteerd met twee keuzesituaties, die beide onafhankelijk bijdragen aan de winkelkeuze; in de eerste keuzesituatie kiest de consument een winkeltype op basis van de totaalwaardering van de set winkelvestigingen van een winkeltype, in de tweede keuzesituatie maakt de consument een keuze uit de winkelvestigingen van dat winkeltype;
 7. De consument ziet zich geconfronteerd met mogelijke beperkingen in de keuzesituatie en onvolkomenheden in het beslissingsproces, waardoor de beslissingsregel de waarschijnlijkheid weergeeft dat het beste alternatief wordt gekozen.

Werkwijze

De relevante componenten voor het ontwikkelen en gebruik van het winkelomzetmodel in winkelplanning zijn in onderlinge relatie weergegeven in figuur 7.4. Drie onderdelen zijn in de gehanteerde werkwijze te onderscheiden; gegevens, modellen en indicatoren. De gegevenscomponent - voornamelijk bestaande uit gegevens omtrent winkelvestigingen, de consumentenpopulatie en hun winkelkeuzegedrag - is input voor het bepalen van de omzet van solitaire winkelvestigingen. De modelcomponent bestaat uit drie typen modellen, namelijk modellen voor het bepalen van de *winkelkeuze en bestedingen* en de *aggregatie per winkel*.

Het winkelkeuzemodel bepaalt de kans, dat een willekeurige consument een winkelvestiging bezoekt. Dit geschiedt aan de hand van de observaties omtrent individuele consumenten en gekozen winkels. Vervolgens worden met behulp van dit kansmodel de



Figuur 7.4 Opbouw en werkwijze winkelomzetmodel en locatieplanning

aggregate stromen vanuit de consumenten-zones naar de winkelvestigingen bepaald. Tenslotte worden de individuele koopstromen per winkelvestiging gesommeerd. Om de kracht of waarde van het geschatte model vast te stellen, worden de geschatte koopstromen per winkelvestiging gespiegeld aan werkelijke koopstromen. Tenslotte komt - in geval van een

goed model - het uiteindelijke doel in zicht, namelijk het *gebruik* van het model ten behoeve van het bewaken van de omzet van bestaande winkels, het voorspellen van de te verwachten omzet voor nieuwe winkelvestigingen of het simuleren van de effecten van veranderingen in het consumentengedrag. Het winkelomzetmodel wordt daarbij ingezet voor markt- en locatie-analyse door het gebruik van afgeleide indicatoren en winkellocatiescenario's. Een belangrijke meerwaarde van het gebruik van dergelijke modellen in winkelplanning is het berekenen van diverse markt- (en winkel)indicatoren, zoals de marktpenetratiegraad. Deze indicatoren maken het functioneren van winkelvestiging in één oogopslag inzichtelijk. Diverse typen performance-indicatoren voor winkels en marktgebieden zijn voorhanden (zie Bertuglia *et al.* 1994; Birkin *et al.* 1996).

De in deze paragraaf geïntroduceerde informele beschrijving van de assumpties staat aan het begin van het proces van modelontwikkeling en -gebruik. Alle bovengenoemde assumpties ten aanzien het winkelkeuzegedrag zijn in een formeel wiskundig model uitgewerkt. De formele specificatie van het model kan aansluitend met de formulering van de theorie plaatsvinden. Tegelijkertijd echter zijn de beschikbare gegevens mede richtinggevend voor de uiteindelijke modelspecificatie. Vandaar dat de formele modelspecificatie in relatie tot de gegevensverzameling en -exploratie plaats vindt (zie figuur 2.2). Hoewel de modellen verschillen wat betreft hun theoretische grondslag (bijvoorbeeld geaggregeerde versus gedisaggregeerde modellen), gegevensbehoeften, schattingsprocedure, et cetera (zie paragraaf 2.3) is het gehele proces van modelbouw een relatief goed gestructureerd proces bestaande uit enkele opeenvolgende fasen met duidelijke mogelijkheden voor terug- en vooruitkoppeling. In het algemeen kan dit proces worden opgedeeld in modelspecificatie, modelcalibratie en -toetsing (verificatie en validatie). Deze drie stappen in het

modelbouwproces dienen eveneens op formele wijze uitgewerkt te worden.

7.2.5 SALES; een GIS-applicatie voor winkelplanning in de levensmiddelen-detailhandel

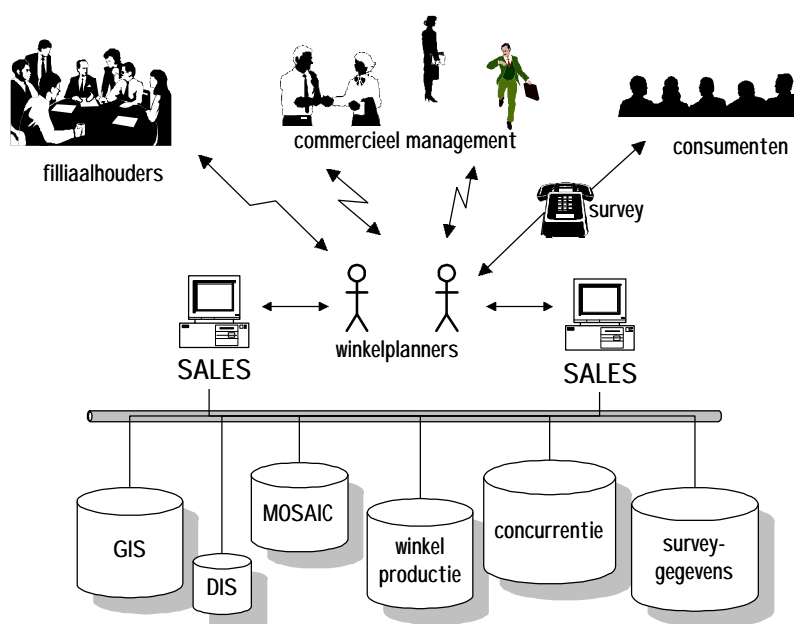
Ter ondersteuning van winkelplanning bij Albert Heijn is de GIS-applicatie SALES ontwikkeld. De GIS-applicatie SALES, het-geen staat voor *SupermarktAandeel en Locatie-Evaluatie Systeem*, ondersteunt winkelplanners bij het formuleren van locatie-strategieën via het bepalen van de te verwachten omzet op iedere - willekeurige - vestigingslocatie. Als zodanig kan SALES beschouwd worden als een beslissingsondersteunend systeem voor winkelplanning in de levensmiddelen-detailhandel. Tezamen met de eindgebruikers - winkelplanners van Albert Heijn - is een aantal algemene functionele eisen geformuleerd. De GIS-applicatie SALES ondersteunt de (eind)gebruikers bij (zie figuur 7.5):

1. exploratieve data-analyse;
2. modelspecificatie, parameterisering, modelverificatie en -validatie;
3. het gebruik van het model ten behoeve van planningsdoelinden, zoals het beantwoorden van 'wat gebeurt er als...?' vragen.

Diverse uiteenlopende typen gegevens en functies zijn via een op de gebruiker toegesneden systeem beschikbaar en toegankelijk. De noodzaak van een computergestuurde aanpak bij het ontwikkelen en gebruik van interactiemodellen staat voorop (zie paragraaf 2.4.3). Het gaat namelijk om de verwerking van een grote hoeveelheid gegevens en het uitvoeren van intensieve berekeningen⁵. De kracht van een geïntegreerde benadering ligt niet zozeer besloten in haar veelomvattendheid en geavanceerdheid, maar in de kwaliteit van de verwerkte gegevens en een goede toegankelijkheid daarvan voor de gebruiker. Vanwege het feit, dat accurate schattingen gemaakt moeten worden, waarbij slechts zeer lage foutenmarges acceptabel zijn, is het belangrijk dat de gegevens aan minimaal drie voorwaarden voldoen: volledigheid, betrouwbaarheid en actualiteit.

Afhankelijk van de gewenste prognosekracht en de beschikbaarheid van betrouwbare accurate gegevens wordt het model samengesteld. In figuur 7.5 is weergegeven welke gegevens(banken) in deze case studie zijn gebruikt. De databases zijn vanwege de verschillende dimensies zeer omvangrijk. Allereerst zijn gegevens over de wekelijkse transacties en uitgaven in de individuele winkelvevestigingen van belang. Gegevens over de aanwezige concurrenten zijn afkomstig van het distributie informatiesysteem (DIS) aangevuld en voortdurend up-to-date gehouden met veldwerk. Het winkelkeuzemodel wordt geschat met behulp van empirisch

verzamelde gegevens - via een telefonische enquête - omtrent het feitelijk winkelkeuzegedrag van consumenten. Voor gegevens over potentiële consumenten wordt een beroep gedaan op de Mosaic-database met uiteenlopende socio-economische gegevens over klanten per zespositiespostcodegebied. De productiegegevens - in de vorm van behaalde omzetten - worden gebruikt voor de modelvalidatie. Tenslotte worden ook gegevens verwerkt van fysiek-ruimtelijke aard. Variabelen, zoals verkeersstromen en -situaties, ruimtelijke barrières (spoorwegen en waterwegen) zijn belangrijke bepalende factoren bij het meten van aantrekkingskracht van winkelvevestigingen en het keuzegedrag van consumenten. Het geografische karakter van deze gegevens vraagt specifiek om een ruimtelijke gegevensbank (GIS). Zonder verder in te gaan op de beschikbaarheid en toegankelijkheid van de verschillende gegevensbanken en kwaliteit van de gegevens, gaat in deze case studie de aandacht uit



Figuur 7.5 SALES en gegevensbanken voor winkelplanning

⁵ Daarnaast is het schatten en optimaliseren van modellen rekenintensieve activiteit (Borgers en Timmermans 1991), waarin in sommige gevallen het gebruik van parallelle processors vereist is (zie bijvoorbeeld Birkin *et al.* 1995).

naar de integratie van winkelomzetmodellen in de GIS-applicatie *SALES*. Daarbij komt zowel de meerwaarde van de integratie aan de orde en de wijze waarop integratie in het objectgeoriënteerde raamwerk van hoofdstuk 6 plaats heeft gevonden.

Gebruik van SALES; de gebruikers

Zoals in hoofdstuk 4 reeds aan de orde is gesteld, zijn bij het werken met beslissingsondersteunende systemen verschillende typen gebruikers te onderscheiden. Een beslissingsondersteunend systeem ondersteunt zowel het proces van modelontwikkeling als modelgebruik. Voor het ondersteunen van het proces van modelontwikkeling beschikt de eindgebruiker over een flexibele omgeving om te werken met gegevens en modellen. Het werken met het marktaandeelmodel en winkelomzetmodel in *SALES* behoort tot het kennisdomein van de analyst of modelleur. Deze beschikt namelijk over de benodigde kennis betreffende het probleem, de gegevens en beslissingsomgeving, maar vooral over methodologische kennis betreffende het proces van modelontwikkeling; kennis omtrent de specificatie, het schatten en valideren van de modellen. De modeluitkomsten in de vorm van modelparameters en indicatoren van *goodness-of-fit* bieden weinig relevante informatie voor de besluitvorming; het vertalen van de modeluitkomsten naar voor de besluitvormer interpreteerbare informatie - de beslissingsvariabelen - en een representatie vormt een belangrijk element in het toegankelijk maken van modelgebonden gegevens. Het modelgebruik in *SALES* is vooral gericht op het werken met het winkelscenario-model. De besluitvormer zal - via een intermediaire eindgebruiker - het winkel-scenario-model gebruiken om mogelijke planningsmaatregelen door te rekenen. Een zeer toegankelijke gebruikersinterface in combinatie met een eenduidige grafische presentatie van de relevante winkel- en marktindicatoren maken de gegevens en modellen toegankelijk voor de besluitvormer.

7.3 Conceptualisatie en analyse van het probleemdomein 'winkelplanning levensmiddelenhandel'

7.3.1 Functionele decompositie

Naast use cases voor de functies voor bestandsbeheer, het (geo)grafisch bewerken van gegevens, de presentatie, selectie en opvraag van gegevens (zie bijlage 3) zijn het de use cases voor het werken met de *probleemdomeinspecifieke modellen*, de use cases voor *data-analyse* en de use cases voor het berekenen van prestatie-indicatoren, die in deze case studie van belang zijn. De use cases voor de ontwikkeling van *SALES* zijn hieronder weergegeven:

1. functies voor het werken met marktaandeelmodellen:
 - vier functies voor *specificatie* van marktaandeelmodellen: *toevoegen_marktaandeelmodel*, *tonen_marktaandeelmodel*, *wijzigen_marktaandeelmodel* en *verwijderen_marktaandeelmodel*;
 - *toetsen* van marktaandeelmodel (*toets_marktaandeelmodel*);
 - *berekenen* van marktindicatoren (*bereken_market_indicator*).
2. functies voor het werken met winkelomzetmodellen:
 - vier functies voor *specificatie* van winkelomzetmodellen: *toevoegen_marktaandeelmodel*, *tonen_winkelomzetmodel*, *wijzigen_winkelomzetmodel* en *verwijderen_winkelomzetmodel*;
 - *validatie* van winkelomzetmodellen (*valideer_winkelomzetmodel*);
 - *berekenen* van marktindicatoren (*bereken_market_indicator*).
3. functies voor het werken met winkelscenario-modellen:
 - vier functies voor *specificatie* van winkelscenario-modellen: *toevoegen_winkelscenario-model*, *tonen_winkelscenario-model*, *wijzigen_winkelscenario-model* en *verwijderen_winkelscenario-model*.
 - *analyse* effectiviteit winkelscenario's (*analyse_winkelscenario*);
4. *functies voor uni- en bivariate data-analyse*:
 - berekenen van univariate statistieken (*bereken_uni_statistiek*);
 - berekenen van frequentiestatistieken (*bereken_frequentie_statistiek*);
 - berekenen van correlatiematen (*bereken_correlatie_maten*);
 - berekenen van regressie-maten (*bereken_regressie_maten*).

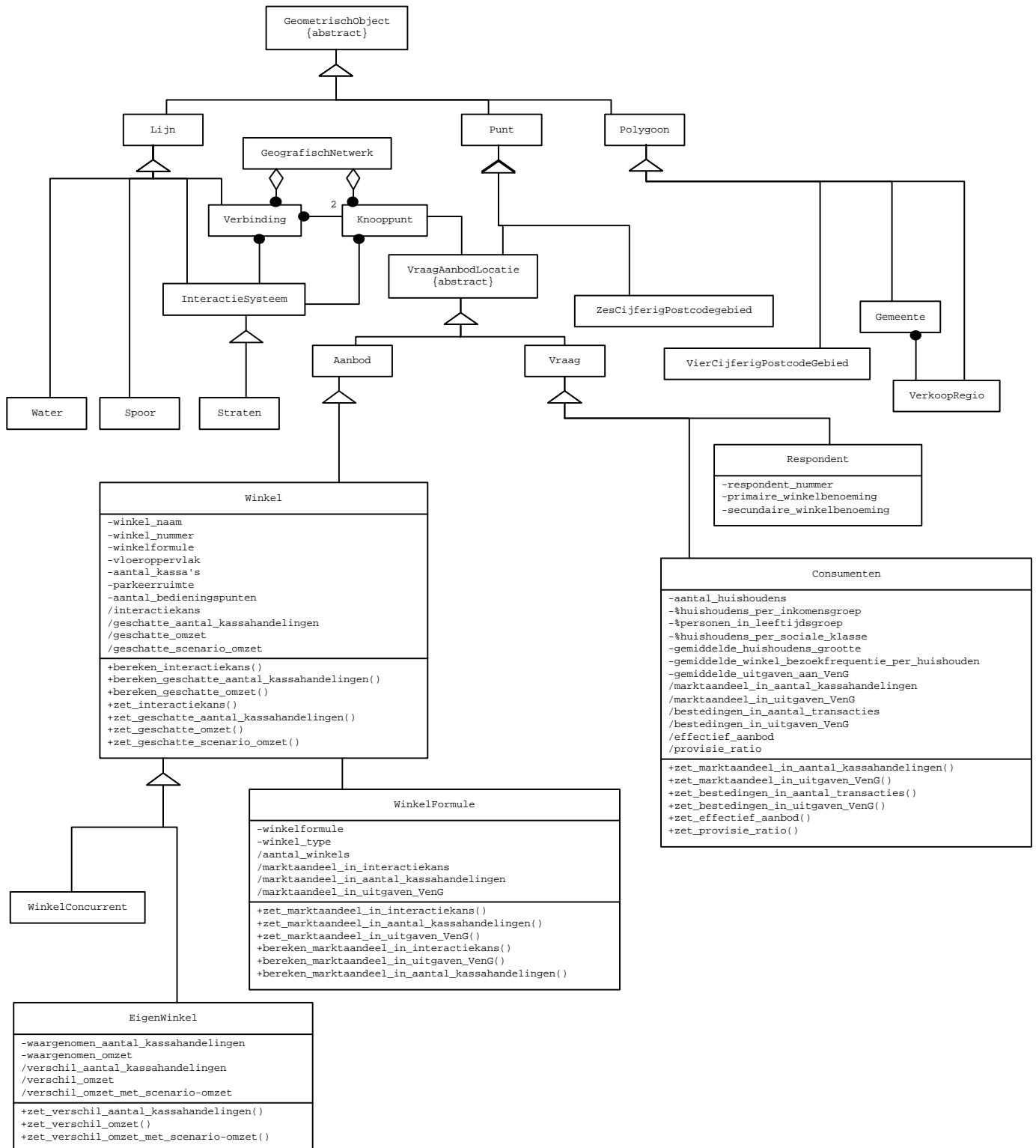
In de paragrafen 7.4, 7.5 en 7.6 worden respectievelijk de functies voor het werken met marktaandeelmodellen, winkelomzetmodellen en winkelscenario-modellen aan een objectgeoriënteerde analyse onderworpen. De functies voor uni- en bivariate analyse zijn achterwege gelaten; in de beschrijving van de case studie in paragraaf 7.7 worden voorbeelden gegeven van het gebruik van

deze functies. In de volgende subparagraaf wordt het objectmodel van het probleemdomein beschreven.

7.3.2 Analyse; objectmodellering probleemdomein 'winkelplanning levensmiddelen-detailhandel'

Op basis van de bovenstaande inventarisatie van het probleemdomein is een klassendiagram ontwikkeld voor winkelplanning in de levensmiddelen-detailhandel, waarbij het werken met marktaandeel-, winkelomzet- en winkelscenario-modellen centraal staat. Negen typen geo-objecten zijn onderscheiden en in een klassendiagram ondergebracht: de winkels, consumenten, respondenten, de verkoopregio en gemeenten, de vier- en zescijferige postcodegebieden en de fysiek-ruimtelijke objecten water, spoor en straten (zie figuur 7.6). De objecten van deze klassen erven de eigenschappen over van ruimtelijke objecten en kunnen daarmee in kaart gebracht worden en via het kaartbeeld als inputgegevens in probleemdomeinmodellen opgenomen worden. Objecten van het type `Winkel` behoren ofwel tot het eigen verkoopkanaal of tot het verkoopkanaal van een concurrent. Twee soorten objecten van het type `Winkel` zijn derhalve onderscheiden: objecten van het type `EigenWinkel` en `WinkelConcurrent`. De eigenschappen van winkels hebben betrekking op winkelkenmerken voor de winkelplanning, zoals de `winkelformule`, `vloeroppervlak`, `aantal_kassa's`, `parkeerruimte` en `aantal_bedienspunten`. Voor de eigen winkelvestigingen zijn de attribuutvariabelen `waargenomen_aantal_kassahandelingen` en `waargenomen_omzet` bekend. Dit zijn van de interactiekans afgeleide winkel-indicatoren, waarmee het mogelijk is voor de eigen winkelvestigingen de kracht van een winkelomzetmodel vast te stellen (zie paragraaf 7.5). Objecten van het type `Respondent` zijn input voor het schatten van marktaandeelmodellen. Twee belangrijke eigenschappen van objecten van het type `Respondent` zijn `primaire_winkelbenoeming` en `secundaire_winkelbenoeming`. Aan de respondenten is - telefonisch - gevraagd de volgende twee vragen te beantwoorden:

1. Bij welke winkel doet u de meeste boodschappen aan voedings- en genotsmiddelen?
 2. Bij welke winkel doet u op één na de meeste boodschappen aan voedings- en genotsmiddelen?
- Beide vragen hebben betrekking op het 'benoemen' van de winkelvestiging waar in de beleving van de respondent de meeste en op één na meeste boodschappen worden gedaan, respectievelijk aangeduid met de `primaire_winkelbenoeming` en `secundaire_winkelbenoeming`. Deze winkelbenoeming wordt in respectievelijk de attribuutvariabelen `primaire_winkelbenoeming` en `secundaire_winkelbenoeming` opgenomen, zijnde een verwijzing naar een object van het type `Winkel` via de attribuutvariabele `winkel_nummer`. Deze respondentgegevens zijn input voor het marktaandeelmodel (zie figuur 7.4). Het marktaandeelmodel berekent de optimale modelparameters behorende bij deze observaties, waarbij de attributen van winkels - de winkelplanningsvariabelen - worden beschouwd op hun relevantie in de winkelkeuze (zie verder paragraaf 7.4). Objecten van het type `Consumenten` representeren de consumentenzones met eigenschappen, die de vraag vanuit de markt bezien naar hoeveelheid en type. De attribuutvariabelen `aantal_huishoudens`, `gemiddelde_huishoudens_grootte`, `gemiddelde_winkel_bezoekfrequentie_per_huishouden` en `gemiddelde_uitgaven_aan_VenG` weerspiegelen deze vraag. De afgeleide attribuutvariabelen of te berekenen attribuutvariabelen van objecten van het type `Consumenten` hebben betrekking op de marktindicatoren, zoals de attributen `marktaandeel_in_uitgaven_VenG`, `bestedingen_in_aantal_transacties`, `effectief_aanbod` en `provisie_ratio` (zie verder paragraaf 7.7.3 en 7.7.4). Het berekenen van de prestatie-indicatoren van winkels en consumenten - en het gebruik ervan in de winkelplanning - vindt plaats via de specificatie van marktaandeel- en winkelomzetmodellen. Voor het werken met deze modellen zijn objecten van het type `RespondentWinkelInteracties` en `ConsumentenWinkelInteracties` van belang (omwille van het overzicht zijn deze klassen niet in figuur 7.6 opgenomen; zie figuur 7.8). Objecten van het type `RespondentWinkelInteracties` zorgen voor het schatten van de modelparameters van het marktaandeelmodel. De respondenten en winkels onderhouden een relatie via de winkelbenoeming en de ruimte. Deze ruimtelijke relatie wordt via het ruimtelijk interactiesysteem geoperationaliseerd en via objecten van het type `RespondentWinkelInteracties` gerepresenteerd (zie paragraaf 7.4.3). Objecten van het type `ConsumentenWinkelInteracties` worden gecreëerd voor het berekenen van prestatie-indicatoren; zowel winkel- als marktindicatoren. Objecten van deze klasse zorgen ervoor, dat totale interactiekans tussen iedere consumentzone en iedere winkel wordt bepaald op basis van de input uit het marktaandeelmodel. Ook de van de interactiekans afgeleide winkelindicatoren, zoals de attribuutvariabelen `interactiekans`, `geschatte_aantal_kassahandelingen` en `geschatte_omzet` worden door deze klasse bepaald.



Figuur 7.6 Klassendiagram probleem domein 'winkelpanning levensmiddelenhandel'

7.4 Het marktaandeelmodel

7.4.1 Operationalisatie marktaandeelmodel

Uitgangspunt voor het winkelkeuzemodel is de hiërarchische keuze, die door de consumenten wordt gemaakt. Het individuele keuzeproses wordt beschreven met een hiërarchisch logitmodel (Cramer 1991). Het hiërarchische logitmodel veronderstelt, dat individuen informatie hiërarchisch bezien volgens een recursieve sequentiële beslissingsstructuur. Het model is sequentieel vanwege het feit, dat de keuze op een bepaald niveau in de keuzehiërarchie afhankelijk is van de gemaakte keuze op een hoger niveau van de hiërarchie. Het keuzeproses is recursief, omdat de keuzen tevens afhankelijk zijn van het structurele nut op een lager niveau in de hiërarchie. Het model veronderstelt, dat de hiërarchie bekend is en dat de clusters van keuzemogelijkheden a priori zijn vastgesteld. De alternatieven in het cluster worden vervolgens geëvalueerd. De kans, dat individu i alternatief j kiest gegeven dat hij/zij voor cluster S_i heeft gekozen, is:

$$P_i(j | S_i) = \frac{e^{V_{ij}}}{\sum_{k \in S_i} e^{V_{ik}}} \quad (7.1)$$

waarbij in V_{ij} alleen die attributen worden weergegeven, die niet gelijk zijn voor alle alternatieven $k \in S_i$. Attributen die wel voor alle alternatieven $k \in S_i$ gelijk zijn, worden hierna weergegeven met X' . De kans dat individu i een bepaald cluster S_i kiest is gelijk aan:

$$P_i(S_i) = \frac{e^{V_{it}^*}}{\sum_{u=1}^T e^{V_{iu}^*}} \quad (7.2)$$

waarbij

$$V_{it}^* = \sigma \log \left(\sum_{k \in S_i} e^{V_{ik}} \right) + \sum_r \beta_r \cdot x_{itr} \quad (7.3)$$

en de kans dat individu i alternatief j uit alle aanwezige alternatieven kiest is dan:

$$P_i(j) = P_i(j | S_i) \cdot P_i(S_i) \quad (7.4)$$

De sommatie in (7.3) beschrijft de totale attractiviteit van het cluster aan de hand van de attractiviteit van de afzonderlijke keuzemogelijkheden in het cluster. De parameter σ geeft de mate aan, waarin het individu hiërarchische keuzen maakt; bij $\sigma=1$ worden keuzen niet hiërarchisch gemaakt en is het hiërarchische logitmodel gelijk aan het MNL-model. Indien $0 \leq \sigma < 1$ dan is sprake van een hiërarchische keuzesituatie. Daarmee biedt het hiërarchische logitmodel een oplossing indien keuzen afkomstig zijn uit een hiërarchisch optimalisatieproces. Zoals gesteld, dienen de clusters a priori bekend te zijn. Echter, het vaststellen van clusters van ruimtelijke keuzemogelijkheden, zoals een individu die ervaart, is niet eenvoudig. Individuen op verschillende locaties hebben verschillende percepties van de ruimtelijke verdeling van keuzemogelijkheden en de wijze waarop deze alternatieven in clusters zijn opgenomen. Daarmee vormt het vaststellen van de set van clusters voor het modelleren van een hiërarchisch ruimtelijk keuzeproses een gevoelige component in het toepassen van het hiërarchische logitmodel. Zoals gesteld, wordt er verondersteld dat een consument een hiërarchisch keuzeproses doorloopt, waarbij allereerst een keuze wordt gemaakt voor een winkeltype t , $t = 1$,

..., T (bijvoorbeeld: Kwaliteit, Discount en Overig, met $T = 3$), waarna vervolgens binnen de verzameling S_i van winkelvestigingen van winkeltype t een winkel $j \in S_i$ wordt gekozen. De verzamelingen S_1, \dots, S_T delen de verzameling winkelvestigingen S op in T disjuncte groepen. t_j geeft het type van winkelvestiging j weer. Het hiërarchisch logitmodel veronderstelt een indeling van de aanwezige keuzemogelijkheden (winkelvestigingen) in relatief homogene clusters of groepen, die op basis van winkeltype is bepaald. Keuzen binnen één type concurreren sterker met elkaar dan met keuzen van andere typen (substitutie is beter mogelijk). Zoals in hoofdstuk 2 al is aangegeven, brengt de toepassing van niet-ruimtelijke discrete keuzebenadering op ruimtelijke keuzen enkele specifieke aspecten en problemen met zich mee. Aan een relevant geachte variant van het MNL-model, waarin een hiërarchisch keuzeprocess wordt beschreven en de IIA-eigenschap ontbreekt, wordt hier derhalve aandacht besteed. Het winkelkeuzemodel kent drie componenten:

1. een winkeltype-keuze model;
2. een type-attribuut specificatie;
3. een winkelkeuze model per winkeltype.

Component 1 komt overeen met wat in de voorgaande beschrijving de eerste keuzesituatie is genoemd, keuze van een winkeltype; component 3 komt overeen met wat in de informele beschrijving de tweede keuzesituatie is genoemd, keuze van een winkelvestiging van dat winkeltype. Component 2 is nodig om bij het winkeltype-keuze model (component 1) rekening te kunnen houden met de aanwezigheid/bereikbaarheid van afzonderlijke winkelvestigingen van een gegeven winkeltype.

Bij het vaststellen van de waargenomen winkelkeuze van consumenten is gevraagd wat hun primaire en hun secundaire winkelvestiging is. Winkelbezoek werd aldus door de consumenten benoemd. Wegens dit feit is het hier beschouwde model geïndexeerd met een winkelbenoeming b , $b =$ primair, secundair, of eventueel tertiair (overig winkelbezoek). De componenten 1 en 3 specificeren een kansverdeling, $P_i^b [S_i]$, de kans dat consument i ($i = 1, \dots, N$ waarbij N het aantal waargenomen consumenten is) een winkelvestiging van type t kiest voor winkelbenoeming b , en $P_i^b [\{j\} * S_i]$, de kans dat consument i een winkelvestiging j kiest voor winkelbenoeming b , geconditioneerd op de gebeurtenis dat de consument een winkelvestiging van type t heeft gekozen voor winkelbenoeming b , waarbij $j \in S_i$. De kans dat consument i winkelvestiging j kiest voor winkelbenoeming b , $P_i^b [\{j\}]$, is uiteraard het product van $P_i^b [S_i]$ en $P_i^b [\{j\} * S_i]$.

Component 1 winkelkeuze

De kans dat consument i een winkelvestiging van type t kiest voor winkelbenoeming b , wordt gemodelleerd als:

$$P_i^b [S_i; \theta^b, \sigma^b] := \frac{\exp(\theta^b \cdot W_{it} + \sigma^b \cdot A_{it}^b)}{\sum_{u=1}^T \exp(\theta^b \cdot W_{iu} + \sigma^b \cdot A_{iu}^b)} \tag{7.5}$$

waarbij W_{it} een vector is bevattende één of meerdere type-attributen voor de keuze door consument i van een winkelvestiging van type t , ongeacht de winkelbenoeming. θ^b is een vector van modelparameters, die het belang van de afzonderlijke type-attributen van de winkeltypes weergeven. A_{it}^b geeft het resultaat weer van component 2. De modelparameter σ^b bepaalt de mate waarin deze A_{it}^b in de eerste keuzestap een rol speelt. De gekozen type-attributen kunnen zijn (voorbeeldgevend; ook niet dummy variabelen zijn hier welkom):

- W_{i1} : 1 als $t=1$, anders 0, de constante voor type 1.
- W_{i2} : 2 als $t=2$, anders 0, de constante voor type 2.
- W_{i3} : 3 als $t=3$, anders 0, de constante voor type 3.
- W_{i4} : 1 als de consument een hoog inkomen heeft en het winkeltype is Kwaliteit, anders 0.

$\theta_1^b \dots \theta_T^b$ zijn de parameters voor de attractiviteit van winkelvestigingen van type $1..T$ voor winkelbenoeming b bij gelijke type-attributen voor alle winkeltypen. Aangezien $P_i^b [S] = 1$, kan één parameter per winkelbenoeming b als constant worden beschouwd. Neem daarom aan dat $\theta_1^b = 0$.

Component 2 winkelkeuze

A_{it}^b , is een type-attribuut die de bereikbaarheid van winkelvestigingen van type t samenvat. Met bereikbaarheid worden naast ruimtelijke separatie ook andere attribuutkenmerken van 'nabijheid' bedoeld. Deze attribuutkenmerken worden weergegeven met V_{ij}

voor $j \in S_t$. De modelparameter σ^b geeft het belang van A_{it}^b weer. De formulering van A_{it}^b luidt als volgt:

$$A_{it}^b = \log \left[\sum_{k \in S_t} \exp(\beta^b \cdot V_{ik}) \right] \quad (7.6)$$

De parameter σ^b geeft de mate aan, waarin de consument hiërarchische keuzen maakt. Indien $\sigma^b = 1$, dan worden de keuzen niet hiërarchisch gemaakt. Het hiërarchische logitmodel degenerereert dan tot het multinomiale logitmodel. Er is wel sprake van een hiërarchisch keuzeprocess indien $0 \leq \sigma^b < 1$. De uitdrukking $\theta^b \cdot W_{it} + \sigma^b \cdot A_{it}^b$ kan nu worden beschouwd als een type-attractiviteitsmaat voor consument i om een winkelvestiging van type t te kiezen voor winkelbenoeming b .

Component 3 winkelkeuze

$P_i^b[\{j\} * S_t; \beta^b]$ is de kans, gegeven een modelparameter vector β^b , dat consument i winkelvestiging j voor winkelbenoeming b kiest, geconditioneerd op de gebeurtenis dat de consument een winkelvestiging van type t heeft gekozen voor winkelbenoeming b , wordt gemodelleerd als:

$$P_i^b[\{j\} | S_t; \beta^b] = \frac{\exp(\beta^b \cdot V_{ij})}{\sum_{k \in S_t} \exp(\beta^b \cdot V_{ik})} \quad \text{voor } j \in S_t \quad (7.7)$$

waarbij V_{ij} een vector is bevattende één of meerdere winkel-attractiviteitskenmerken voor de keuze door consument i van de winkelvestiging j , waarbij geldt dat:

- β^b = een vector van modelparameters die het belang van de winkelattributen weergeeft voor winkelbenoeming b ,
- $\beta^b \cdot V_{ij}$ = een maat voor de winkelattractiviteit,
- V_{ij1} = het winkelattribuutkenmerk dat de ruimtelijke separatie (reisweerstand) tussen de woonlocatie van consument i en winkelvestiging j weergeeft,
- $V_{ij2..}$ = zijn andere winkelattribuutkenmerken voor de 'nabijheid' van de woonlocatie van consument i en winkelvestiging j .

Voor ieder winkelattribuutvariabele geldt, dat een transformatie wenselijk kan zijn. Een bruikbare transformatie is het nemen van de logaritme, aangezien voor sommige attributen geldt dat aan een hoge waarde teveel gewicht wordt toegekend; een logarit-mische transformatie kan dit effect verminderen.

Calibratie; schatting van de modelparameters

Modelcalibratie - schatting of *parametrisering* - omvat het numeriek bepalen van de waarden van de onbekende parameters in het marktaandeelmodel. Voor deze studie zijn de parameters in het model geschat aan de hand van het waargenomen consumentengedrag⁶, waarbij consumenten is gevraagd naar hun primaire en secundaire winkelvestiging. Het model beschrijft het keuzegedrag

⁶ Bij het vaststellen van de determinante attributen in het winkelkeuzeprocess aan de hand van het waargenomen consumentengedrag wordt verondersteld, dat de werkelijke winkelkeuze van de consument de preferenties van de consument weergeven. Deze veronderstelling is triviaal vanwege het feit dat het werkelijke ruimtelijke keuzegedrag niet altijd de preferenties van de consument weerspiegelt. Empirisch onderzoek heeft uitgewezen, dat waarderings van individuen omtrent de kenmerken van winkelvestigingen tot op zekere hoogte gerelateerd zijn aan het waargenomen keuzegedrag (Timmermans 1981). Deze 'revealed preference' methode vertoont namelijk enkele nadelen. De modelparameters van zijn bepaald aan de hand van het waargenomen gedrag. Dit betekent, dat het belang dat de consument toekent aan een winkelkenmerk bepaald wordt door de aanwezige set van winkels. Indien vervolgens de set van winkelvestigingen wordt uitgebreid, verandert de aanbod-structuur en daarmee de preferentiestructuur van de consument. Om aan dit bezwaar tegemoet te komen wordt de zogenaamde 'stated preference' methode ook wel toegepast (zie Oppewal 1995). Bij deze methode worden de modelparameters geschat op basis van een laboratorium-situatie; de consument kiest uit een sets van a priori samengestelde winkeleigenschappen beschrijven. Deze zogenaamde profielen worden (paarsgewijs of in keuzesets) aan de respondenten voorgelegd en beoordeeld. Hierbij wordt verondersteld, dat het hypothetische keuzegedrag van respondenten een verband vertoont met het werkelijke gedrag. Nadeel van deze methode is het optreden van mogelijke discrepanties tussen de laboratoriumsituatie en het waargenomen gedrag.

van een consumentenpopulatie, indien wordt verondersteld, dat de set van waarnemingen 'at random' uit deze populatie getrokken is. De resultaten voor winkelbenoeming b worden weergegeven door de matrix F^b . $F_{ij}^b = 1$ als de geënquêteerde consument uit zone i winkelvestiging j heeft gekozen voor winkelbenoeming b ; anders geldt: $F_{ij}^b = 0$. Volgens het beschreven model is de *likelihood* dat consument i winkelvestiging j kiest voor winkelbenoeming b :

$$L_{ij}^b(\theta^b, \sigma^b, \beta^b) = P_i^b[S_i; \theta^b, \sigma^b] \cdot P_i^b[\{j\} | S_i; \beta^b] \quad \text{voor } j \in S_i \quad (7.8)$$

De parameters worden geschat volgens het maximum likelihood principe. De parameters dienen zo gekozen te worden, dat de likelihood van de waarnemingen maximaal is. De likelihood van de waarnemingen wordt bepaald door het product van de likelihoods van de afzonderlijke waarnemingen.

$$L^b(\theta^b, \sigma^b, \beta^b) = \prod_{i,j} L_{ij}^b(\theta^b, \sigma^b, \beta^b)^{F_{ij}^b} \quad (7.9)$$

en uit het invullen van vergelijkingen (7.5), (7.6), (7.7), (7.8) in vergelijking (7.9) volgt:

$$\begin{aligned} \log L^b(\theta^b, \sigma^b, \beta^b) &= \sum_{i,j} F_{ij}^b \cdot \log L_{ij}^b(\theta^b, \sigma^b, \beta^b) = \\ &= \sum_{i,j} F_{ij}^b \cdot \left(\theta^b \cdot W_{ij} + (\sigma^b - 1) \cdot \log \sum_{k \in S_i} \exp(\beta^b \cdot V_{ik}) + \beta^b \cdot V_{ij} - \log \sum_u \exp \left[\theta^b \cdot W_{iu} + \sigma^b \cdot \log \sum_{j \in S_u} \exp(\beta^b \cdot V_{ij}) \right] \right) \end{aligned} \quad (7.10)$$

De iteratieprocedure of het schattingsalgoritme voor het vinden van de parameters, die de maximale likelihood geven, wordt gevonden door het stellen van de First Order Condition (FOC) volgens welk de afgeleiden gelijk aan nul dienen te zijn. Het maximum wordt niet gezocht van de likelihood functie $L(\cdot)$, maar van de functie $\log L(\cdot)$, aangezien dit rekenkundig eenvoudiger is en beide functies dezelfde optima kennen. Een iteratieve zoekprocedure is daarvoor benodigd. De iteratieve zoekprocedure, die is toegepast, is afgeleid van de Newton-Raphson methode (Batty en Mackie 1972; Fotheringham en O'Kelly 1989).

Toetsen van hypothesen over de parameters en modelspecificatie

Omtrent de modelspecificatie en de waarden van de parameters kunnen hypothesen geformuleerd en getoetst worden. Daarnaast is een derde toets mogelijk waarbij de statistische significantietest wordt uitgevoerd van de verschillen tussen voorspelling en observaties (zie paragraaf 7.5.1). De significantie van een variabele wordt getoetst door middel van de nulhypothese, dat de bij de variabele behorende parameter gelijk is aan nul. Deze toets wordt uitgevoerd door voor iedere modelvariabele de *standaard-fout* en *t-waarde* te bepalen. Op eenzelfde wijze wordt getoetst of het hiërarchisch logitmodel significant beter is dan een enkelvoudig multinomiaal logitmodel; de nulhypothese van niet-significantie is dan dat $\sigma^b = 1$. Het is ook mogelijk meerdere restricties in samenhang te toetsen. Het zoeken naar het meest geschikte model betekent dat verschillende modelspecificaties getest en vergeleken dienen te worden. De hypothesen kunnen worden getoetst met de Likelihood Ratio Statistic, de Likelihood Ratio Index, de Wald-test en de Lagrange multiplier-test⁷ (Cramer 1989). De *Likelihood Ratio Statistic* (kortweg LRS) is hier uitgewerkt. Uitgangspunt is dat een nulhypothese een restrictie op de parameter ruimte oplegt, dus $H_0: \theta \in \Theta^0$, terwijl $H_1: \theta \in \Theta^1$, met Θ^0 is een deelverzameling van Θ^1 , waarbij θ is de samengestelde parameter, bestaande uit het cartesiaans product van de vectoren θ^b , β^b , en de scalar σ^b , waarbij de index b voor de winkelbenoeming wordt weggelaten. De ongerestricteerde schatting van de parameters is θ_u , de gerestricteerde schatting van de parameter is θ_r .

Voor het vaststellen van de significantie van de modelparameters is de likelihood vastgesteld. De likelihood is een belangrijke maat voor het toetsen van hypothesen. Met behulp van de Likelihood Ratio Statistic zijn 'restricted' en 'unrestricted' modelspecificaties vergeleken. De LRS bepaalt of de restrictie-hypothese kan worden verworpen.

Als H_0 juist is en dus $\theta \in \Theta^0$, dan zal men het ongerestricteerde maximum $L(\theta_u)$ dicht bij het gerestricteerde maximum vinden.

⁷ Asymptotisch zijn deze testen gelijk; bij minder dan oneindig waarnemingen zijn er wel enige verschillen (Cramer 1989).

Beschouw daarom:

$$\lambda = \frac{L(\theta_r)}{L(\theta_u)} \quad (7.11)$$

Er geldt altijd: $0 < \lambda \leq 1$, aangezien $L(\theta_r) \leq L(\theta_u)$, edoch beide positief. Beschouw nu de Likelihood Ratio Statistic:

$$\mathbf{LRS} = -2 \log \lambda = 2(\log L(\theta_u) - \log L(\theta_r)) \quad (7.12)$$

Onder H_0 is **LRS** asymptotisch Chi-square r verdeeld, met r het aantal vrijheidsgraden van het ongerestricteerde model ten opzichte van het gerestricteerde model. H_0 kan worden verworpen als **LRS** buiten een 95% betrouwbaarheidsinterval valt, wat het geval is als **LRS** > 3.84 voor $r = 1$. Een hogere likelihood impliceert dat de modelspecificatie beter aansluit bij de waarnemingen en derhalve een beter model geeft. De likelihood van twee modelspecificaties kan slechts vergeleken worden, indien de likelihood gebaseerd is op dezelfde set observaties. De Likelihood Ratio Statistic is gevoelig voor het aantal waarnemingen; naar-mate het aantal waarneming groter is, is de likelihood groter met als gevolg dat de LRS eerder significante verschillen zal geven. Het uitvoeren van meerdere tests - zoals de Likelihood Ratio Index, de Wald-test en Lagrange multiplier-test - wordt derhalve wenselijk geacht (Cramer 1989).

7.4.2 Het gebruik van marktaandeelmodellen

Centraal in de theorie van het consumentengedrag staat, dat het keuze- en beslissingsproces van de consument het resultaat is van de subjectieve afweging van kenmerken van winkelveestigingen. De empirische toetsing van de theorie vraagt derhalve, dat deze kenmerken geïdentificeerd worden. De identificatie betreft het empirisch vaststellen van zowel de objectieve attributen als de waarderingen en het integreren van beide in een totaalscore. Daar waar tot nu toe de theorie en modelspecificatie van het consumentengedrag centraal heeft gestaan, zal deze paragraaf zich richten op enkele methodologische, empirisch-inhoudelijke en praktische aspecten van het winkelkeuzegedrag van consumenten in de levensmiddelenhandel. Deze aspecten zijn vooral gericht op de methodologische, empirische en praktische invulling van het bestuderen en formuleren van een ruimtelijk keuzegedrag (Timmermans 1988):

1. Het vaststellen van gedragsbepalende of determinante winkelattribuutvariabelen;
2. Het vaststellen van de clusters of keuzeset;
3. Het meten van de subjectieve deeloordelen;
4. Het vaststellen van de verbanden tussen subjectieve deeloordelen en objectieve scores van de keuze-alternatieven;
5. Het bepalen van de combinatie- of beslissingsregel;
6. Het bepalen van de functionele relatie tussen totaal-oordelen en vertoond gedrag.

Er worden verschillende meettechnieken en schattingsprocedures gebruikt om de empirische en praktische invulling van de afzonderlijke aspecten te ondersteunen (voor details zie Timmermans 1988). Bij het vaststellen van empirische variabelen speelt de complexiteit van ruimtelijke keuzesituaties een belangrijke rol. Vanzelfsprekend zijn ook de middelen, die ter beschikking staan, van invloed op de invulling van het modelbouwproces. Om te illustreren, dat ten aanzien van deze zes aspecten of fasen in het proces van empirische invulling verschillende dimensies van gevoeligheid en onzekerheid verdisconteerd zijn, wordt hier vanuit eerder opgedane empirische bevindingen een korte beschouwing gegeven van de problematiek rondom het empirisch vaststellen van determinante winkelattribuutvariabelen. De vraag is welke winkelattributen determinant zullen zijn. Een verkenning naar onderzoek op dit terrein levert een eerste indicatie van mogelijke determinante winkelattribuutvariabelen. Lindquist (1974) heeft 19 studies vergeleken, waarin het belang van winkelkenmerken in de winkelkeuze in de levensmiddelenhandel is beschreven. De marktinstrumenten prijs, kwaliteit, assortiment en locatie bleken de meest scorende variabelen. Hansen en Deutcher (1977)

bestudeerden in het verlengde van de studie van Linquist 41 attributen van supermarkten. Deze studies geven een overzicht van de verscheidenheid aan winkelattributen in het winkelkeuzegedrag. In het verlengde van deze studies uit 1974 en 1977 is een aantal recentere studies gezien op de significantie van winkelkenmerken in het proces van de winkelkeuze door consumenten. Hierbij zijn gemakshalve een viertal typen instrumentele variabelen onderscheiden: winkelimage, layout of inrichting van de winkel, locatie en serviceniveau. In figuur 7.7 zijn de significante variabelen van deze studies naar winkelkeuze-gedrag in de levensmiddelenbranche

weergegeven⁸. De instrumentele variabelen⁹ prijs, kwaliteit, assortiment en afstand spelen een belangrijke rol in het winkelkeuze-gedrag. Prijs maakt hier deel uit van de variabele image en is samen met kwaliteit en assortiment evident voor de winkelkeuze. De algemene layout van de winkelvestiging heeft betrekking op de winkelgrootte, het aantal kassa's, het aantal gangpaden en de algemene inrichting. Met name het vloeroppervlak en het aantal kassa's is meerdere malen significant bevonden. De locatie als instrumentele variabele komt in deze studies tot uiting door het belang, dat consumenten hechten aan afstand en reistijd naar de winkel. Deze ruimtelijke separatie speelt meerdere malen een belangrijke rol in het keuzegedrag. Ten slotte is in een aantal studies het serviceniveau meegenomen in de vorm van betalingsmogelijkheden, het retourneren van artikelen en openingsuren. Naast verschillen in significantie van instrumentele variabelen signaleren deze studies variatie in het winkelkeuzegedrag van ruimtelijke, temporele en sociaal-economische aard. Hubbard (1978) geeft een overzicht van empirische bevindingen ten aanzien van deze dimensies en signaleert overeenkomsten, maar ook tegenstrijdigheden. Het beschrijven van het winkelkeuzegedrag van consumenten in de levensmiddelenhandel is een

Planningsvariabele	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Totaal
Assortiment						X		X		X	3
- vlees			X					X		X	3
- delicatessen										X	1
Prijs					X	X		X	X	X	5
Kwaliteit algemeen		X			X	X				X	4
Image algemeen	X										1
Sfeer								X			1
TOTAAL WINKELIMAGE											18
Vloeroppervlak	X			X			X				3
Kassa's				X						X	2
Inrichting			X								1
Aantal gangpaden				X						X	2
TOTAAL LAYOUT											8
Locatie algemeen			X								1
Locatie kruispunt					X						1
Afstand/reistijd	X	X			X	X	X				5
Ervaren reistijd			X						X		2
Parkeerplaatsen					X					X	2
Nabijheid andere winkels		X									1
TOTAAL LOCATIE											12
Service algemeen				X			X				2
Credit card betaling				X							1
Cheque betaling										X	1
Snelle kassabediening							X				1
Openingsuren										X	1
Terugnemen van artikelen		X									1
TOTAAL SERVICENIVEAU											7

x = variabele significant in winkelkeuzemodel

1 = Stanley and Sewall (1978), 2 = Recker en Kostyniuk (1978), 3 = Gensch en Recker (1979), 4 = Jain en Mahajan (1979), 5 = Schuler (1979), 6 = Verhallen en De Nooij (1982), 7 = Ghosh en McLafferty (1982), 8 = Arnold, Oum en Tigert (1983), 9 = Van Goor (1984), 10 = Louviere en Gaeth (1987)

Figuur 7.7 Significantie van winkelattribuutvariabelen

⁸ Het vaststellen van de determinante variabelen is in deze studies op uiteenlopende wijze geschied. Er is gebruik gemaakt van het Huff-model (Stanley en Sewall 1978), het MNL-model (Recker en Kostyniuk 1978; Gensch en Recker 1979; Arnold *et al.* 1983), het MCI-model (Jain en Mahajan 1979; Ghosh en McLafferty 1982), conjoint measurement (Schuler 1979; Verhallen en De Nooij 1982) en van regressieanalyse (Louviere en Gaeth 1987).

⁹ Eén van de geformuleerde eisen aan het marktaandeelmodel is, dat de effecten van mogelijke planningsmaatregelen door te rekenen zijn. Dit betekent, dat planningsvariabelen - de marktinstrumenten, die de detaillist kan aanwenden om de consumentenstromen te beïnvloeden - in het model opgenomen worden. In het algemeen heeft de detaillist de beschikking over een tweetal typen planningsvariabelen: variabelen, die voor de detaillist beheersbaar zijn (instrumentele variabelen) en variabelen, die voor de detaillist niet beheersbaar zijn (omgevingsvariabelen). Assortiment, reclame, bediening, eigen merken, prijs en de locatie zijn voorbeelden van instrumentele variabelen, waarmee de detaillist de attractiviteit van een winkelvestiging kan bepalen (Van Goor 1984).

multidimensionele exercitie, die context- en situatiespecifiek genoemd kan worden.

Presentatie en analyse; marktgebieden via marktindicatoren

Het proces van modelontwikkeling houdt niet op bij het schatten van de parameters in het marktaandeelmodel. De modelspecificatie van een marktaandeelmodel wordt bewaard als attribuutvariabele van de herkomstbestemmingsmatrix. Voor de consumentenzones kunnen op basis van de berekende interactiekansen enkele marktindicatoren worden berekend (naar Birkin *et al.* 1996). Deze indicatoren geven inzicht in de mate van (over- en onder)verzorging; weergave in kaartbeeld van deze marktindicatoren geeft inzicht in de marktgebieden van de eigen winkelvevestigingen. De indicator voor het *marktaandeel* ofwel de *marktpenetratie* luidt:

$$MP_i^{b f} = \sum_{j=1}^n P_{ij}^{b f} \quad (7.13)$$

waarbij,

$MP_i^{b f}$ = de marktpenetratie in consumentenzone i voor winkelformule f en winkelbenoeming b

$P_{ij}^{b f}$ = kans, dat consumentenzone i winkel j van winkelformule f bezoekt voor winkelbenoeming b

Deze indicator wordt op basis van de interactiekansen per winkelformule berekend en in kaart gebracht. Het kaartbeeld geeft de marktgebieden aan op verschillende geografische schaalniveaus voor de betreffende winkelformule, hetgeen interessante ruimtelijke inzichten kan opleveren. Naast de indicator voor marktpenetratie is de afgeleide marktindicatoren van het *effectieve aanbod* bepaald:

$$EA_i^b = \sum_{j=1}^k A_j \cdot P_{ij}^b \quad (7.14)$$

waarbij,

EA_i^b = het effectief aanbod in consumentenzone i voor winkelbenoeming b

A_j = de attractiviteit of omvang van winkelvevestiging j

P_{ij}^b = kans, dat consumentenzone i winkel j bezoekt voor winkelbenoeming b

Het effectieve aanbod is een marktindicator, die de omvang van de winkel relateert aan de marktpenetratie. Daarmee geeft deze indicator inzicht in de mate waarin de omvang van de winkelvevestiging wordt verdeeld over de vraag. Indien deze indicator wordt genormaliseerd op de omvang van de markt c.q. het aantal huishoudens in de consumentenzone ontstaat de indicator *provisie ratio*:

$$PR_i^b = \frac{EA_i^b}{H_i} \quad (7.15)$$

waarbij,

PR_i^b = provisie ratio in consumentenzone i voor winkelbenoeming b

EA_i^b = het effectief aanbod in consumentenzone i voor winkelbenoeming b

H_i = aantal huishoudens in consumentenzone i

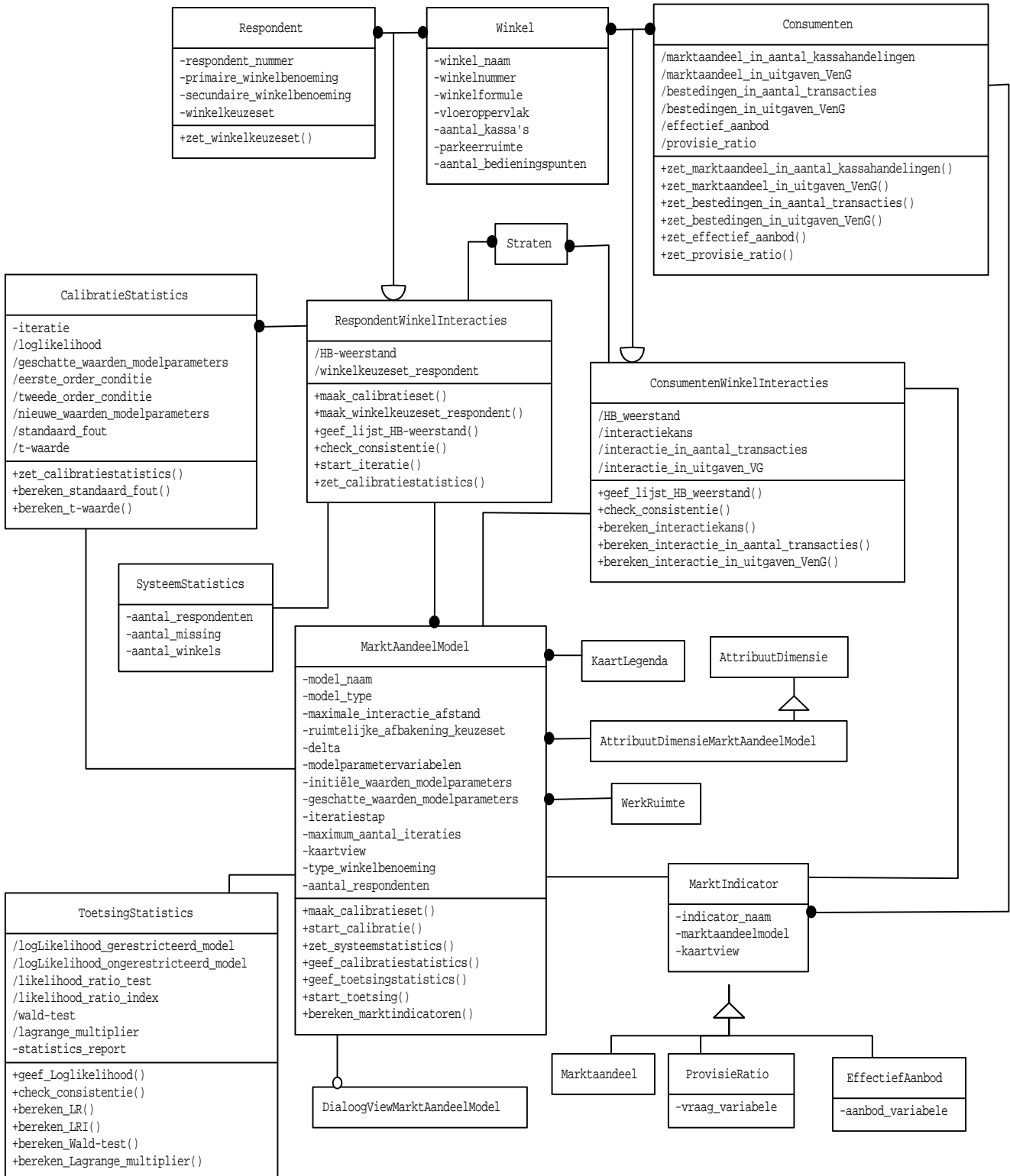
De provisie ratio geeft inzicht in de mate van onder- en overaanbod; met name een lage provisie ratio signaleert een onderaanbod en daarmee potentiële marktgebieden.

7.4.3 Analyse; objectmodellering marktaandeelmodel

De modelcomponenten voor het marktaandeelmodel zijn in onderlinge samenhang in figuur 7.8. weergegeven. De klasse `MarktAandeelModel` heeft diverse attribuutvariabelen, waaronder de - door de gebruiker te specificeren of te kiezen - `model_naam`, `model_type`, `maximale_interactie_afstand`, `ruimtelijke_afbakening_keuzeset`, model-parametervariabelen en `type_winkelbenoeming`. Deze eigenschappen worden door de gebruiker ingesteld en zijn nodig om het marktaandeel van winkels te kunnen berekenen. Daarvoor heeft de klasse `MarktAandeelModel` een associatie met twee klassen; de klasse `RespondentWinkelInteracties` en de klasse `ConsumentenWinkelInteracties`. Objecten van het type `RespondentWinkelInteracties` representeren de calibratieset bestaande uit de relevante gegevens over respondenten, hun winkelkeuze en winkelkeuzemogelijkheden en de eigenschappen van de winkels, die nodig zijn voor de calibratie. Deze objecten zorgen ervoor, dat de modelparameters van een marktaandeelmodel worden bepaald en worden opgeslagen in gerelateerde objecten. In het klassendiagram zijn drie klassen weergegeven voor het bewaren van de modelresultaten; de klassen `CalibratieStatistics`, `ToetsingStatistics` en `SysteemStatistics`. Objecten van het type `CalibratieStatistics` bevatten de resultaten van de parameter-sering. Het calibratie-algoritme bepaalt iteratief aan de hand van - door de gebruiker ingestelde - initiële parameterwaarden de geschatte parameterwaarden. Voor iedere iteratie worden de eigenschappen van de parametrisering `loglikelihood`, de `geschatte_waarden_modelparameters`, de `eerste_order_conditie`, de `tweede_order_conditie` en `nieuwe_waarden_modelparameters` opgeslagen in een object van het type `CalibratieStatistics`. De attribuutvariabelen `standaard_fout` en `t-waarde` worden pas berekend indien de waarde van de attribuutvariabele `eerste_order_conditie` gelijk is aan nul. Objecten van het type `ToetsingStatistics` zorgen voor het berekenen van enkele toetsingsmaten; de `likelihood ratio test`, de `likelihood ratio index`, de `Waldtest` en `lagrange multiplier`. Belangrijke verantwoordelijkheid van deze klasse is het controleren of het - door de gebruiker gespecificeerde en gekozen - gerestricteerde en ongerestricteerde model juist is; dat wil zeggen of beide modellen de status van gerestricteerd en ongerestricteerd model kunnen krijgen. De operatie `check_consistentie` voert deze controle uit. Objecten van het type `SysteemStatistics` bevatten algemene attribuutvariabelen, die de aggregate inputgegevens van het markt-aandeelmodel beschrijven, zoals de attribuutvariabelen `aantal_respondenten`, `aantal_missing` en `aantal_winkels`, et cetera.

De klasse `ConsumentenWinkelInteracties` verzorgt het berekenen van marktindicatoren. Deze klasse onderhoudt relaties met de domeinobjecten van het type `Winkel`, `Consumenten` en `Straten`. Op basis van gegevens over deze drie domeinklassen worden de totale interactiestromen van consumenten(zones) naar de individuele winkelvestigingen bepaald. Voor het bepalen van deze interactiestromen wordt een beroep gedaan op de klasse `MarktIndicator`. De klasse `MarktIndicator` verzorgt het opslaan en aanleveren van de - door de gebruiker gespecificeerde - gegevens voor het berekenen van de marktindicatoren. Het berekenen van de marktindicatoren wordt vervolgens verzorgd door de klasse `ConsumentenWinkel-Interacties`. De klasse `MarktIndicator` heeft drie subklassen, die corresponderen met de drie soorten marktindicatoren en hun specifieke eigenschappen. Daarnaast zijn enkele aan het marktaandeelmodel gerelateerde klassen weergegeven in het klassendiagram. De klasse `KaartLegenda` heeft een associatie met de klasse `MarktAandeelModel` vanwege de specificatie van de inputgegevens voor het marktaandeelmodel, die via het kaartbeeld tot stand komt. De gebruiker geeft namelijk via het kaartbeeld aan welke inputgegevens voor de modelberekeningen gebruikt moeten worden. Ieder marktaandeelmodel is derhalve aan een kaartbeeld gekoppeld, waarin winkels, respondenten, consumenten en interactiesysteem zijn opgenomen. Op deze wijze is het mogelijk om via geografische selecties de modelontwikkeling een exploratief-geografisch karakter te geven (zie verder paragraaf 7.7).

De associatie van de klasse `MarktAandeelModel` met de klasse `WerkRuimte` geeft aan, dat een object van het type `MarktAandeelModel` persistent bewaard wordt en opvraagbaar is via het object van het type `WerkRuimte`. De associatie met de klasse `DialogViewMarktAandeelModel` geeft aan, dat het object van het type `MarktAandeelModel` gegevens bevat, die via een specifiek dialoogvenster door de gebruiker ingesteld kunnen worden.



Figuur 7.8 Klassendiagram markttaandeelmodel

7.4.4 Analyse; dynamische modellering marktaandeelmodel

Voor het werken met marktaandeelmodellen in SALES gaat het om use cases voor het toevoegen van een nieuw marktaandeelmodel, het weergeven en afdrukken van (een overzichtlijst) van bestaande marktaandeelmodellen, het verwijderen van een bestaand marktaandeelmodel en het wijzigen van een bestaand marktaandeelmodel (zie paragraaf 6.4). Voor ieder scenario zijn normale en diverse exceptionele scenario's ontwikkeld. In figuur 7.9 is het dialoogformaat voor de functie 'Toevoegen marktaandeelmodel' weergegeven en in figuur 7.10 het normale scenario en het eventtraceringsdiagram. Voor het externe eventstroomdiagram voor het werken met marktaandeelmodellen wordt verwezen naar figuur 6.17. De specifieke invulling van het eventstroomdiagram voor het werken met marktaandeelmodellen betreft de specificatie en keuze van modelparameters en modelvariabelen. Ook voor de toestandsdiagrammen betreffende het werken met marktaandeelmodellen kan verwezen worden naar de meer algemene toestandsdiagrammen, die zijn ontwikkeld voor de centrale modelfuncties (zie paragraaf 6.4.4). Naast de gene-riekie functies voor het confirmeren en annuleren en de meta-informatie zijn drie specifieke functies aanwezig:

1. de functie 'Start calibratie' voor het schatten en toetsen van de modelparameters;
2. de functie 'Start toetsing' voor het toetsen van het marktaandeelmodel;
3. de functie 'Bereken marktindicatoren' voor het specificeren van marktindicatoren.

dialoog-
formaat

Calibratie modelparameters

	Aan/Uit	Initiële waarde	Geschatte waarde	Eerste Order	Tweede Order
Kwaliteit	Aan	1	0.84	0	287.0408071
Prijs	Aan	1	0.69	0	356.7092762
Sigma	Aan	1	0.70	0	889.9068362
Afstand	Aan	-2	-2.26	0	711.2247841
Kassa	Aan	1	-0.35	0	4373.5874321
Vloeroppervlak	Aan	1	0.67	0	40.9257645
Parkeren	Aan	1	-0.39	0	1880.3108587
Bediening	Uit				

Toetsing modelparameters

	Standaard fout	T-Waarde
Kwaliteit	0.05902395	14.8768872
Prijs	0.05294718	13.0812559
Sigma	0.03352183	8.8717137
Afstand	0.03749700	-60.2790622
Kassa	0.01512102	-23.1223363
Vloeroppervlak	0.01592945	42.1095499
Parkeren	0.02306138	-16.8353403
Bediening		

Figuur 7.9 Dialoogformaat voor de functie 'Toevoegen marktaandeelmodel'

Normaal extern scenario 1: Toevoegen marktaandeelmodel

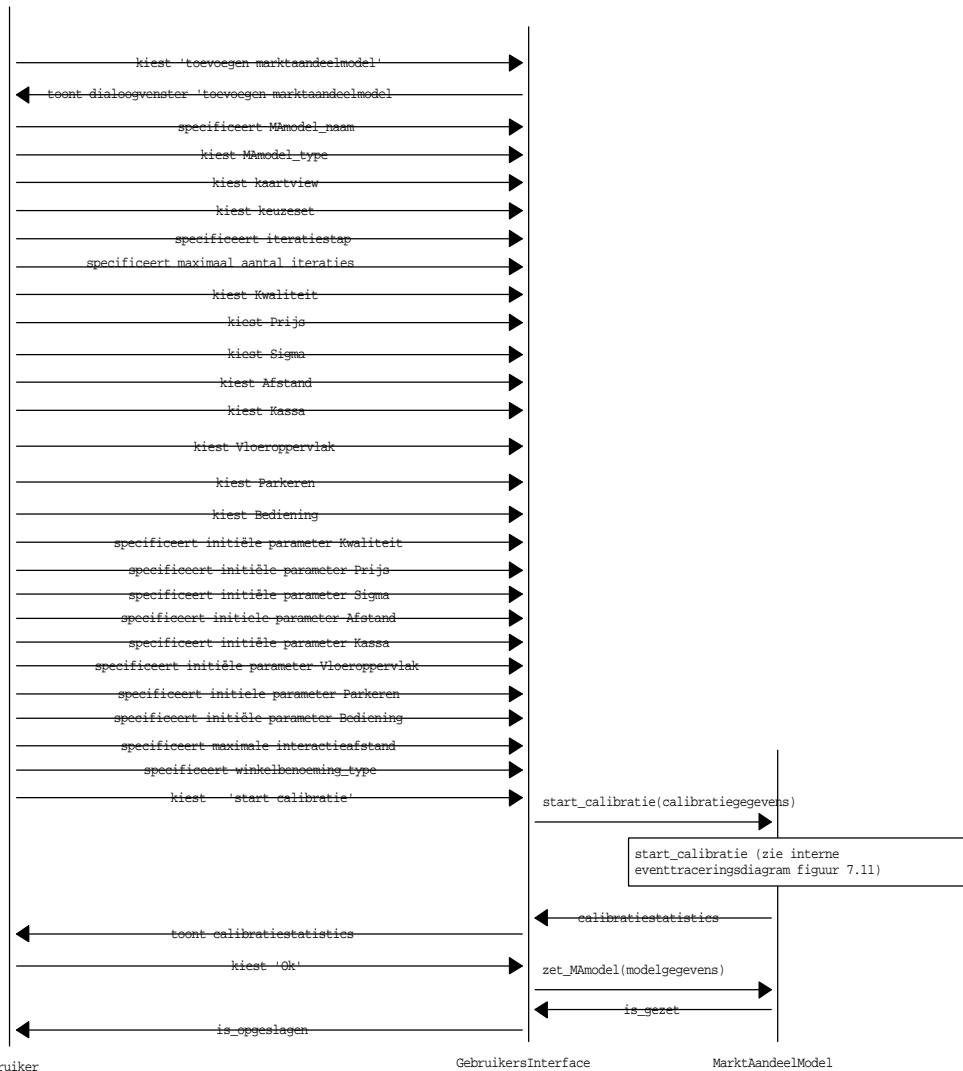
```

Gebruiker wil marktaandeelmodel toevoegen
Systeem toont dialogvenster 'toevoegen marktaandeelmodel'
  Gebruiker specificeert naam marktaandeelmodel
  Gebruiker kiest type marktaandeelmodel
  Gebruiker kiest kaartview
  Gebruiker kiest keuzeset
  Gebruiker specificeert iteratiestap
  Gebruiker specificeert maximaal aantal iteraties
  Gebruiker kiest parameter Kwaliteit
  Gebruiker kiest parameter Prijs
  Gebruiker kiest parameter Sigma
  Gebruiker kiest parameter Afstand
  Gebruiker kiest parameter Kassa

  Gebruiker kiest parameter Vloeroppervlak
  Gebruiker kiest parameter Bediening
  Gebruiker specificeert initiële parameterwaarde Kwaliteit
  Gebruiker specificeert initiële parameterwaarde Prijs
  Gebruiker specificeert initiële parameterwaarde Sigma
  Gebruiker specificeert initiële parameterwaarde Afstand
  Gebruiker specificeert initiële parameterwaarde Kassa
  Gebruiker specificeert initiële parameterwaarde Vloeroppervlak
  Gebruiker specificeert initiële parameterwaarde Parkeren
  Gebruiker specificeert initiële parameterwaarde Bediening
  Gebruiker kiest maximale afstand
  Gebruiker kiest type winkelbenoeming
  Gebruiker start calibratie
Marktaandeelmodel is opgeslagen
    
```

extern scenario

extern event-traceringsdiagram



Figuur 7.10 Extern scenario en eventtraceringsdiagram voor de functie 'Toevoegen marktaandeelmodel'

Schatting en toetsing modelparameters

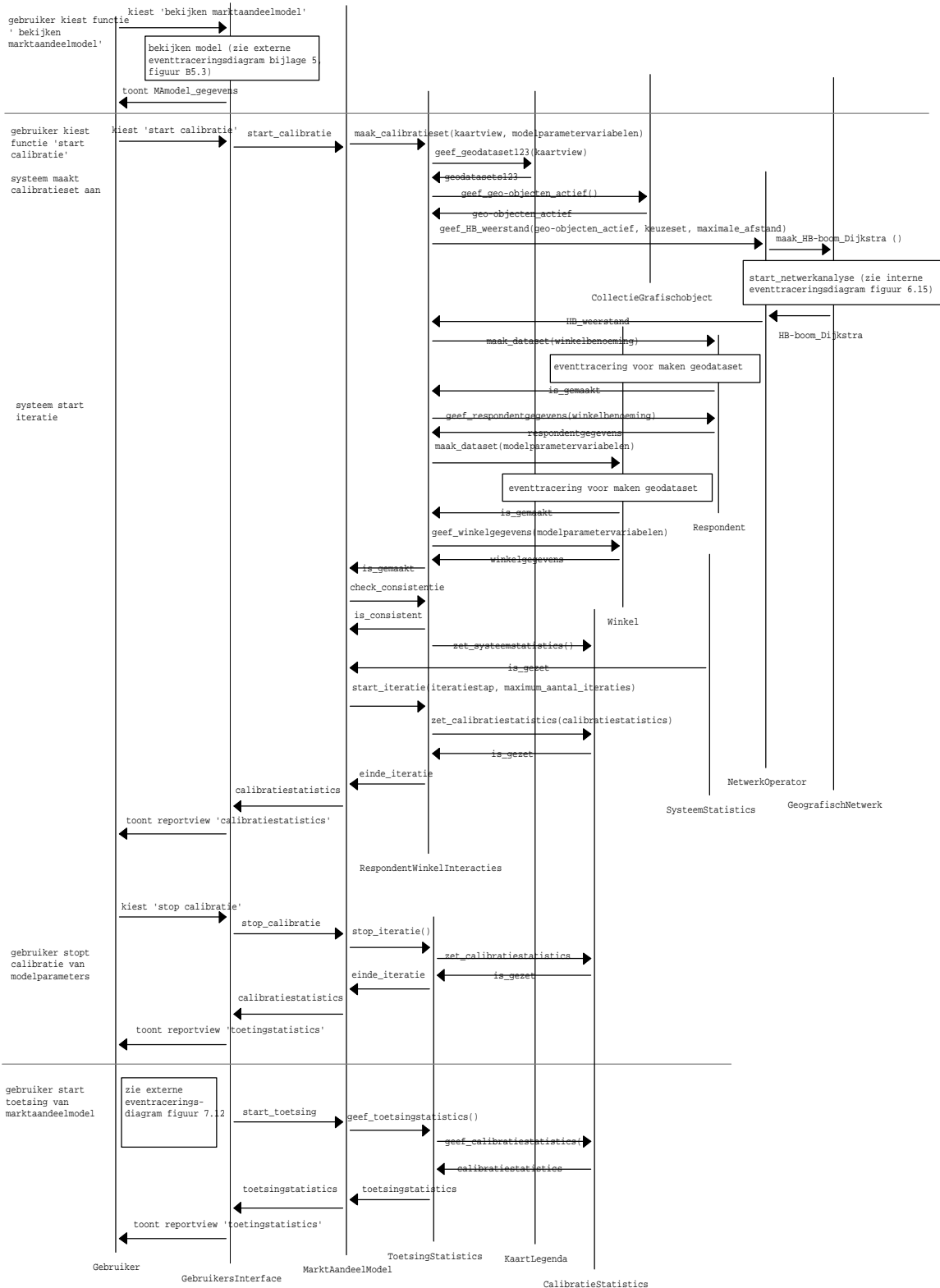
Het schatten van de modelparameters vindt via de Newton-Rapsonmethode plaats. In een aantal iteraties worden optimale parameterwaarden gezocht op basis van principe van de maximale aannemelijkheid. Nadat de gebruiker het marktaandeelmodel heeft gespecificeerd wordt de calibratie gestart via het activeren van de functie 'Start calibratie'. Met de operatie `start_iteratie` worden de parametrisering gestart en in het dialoogvenster wordt de voortgang van de schattingsprocedure weergegeven. De gebruiker kan de schattingsprocedure interactief volgen en indien gewenst afbreken. Voor iedere iteratie worden de calibratiestatistieken bewaard. Nadat de optimale parameterwaarden zijn gevonden, worden automatisch de modelparameter-statistieken standaardfout en t-waarde bepaald en getoond. Het interne verloop van de schattingsprocedure is in figuur 7.11 in het interne eventtracingsdiagram weergegeven.

Toetsing modelspecificaties

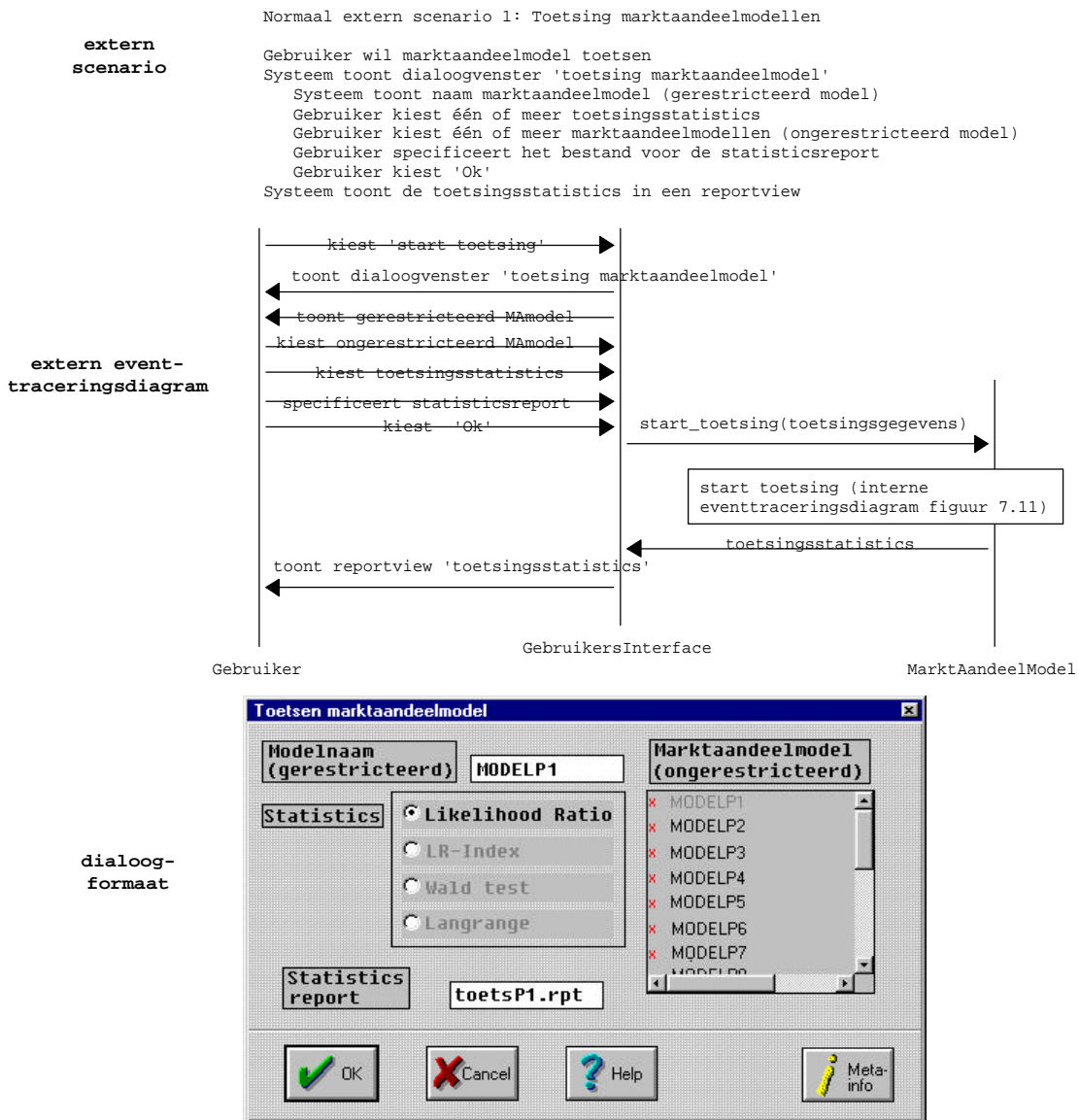
Voor ieder marktaandeelmodel geldt, dat een toetsing met een gelijksoortig marktaandeelmodel plaats moet vinden om de significantie van modelvariabelen te toetsen aan de hand van enkele toetsingsmethoden. Het te toetsen model - het ongerestricteerde model - bevat daarbij dezelfde modelvariabelen als het nulmodel, waarvan één modelvariabele een parameter met waarde nul heeft. Het systeem controleert of aan deze voorwaarde wordt voldaan en geeft de gebruiker eventueel een waarschuwing. Daarnaast vindt een consistentiecheck plaats; de parameters van beide modellen dienen op basis van de zelfde set van observaties geschat te zijn. Na het activeren van de functie 'Start toetsing' verschijnt een dialoogvenster voor de toetsing van marktaandeel-modellen. Het normale scenario, het eventtracingsdiagram en dialoogformaat voor de toetsing van de marktaandeelmodellen is in figuur 7.12 weergegeven. De gebruiker kiest het gerestricteerde model, één of meerdere ongerestricteerde modellen en de toetsingstatistic(s). De resultaten van de toetsing worden bewaard in een reportview. In figuur 7.11 is de interne eventtracering van de toetsing van modellen opgenomen.

Berekenen marktindicatoren

Voor het berekenen van marktindicatoren is eveneens gebruikersinteractie nodig. De gebruikersfunctie 'berekenen van marktindicatoren' bestaat uit een drietal gebruikersopties; de gebruiker zal het marktaandeelmodel, de marktindicatoren en de resultaten moeten specificeren. Voor het berekenen van de marktindicatoren effectief aanbod en provisie ratio dient de gebruiker aan het systeem door te geven welke (attractie)variabelen van consumentenzones als inputvariabelen voor de marktindicatoren gelden. In figuur 7.13 is het scenario, de externe eventtracering en het dialoogformaat weergegeven (in figuur 7.14 is de interne eventtracering opgenomen voor het berekenen van marktindicatoren).



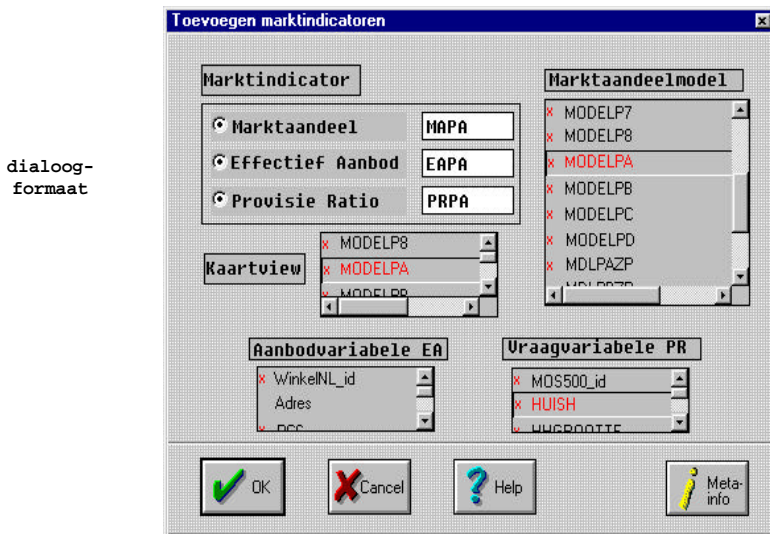
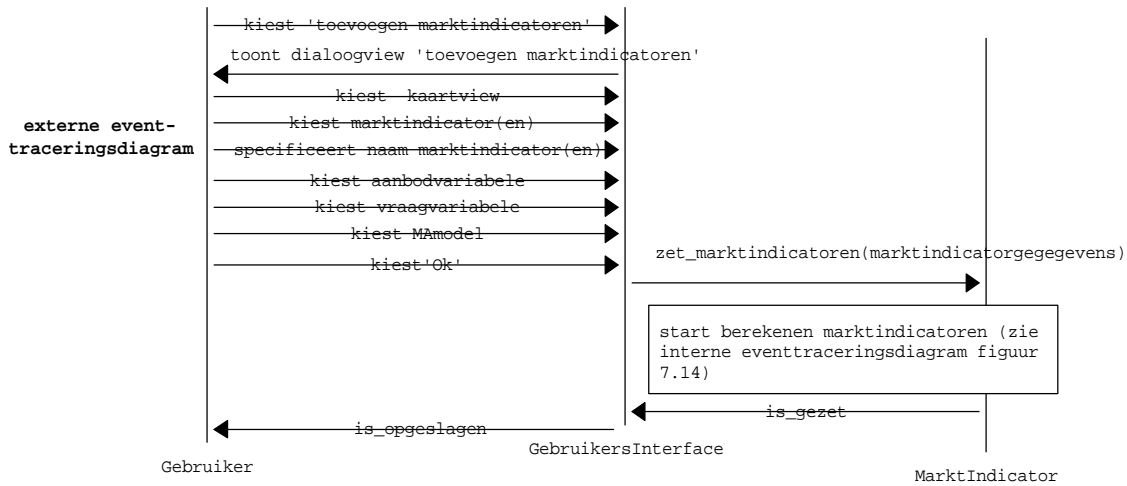
Figuur 7.11 Interne eventtracingsdiagram voor het berekenen van modelparameters



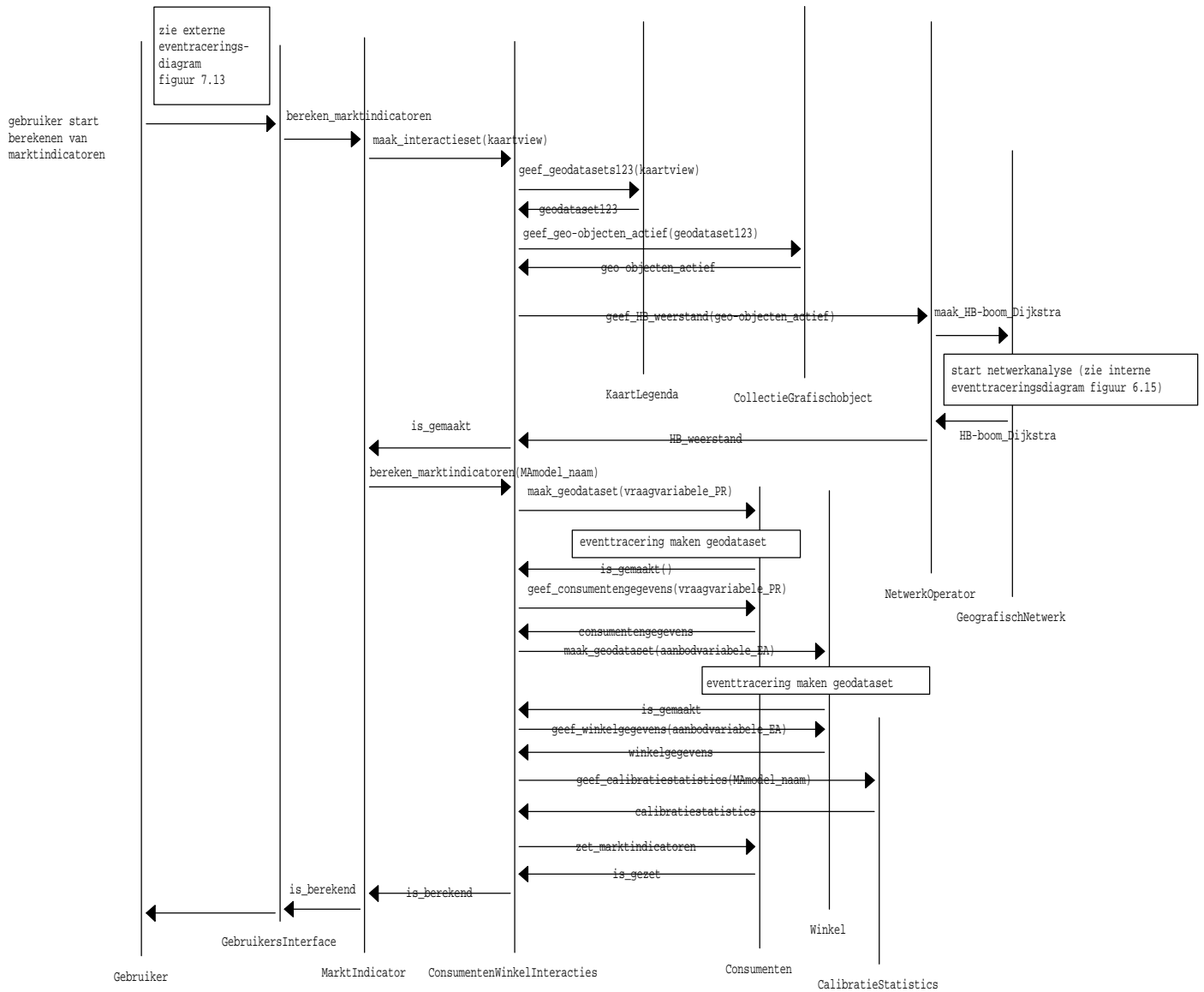
Figuur 7.12 Scenario, eventtracering en dialoogformaat voor de functie 'Start toetsing'

Normaal extern scenario 1: Toevoegen Marktindicatoren

extern scenario
 Gebruiker wil marktindicatoren toevoegen
 Systeem toont dialoogview 'toevoegen marktindicatoren'
 Gebruiker kiest kaartview
 Gebruiker kiest marktindicator(en)
 Gebruiker specificeert naam marktindicator(en)
 Gebruiker kiest aanbodvariabele voor Effectief Aanbod
 Gebruiker kiest vraagvariabele voor Provisie Ratio
 Gebruiker kiest marktaandeelmodel
 Gebruiker kiest 'Ok'
 Marktindicatoren zijn opgeslagen



Figuur 7.13 Scenario, eventtracing en dialoogformaat voor de functie 'Toevoegen marktindicatoren'



Figuur 7.14 Interne eventtracering voor het berekenen van marktindicatoren

7.5 Het winkelomzetmodel

7.5.1 Operationalisatie winkelomzetmodel

Het winkelomzetmodel bepaalt de gemiddelde bestedingen aan voedings- en genotsmiddelen van de consumenten per afzonderlijke winkelvestiging per tijdseenheid (week, maand). Het is evenwel van belang hierbij een theoretisch en/of conceptueel kader te hanteren. Zo kan voor het bepalen van een model voor aggregate consumentenbestedingen ook een beroep worden gedaan op de klassieke economische nutstheorie (Wierenga en Van Raaij 1987). Volgens de klassieke nutstheorie zal de consument - na de afweging welk deel van het inkomen geconsumeerd wordt - de uitgaven verdelen over het pakket producten, dat hem/haar het meeste nut verschaft. Als beperkende factoren wordt de relatie tussen de prijs van het product en de omvang van inkomen in een

vraagfunctie-per-product (door de gevraagde hoeveelheid) weergegeven. Daarmee wordt de prijs- en inkomenselasticiteit van het product vastgesteld. De theorie wordt aangewend om de invloed van veranderingen in inkomens en prijzen op het aankoopgedrag van consumenten vast te stellen¹⁰. Voor het winkelomzetmodel in de levensmiddelenetailhandel in onderhavige studie is vooral de relatie tussen inkomen en consumptie van belang. Voor de uitgaven aan levensmiddelen werd in 1857 de Wet van Engel al van kracht (zie Wierenga en Van Raaij 1987); naarmate het inkomen hoger is, wordt relatief minder uitgegeven aan voedings- en genotsmiddelen (inkomenselasticiteit voor levensmiddelen is kleiner dan 1)¹¹. De omvang van bestedingen aan dagelijkse goederen is echter minder persoonsgebonden dan in de economische theorie wordt verondersteld, en meer afhankelijk van het type huishouden (Schutjens 1993). Binnen de economische nutstheorie wordt niet direct gedifferentieerd naar huishoudenskenmerken. In zogenaamde budgetstudies worden de consumentenuitgaven wel nadrukkelijk gedifferentieerd naar huishoudentype. In diverse studies is empirisch vastgesteld, dat bestedingen aan levensmiddelen in grote mate afhankelijk zijn van enkele huishoudenskenmerken (voor een overzicht zie Schutjens 1993): grootte en samenstelling van het huishouden, leeftijd hoofd van het huishouden, (netto) inkomen en de etniciteit. Winkelbestedingen zijn onderhevig aan veranderingen; het bestedingspatroon van consumenten betreffende voedings- en genotsmiddelen fluctueert sterk (CBS 1992). Schutjens (1993) heeft bijvoorbeeld bij het beschrijven van de invloed van huishoudensontwikkelingen in oudere naoorlogse stedelijke wijken op de winkelbestedingen geconstateerd, dat een combinatie van huishoudensspecifiek koopgedrag en huishoudensontwikkelingen grote veranderingen in het draagvlak van winkelvoorzieningen kan veroorzaken. Migratieprocessen, verhuisbeslissingen, sociaal-economische veranderingen en veranderingen in de bevolkingsopbouw zijn daarbij determinant. Een bestedingsmodel dient derhalve de factoren, die bepalend zijn voor de huidige (en verwachten) uitgaven te weerspiegelen. Het is aldus belangrijk te constateren, dat naast de huidige situatie ook de veranderingen, die gaan optreden of verwachtingen daaromtrent, worden verdisconteerd in gegevens over bestedingen aan voedings- en genotsmiddelen. In het winkelomzetmodel worden deze factoren meegenomen. Gezien de complexiteit van het bepalen van winkelbestedingen aan voedings- en genotsmiddelen is het gewenst een omzetmodel te hanteren, waarin de factoren, die een rol spelen in bestedingen zijn opgenomen, zoals ontwikkelingen ten aanzien van leeftijdsopbouw, de huishoudenssamenstelling en de inkomensverdeling. In deze studie is ten aanzien van het bestedingsgedrag van consumenten echter een relatief eenvoudig model gehanteerd; als bestedingsvariabele fungeert het aantal huishoudens per consumentzone en hun bezoekfrequentie. Deze variabele is bepaald door de voor deze studie beschikbare maat voor de winkelomzet; het aantal kassahandelingen per vier weken. De relevante attributen, die in onderhavige studie beschikbaar en geschikt zijn om de koopstromen vanuit de consumentzone naar de winkel te bepalen, zijn: de gemiddelde bestedingen aan voedings- en genotsmiddelen per huishouden, de gemiddelde huishoudensgrootte en het aantal huishoudens in de consumentzone en de gemiddelde bezoekfrequentie. Daarmee wordt - overeenkomstig de bevindingen van Schutjens (1993) - de omvang van de bestedingen aan dagelijkse goederen op het lokale niveau van de wijk ingeschat op basis van het aantal en type huishoudens in plaats van op basis van het aantal inwoners.

Formele specificatie winkelomzetmodel

Het marktaandeelmodel resulteert in een kans per unieke combinatie van consumentzone en winkelvestiging. Voor iedere herkomstbestemmingscombinatie wordt vervolgens de aggregate interactiestroom in aantal huishoudens, kassahandelingen of bestedingen bepaald. De aggregatie per winkelvestiging integreert het marktaandeelmodel en het bestedingsmodel. Tenslotte worden de aggregate interactiestromen voor iedere afzonderlijke winkelvestiging gesommeerd:

$$O_j^b = \sum_{i=1}^r P_{ij}^b \cdot B_i \quad (7.16)$$

¹⁰ Vanzelfsprekend liggen aan de theorie enkele assumpties ten grondslag; de consument is volledig geïnformeerd, de consument kan verschillende combinaties van goederen op hun nut beoordelen, de voorkeuren van verschillende individuen zijn het zelfde.

¹¹ Vanwege het feit dat de inkomenselasticiteit van voedings- en genotsmiddelen kleiner is dan 1, zal bij een daling van het inkomen van consumenten de aankoop van levensmiddelen nauwelijks afnemen. Derhalve wordt bij levensmiddelen gesproken van basisgoederen of noodzakelijke goederen; de eerste levensbehoeften.

waarbij,

- O_j^b = de te verwachten omzet voor winkel j voor winkelbenoeming b
 P_{ij}^b = kans, dat consumentzone i winkel j bezoekt voor winkelbenoeming b
 B_i = totale bestedingen in consumentzone i

Teneinde de totale bestedingen per consumentzone volgens het winkelkeuzemodel te aggregeren naar aantal transacties en/of bestedingen per winkelvestiging, dient ook een veronderstelling gemaakt te worden over het aandeel van de bestedingen, dat gerelateerd kan worden aan een primaire respectievelijk secundaire winkelbenoeming. Bij het beoordelen van de resultaten van de winkelkeuzemodellen is steeds verondersteld, dat 100 procent van de bestedingen gerelateerd kunnen worden aan primaire respectievelijk secundaire winkelbenoemingen. Vooral voor secundaire winkelbenoemingen is deze aanname uiteraard twijfelachtig. Dit levert de geschatte 'winkelomzet' in de vorm van aantal bezoekers, transacties of bestedingen per winkelvestiging per tijdseenheid. De bestedingen geven een deel van de sociaal-economische variatie in de consumentenpopulatie weer. Het aantal kassahandelingen per winkelvestiging per week is als volgt berekend:

$$KH_j^b = \sum_{i=1}^r P_{ij}^b \cdot H_i \cdot BF_i \quad (7.17)$$

waarbij,

- Kh_j^b = het te verwachten aantal kassahandelingen per vier weken voor winkel j en winkelbenoeming b
 P_{ij}^b = kans, dat consumentzone i winkel j bezoekt voor winkelbenoeming b
 H_i = aantal huishoudens in consumentzone i
 Bf_i = gemiddelde bezoekfrequentie per huishouden per vier weken in consumentzone i

De determinatiecoëfficiënt R^2 is gehanteerd als indicator om de overall goodness-of-fit van het winkelomzetmodel vast te stellen (zie paragraaf 7.5.1).

Validatie; goodness-of-fit winkelomzetmodel

Naast het toetsen van de betrouwbaarheid van de geschatte parameters dient het model getoetst te worden op basis van de mate waarin het model het verloop van de endogene variabele kan voorspellen. Een tweetal aspecten van het winkelomzetmodel kunnen getoetst worden voor het vaststellen van de *overall performance* van het model. Allereerst kunnen de individuele koopstromen van de consumentzones naar winkels worden getoetst. Dit betekent, dat de geschatte koopstromen tussen iedere consumentzone en elke afzonderlijke winkel worden vergeleken met de waargenomen koopstromen. Diverse maten van goodness-of-fit zijn hiervoor beschikbaar, zoals regressiestatistieken (de correlatiecoëfficiënt, en determinatiecoëfficiënt) en informatie-statistieken (entropiestatistieken). Nadeel van deze technieken is de relatief moeilijk vast te stellen statistische significantie (Birkin *et al.* (1996); Spearman's rankcorrelatiecoëfficiënt en de Wilcoxon test-statistic zijn geschikte maten zijn om inzicht te verkrijgen in de overall goodness-of-fit van een interactiemodel, waarbij de statistische significantie kan worden bepaald.

Met behulp van dezematen van goodness-of-fit is het mogelijk de onder- en overgeschatte koopstromen nader te analyseren en te bezien of eventuele ruimtelijke relaties aan te treffen zijn¹². Voor onderhavige studie waren geen gegevens over waargenomen koopstromen beschikbaar, zodat de goodness-of-fit van de afzonderlijke koopstromen niet verder geanalyseerd kon worden. Ten tweede kunnen de aggregate omzetten van de afzonderlijke winkels worden getoetst. De endogene variabele is hier de geschatte winkelomzet en de exogene variabele de waargenomen omzet. De geschatte aggregate transacties en omzet per winkelvestiging worden voor winkelvestigingen gerelateerd aan respectievelijk de werkelijke transacties en omzet. Hieruit volgt een indicatie van de goodness-of-fit, die de waarde van het totale winkelomzetmodel vaststelt. Ook voor deze toetsing zijn bovenge-

¹² Met deze maten van goodness-of-fit is het niet mogelijk te bezien of het voorspelde ruimtelijke patroon van koopstromen verschilt met het waargenomen ruimtelijk patroon. Voor het vaststellen van de kwaliteit van het model is het wel degelijk interessant te bezien of ruimtelijke relaties zijn waar te nemen tussen de geschatte en waargenomen koopstromen. Een ruimtelijke analyse van de verschillen tussen de waargenomen en geschatte koopstromen - de residuen - maakt dit mogelijk; via een (geo)grafische weergave in kaartbeeld van de residuen en/of via het vaststellen van ruimtelijke autocorrelatie in de residuen.

noemde toetsingsmaten bruikbaar. Er zijn verschillende maten van goodness-of-fit toepasbaar om de overall performance van een model te beschrijven (zie Op 't Veld *et al.* z.j.). Er bestaat geen eenduidige maat, die in alle gevallen toepasbaar is. In deze studie zijn enkele bekende maten van goodness-of-fit gehanteerd, die op basis van een regressieanalyse wordt vastgesteld.

Gezien het feit, dat deze maten van goodness-of-fit standaard toegepast worden als statistische technieken voor het vaststellen van bivariate (cor)relaties wordt hier niet verder op de formele specificatie ingegaan. De maten van goodness-of-fit voor het vaststellen van de overall performance van een model hebben verschillende kenmerken en zijn gebaseerd op bepaalde assumpties. Het is derhalve zaak meerdere maten van goodness-of-fit te gebruiken en te vergelijken (Op 't Veld *et al.* z.j.), zoals de complementaire werking van de Spearman's rank-correlatiecoëfficiënt en de Wilcoxon test-statistic. Indien het model voldoende verklaringkracht heeft, binnen de gestelde randvoorwaarden, kan het model gebruikt worden voor planningsexercities.

7.5.2 Analyse; objectmodellering winkelomzetmodel

Het winkelomzetmodel bepaalt voor iedere winkelvestiging de kans, dat de consument een winkel bezoekt voor een primaire en secundair winkelbezoek. Voor het werken met winkelomzetmodellen zijn diverse klassen aanwezig. De klassen zijn in onderlinge samenhang in figuur 7.15 weergegeven. Objecten van het type `WinkelOmzetModel` hebben diverse attribuutvariabelen, waaronder (de associatie met) het marktaandeelmodel en de kaartview. Belangrijk is de relatie met de klasse `ConsumentenWinkelInteracties`. Objecten van het type `ConsumentenWinkelInteracties` zijn verantwoordelijk voor het berekenen van de interactiekansen en de daarvan afgeleide omzet, waarmee de prestatie-indicatoren voor de winkels bepaald worden. Deze prestatie-indicatoren zijn eigenschappen van de winkels en overeenkomstig opgenomen als afgeleide attribuutvariabelen van objecten van het type `Winkel`. Ook belangrijk is de rol van de klasse `GOF-Statistics`. Objecten van het type `GOF-Statistics` zorgen voor het berekenen van de goodness-of-fit maten en residuen. De residuen, die per eigen winkelvestiging worden berekend met behulp van de R-kwadraat (een regressiestatistic) worden in de attribuutvariabelen `verschil_aantal_kassa-handelingen` en `verschil_omzet` van de klasse `EigenWinkel` opgeslagen.

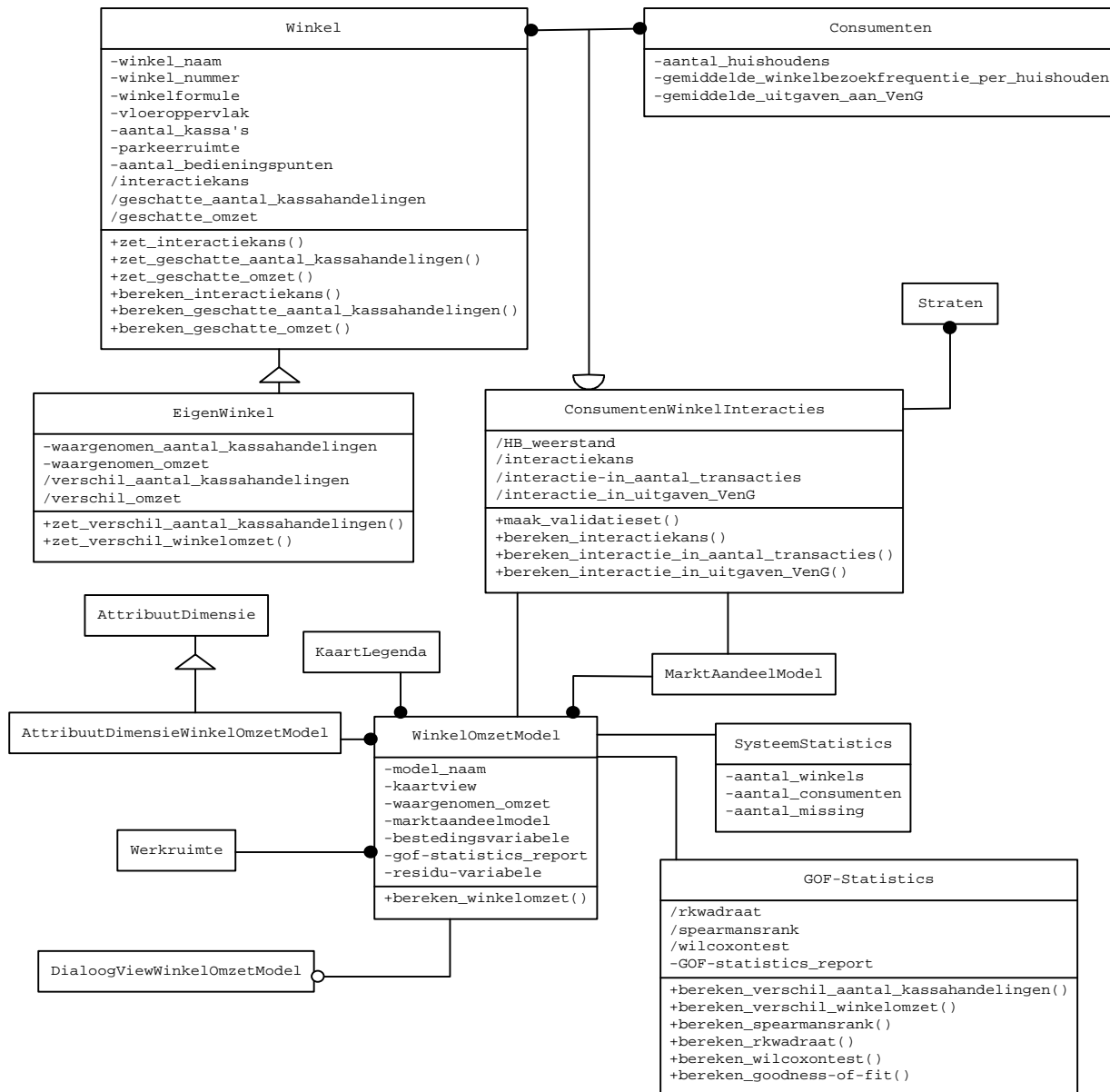
Daarnaast zijn enkele aan het winkelomzetmodel gerelateerde klassen weergegeven in het klassendiagram. De klasse `KaartLegenda` heeft een associatie met de klasse `WinkelOmzetModel` vanwege de specificatie van de inputgegevens voor het winkelomzetmodel, dat via het kaartbeeld tot stand komt. De gebruiker geeft namelijk via het kaartbeeld aan welke inputgegevens voor de modelberekeningen gebruikt moeten worden. Ieder winkelomzetmodel is derhalve aan een kaartbeeld gekoppeld, waarin gegevens over winkels en consumenten zijn weergegeven. Op deze wijze is het mogelijk op via geografische selecties de modelontwikkeling een exploratief-geografisch karakter te geven (zie paragraaf 7.7).

De associatie van de klasse `WinkelOmzetModel` met de klasse `WerkRuimte` geeft aan, dat een object van het type `WinkelOmzetModel` persistent bewaard wordt en opvraagbaar is via het object van het type `WerkRuimte`. De associatie met de klasse `DialogViewWinkelOmzetModel` geeft aan, dat het object van het type `WinkelOmzetModel` gegevens bevat, die via een specifiek dialoogvenster door de gebruiker ingesteld kunnen worden. Het gebruik van het winkelomzetmodel richt zich - naast het bepalen en analyseren van de goodness-of-fit - vooral ook op het gebruik van scenario's voor winkelplanning (zie verder paragraaf 7.6).

7.5.3 Analyse; dynamische modellering winkelomzetmodel

Voor het werken met winkelomzetmodellen zijn - net als bij de marktaandeelmodellen - diverse generieke use cases onderscheiden. Het normale scenario, het eventtracingsdiagram en het dialoogformaat voor het toevoegen van een winkelomzetmodel is in figuur 7.16 weergegeven. Belangrijk is het verdelen van de bestedingen in relatie tot de marktaandeelmodellen met behulp van een bestedingsfactor. De bestedingsfactor bepaalt per consument het percentage van de uitgaven aan voedings- en genotsmiddelen, dat naar een winkel toevloeit. Op deze wijze is het mogelijk de bestedingen naar de winkelbenoeming te laten variëren. Naast de specificatie van de naam van het winkelomzetmodel, het bestedingsmodel en één of meerdere marktaandeelmodellen en bijbehorende bestedingsfactoren, kan de gebruiker de goodness-of-fit resultaten van de modelomzetschatting bewaren. De overall goodness-of-fit wordt in een (tekst)bestand bewaard tezamen met de systeemstatistics. Tevens kunnen de goodness-of-fit statistics per winkelvestiging worden opgeslagen. De individuele resultaten van de lineaire regressie worden in de vorm van regressieresiduen per winkelvestiging bewaard. Tevens wordt Spearman's rank correlatie coëfficiënt en Wilcoxon-test-statistic per individuele winkel worden bewaard. Het doel van het - door de gebruiker - laten specificeren van attribuutvariabelen voor de individuele goodness-of-fit statistics is de mogelijkheid de goodness-of-fit per individuele meeteenheid verder te analyseren, bijvoorbeeld door de individuele goodness-of-fit resultaten per winkelvestiging in kaart weer te geven om naar ruimtelijke patronen in

de goodness-of-fit te zoeken. In figuur 7.17 is het interne eventtracering tussen de domeinobjecten weergegeven.



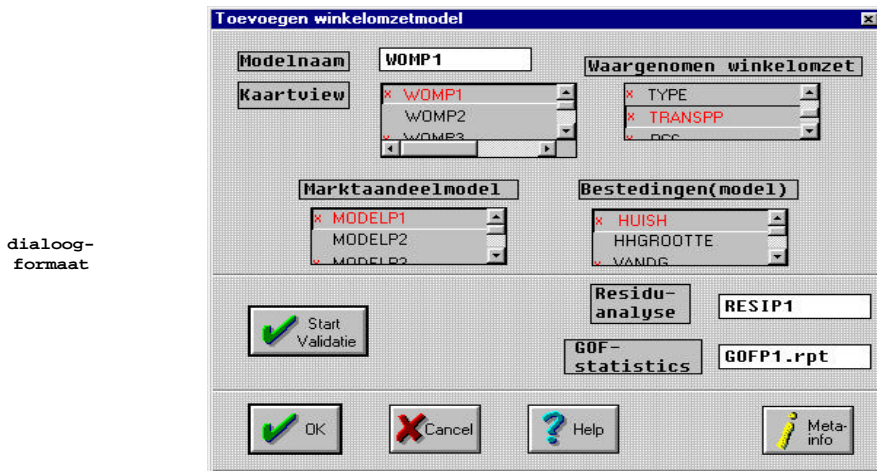
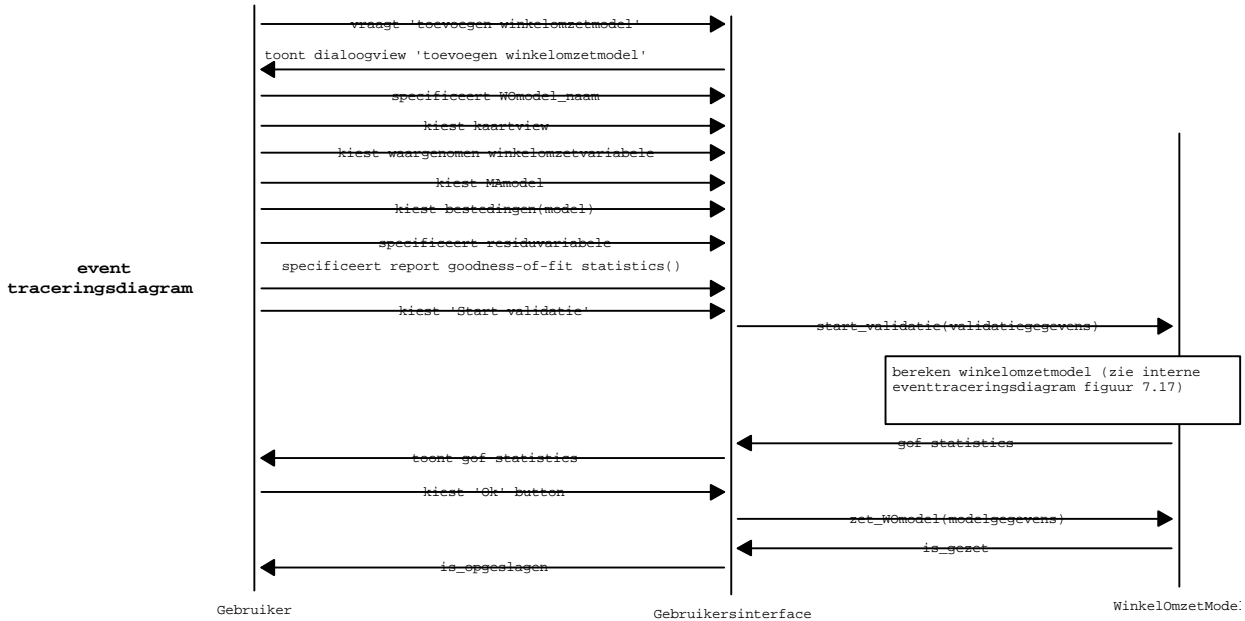
Figuur 7.15 Klassendiagram winkelomzetmodel

Scenario

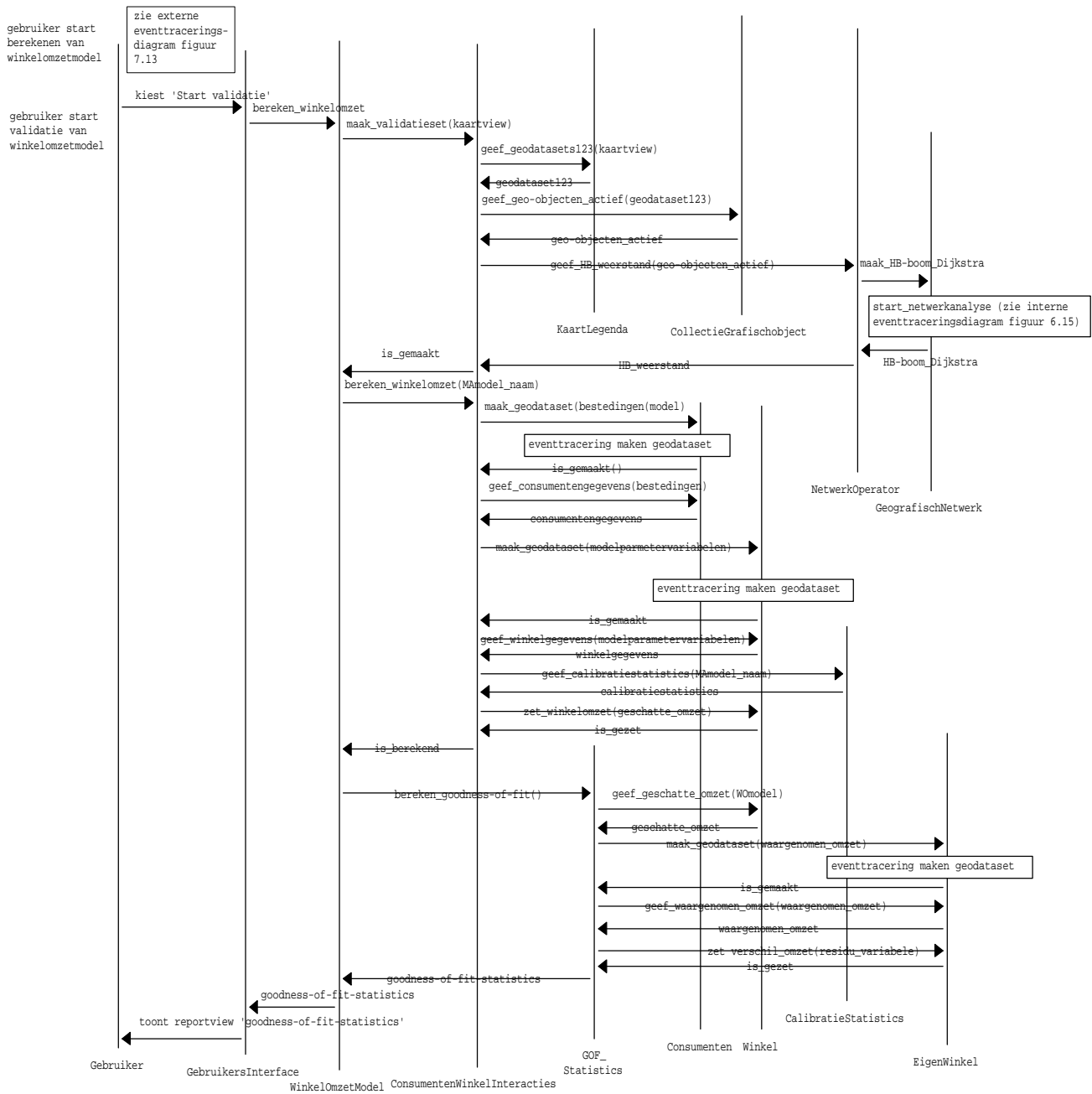
Normaal Scenario 1: Toevoegen winkelomzetmodel

Gebruiker wil winkelomzetmodel toevoegen
 Systeem toont dialoogview 'toevoegen winkelomzetmodel'
 Gebruiker specificeert naam winkelomzetmodel
 Gebruiker kiest kaartview
 Gebruiker kiest waargenomen winkelomzet
 Gebruiker kiest marktaandeelmodel
 Gebruiker kiest bestedingen(model)
 Gebruiker specificeert residuvariabele
 Gebruiker specificeert bestand voor goodness-of-fit statisticsreport

Gebruiker start validatie
 Systeem toont goodness-of-fit statisticsreportview
 Gebruiker kiest 'Ok'
 Winkelomzetmodel is opgeslagen



Figuur 7.16 Scenario, eventtracering en dialoogformaat voor 'Toevoegen winkelomzetmodel'



Figuur 7.17 Interne scenariodiagram voor het rekenen met winkelomzetmodellen

7.6 Het winkelscenario-model

7.6.1 Operationalisatie winkelscenario-model

Een belangrijke activiteit in winkelplanning is het gebruik van winkelomzetmodellen ten behoeve van impactanalyse of 'wat gebeurt er als?' analyse. Hierbij wordt vanuit een *nulsituatie* - een huidige probleemsituatie of te verwachten probleemsituatie - de effecten van een verandering in het winkelsysteem bepaald. Een dergelijke verandering kan betrekking hebben op een externe factor of op een interne factor; een verandering in het interactiesysteem van ver of de vraagstructuur vanwege het bouwen van een nieuwe wijk. De grootste impact is echter te verwachten bij veranderingen in de aanbodstructuur, zoals het openen van een nieuwe winkel of sluiten van een bestaande winkel. De verandering kan ook een bestaande winkelvestiging betreffen, waarbij één of meerdere instrumentele planningsvariabelen wordt veranderd.

Ten behoeve van het uitvoeren van effectanalyse worden *scenario's* gebruikt. Een scenario wordt omschreven als een situatie waarin een te verwachten of gewenste verandering in het systeem wordt doorgevoerd en de effecten ervan worden vastgesteld. De veranderingen zijn gerelateerd aan de locatiestrategie, die het meest optimale resultaat zal geven voor de oplossing van de probleemsituatie (zie figuur 7.2 en paragraaf 7.2.2). De te volgen locatiestrategie - groei via openen van nieuwe vestigingen of via remodellen (vergroten, vernieuwen, et cetera) van bestaande vestigingen of een combinatie daarvan - krijgt via het formuleren van locatiescenario's zijn invulling. Locatiescenario's voor de winkelplanning komen tot stand via het aanbrengen van één of meerdere veranderingen in de bestaande of te verwachten winkelstructuur. De mogelijke veranderingen, die de winkelplanner kan aanbrengen, zijn beperkt tot de instrumentele winkelattribuutvariabelen (zie paragraaf 7.2.2). In een scenario is een combinatie van één of meerdere veranderingen in de winkelstructuur; dat wil zeggen het wijzigen van één of meerdere (instrumentele) eigenschappen van een bestaande winkel. Scenario's worden gebruikt in relatie tot een nulsituatie. De nulsituatie is de bestaande uitgangssituatie of een verwachte situatie.

Ondanks de mogelijkheid om locatie-optimalisatiemodellen in te zetten voor het uitvoeren van locatiescenario's, is hier gekozen voor een relatief eenvoudige methode, namelijk het ontwikkelen van scenario's via trial-and-error¹³. Dit betekent, dat de winkelplanner op interactieve wijze winkelscenario's samenstelt op basis van geografisch inzicht in de markt- en winkelstructuur. Op basis van opgedane kennis en ervaring betreffende de lokale markt en de gegevens gegenereerd met het winkelomzetmodel vinden ingrepen in de winkelstructuur plaats door één of meerdere winkelattribuutvariabelen.

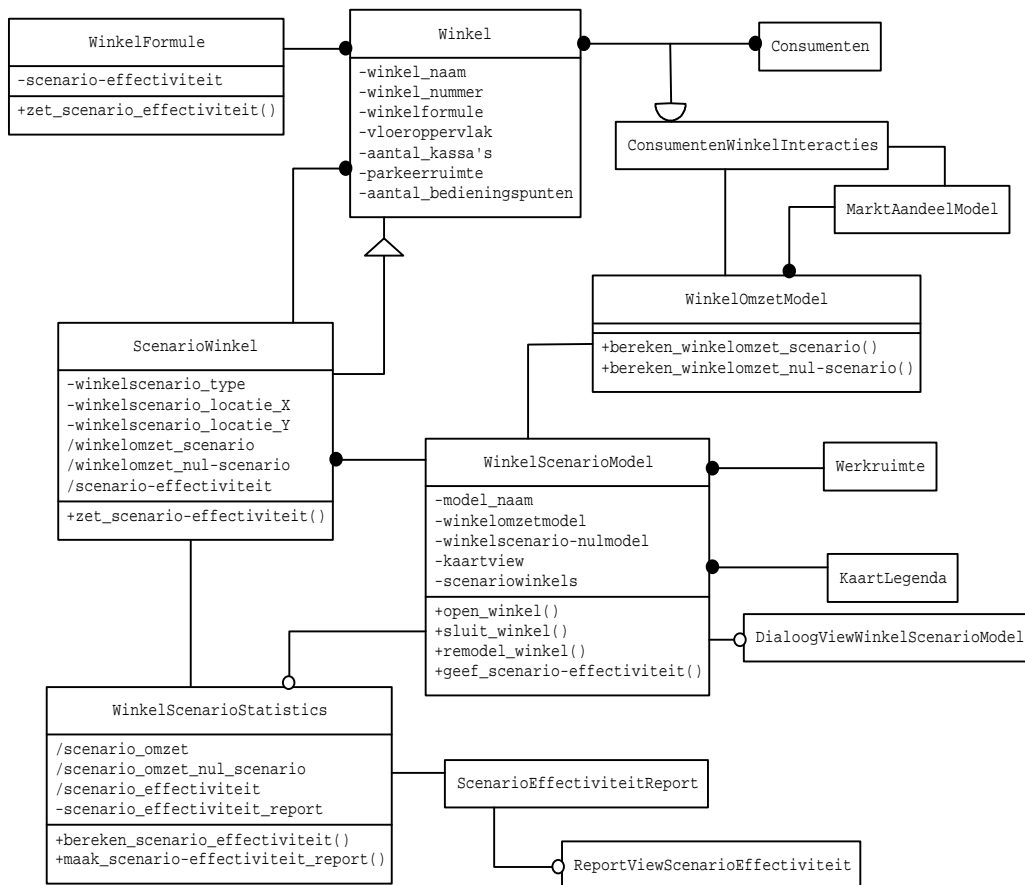
7.6.2 Analyse; objectmodellering winkelscenario-model

Voor het werken met winkelscenario's in SALES zijn zogenaamde winkelscenario-modellen beschikbaar. In een winkelscenario-model geeft de gebruiker vanuit een nulsituatie of nulscenario de veranderingen aan, die in de winkelstructuur mogelijk gaan optreden vanuit externe factoren of aangebracht (kunnen) gaan worden vanuit (interne) locatiestrategieën. Het doel van een winkelscenario is het aanbrengen van veranderingen in de ruimtelijke winkelstructuur om inzicht te krijgen op de effecten van deze veranderingen op de winkelstructuur en de gevolgen voor de eigen winkelvestigingen en winkelformule. Voor het vaststellen van de effecten wordt het winkelomzetmodel gehanteerd; de effecten worden uitgedrukt in het omzetverschil tussen de nulsituatie en de scenariosituatie. Daarbij kan worden opgemerkt, dat de nulsituatie ook een scenariosituatie kan zijn; hierdoor wordt het mogelijk de effecten van twee winkelscenario's te vergelijken.

Een winkelscenario-model heeft diverse modelcomponenten (zie figuur 7.18). De resultaten van het winkelscenario-model worden in de vorm van winkelomzetten gepresenteerd. Belangrijke input voor het werken met winkelscenario-modellen is de nulsituatie en de scenariosituatie, waarin de veranderingen in de winkelstructuur zijn weergegeven. Objecten van het type `WinkelScenario-Model` hebben vier belangrijke attribuutvariabelen: (de naam van) het winkelscenario-model, het winkelscenario-nulmodel, (de naam van)

¹³ Locatie-allocatiemodellen richten zich expliciet op de optimalisatie van locatiepatronen met inachtneming van een doelstellingsfunctie. In geval van de detailhandel zal de doelstellingsfunctie optimalisatie van de omzet zijn. Deze modellen worden vooral ingezet wanneer gezocht wordt naar een optimaal locatiepatroon waarbij eerst witte vlekken geconstateerd zijn. De meeste locatie-allocatiemodellen houden geen rekening met competitie-effecten (Ghosh en Craig 1984). In geval van een verzadigd netwerk is het gebruik van ruimtelijke interactiemodellen te prefereren (Birkin *et al.* 1996). Gezien de dichtheid van het winkelnet in de levensmiddelen-detailhandel zijn de meeste locatie-allocatie-modellen wellicht minder geschikt. Dat neemt niet weg, dat het een exercitie naar een optimale winkelstructuur zeer interessante informatie kan opleveren door een vergelijking te trekken met de bestaande winkelstructuur.

het winkelomzetmodel, waarmee de omzet bepaald wordt. Het winkelscenario-model heeft daarvoor een associatie met één object van het type `WinkelOmzetModel`. Dit object zorgt ervoor, dat de winkelomzet voor het winkelscenario(model) en het bijbehorende nulscenario worden berekend. Hiervoor doet dit object op zijn beurt een beroep op het object van het type `MarktAandeelModel` en de andere domeinobjecten van het type `Winkel`, `Consumenten` en `ConsumentenWinkelInteracties` (zie de voorgaande paragrafen 7.4.2 en 7.5.2). Via objecten van het type `WinkelScenarioModel` worden de veranderingen in de winkelstructuur aangebracht. Deze veranderingen betreffen veranderingen van één of meerdere attributeigenschappen - de instrumentele planningsvariabelen - van winkelvestigingen. Via de operatie `open_winkel`, `sluit_winkel` en `remodel_winkel` zorgt het object `WinkelScenarioModel`



Figuur 7.18 Klassendiagram winkelscenario-model

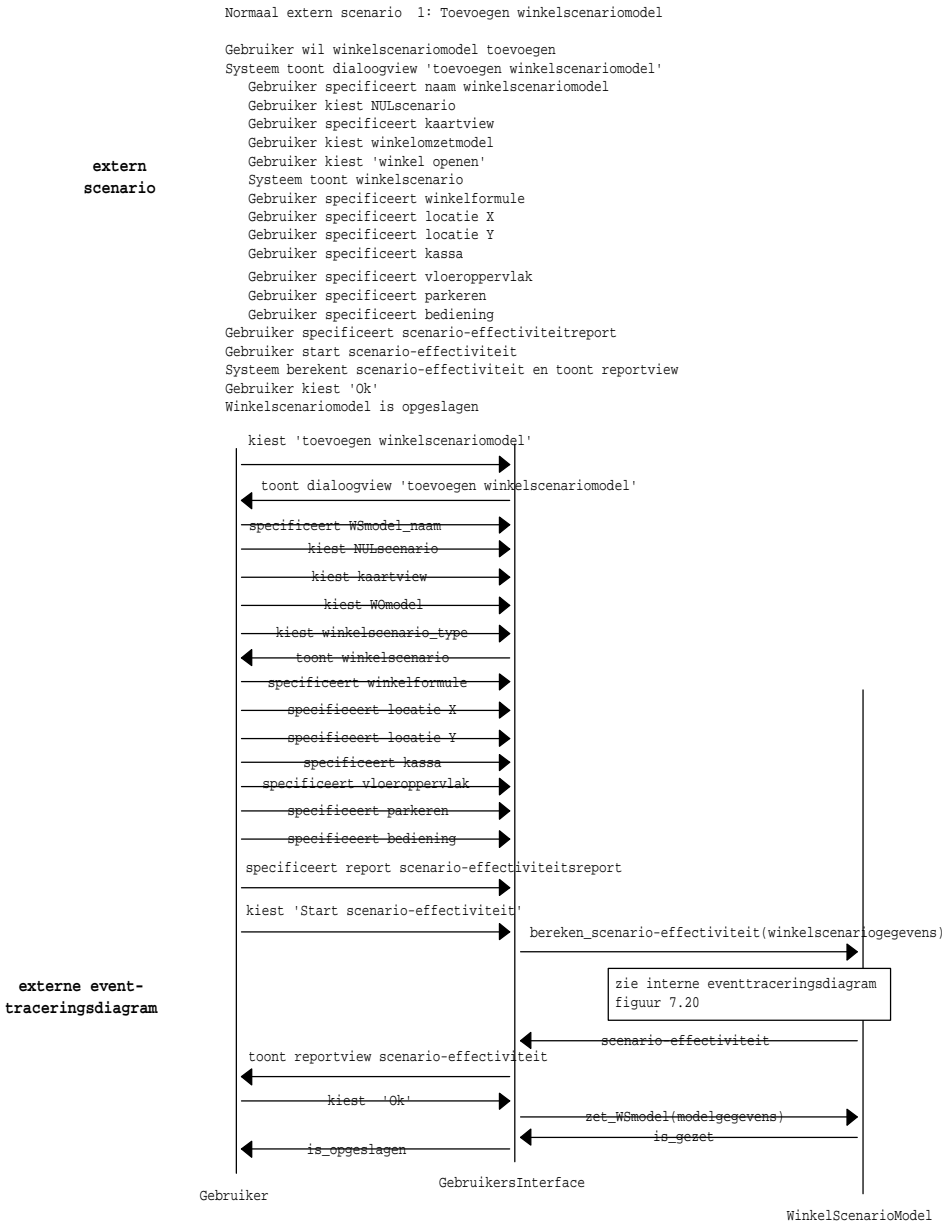
ervoor, dat objecten van het `ScenarioWinkel` worden gecreëerd. Een object van het type `ScenarioWinkel` bestaat uit de set van winkelvestigingen, die zich kenmerken door één of meerdere veranderingen in de winkel-planningsvariabelen. Door objecten van het type `WinkelScenarioStatistics` wordt de scenario-effectiviteit van het winkel-scenario-model bepaald. De gegevens over de scenario-effectiviteit worden vervolgens doorgegeven aan objecten van het type `ScenarioWinkel` en `WinkelFormule` (voor het maken van een report over de scenario-effectiviteit per winkel-formule).

Daarnaast zijn - net als bij het marktaandeelmodel en het winkelomzetmodel - enkele aan het winkelscenario-model gerelateerde klassen weergegeven in het klassendiagram. De klasse `KaartLegenda` heeft een associatie met de klasse `WinkelScenarioModel` vanwege de specificatie van de inputgegevens voor het winkelscenario-model, die via het kaartbeeld tot stand komt. De gebruiker geeft namelijk via het kaartbeeld aan welke inputgegevens voor de modelberekeningen gebruikt moeten worden. Ieder winkelscenario-model is derhalve aan een kaartbeeld gekoppeld, waarin winkels, consumenten en interactiesysteem zijn opgenomen. De associatie van de klasse `WinkelScenarioModel` met de klasse `WerkRuimte` geeft aan, dat een object van het type `WinkelScenarioModel` persistent bewaard wordt en opvraagbaar is via het object van het type `WerkRuimte`. De associatie met de

klasse `DialogViewWinkelScenarioModel` geeft aan, dat het object van het type `WinkelScenarioModel` gegevens bevat, die via een specifiek dialoogvenster door de gebruiker ingesteld kunnen worden.

7.6.3 Analyse; dynamische modellering winkelscenario-model

Voor het werken met winkelscenario-modellen zijn diverse scenario's ontwikkeld, die de interacties van de gebruiker met de winkelscenario-modellen beschrijven. Het normale scenario, het eventtraceringsdiagram en het dialoogformaat voor 'het toevoegen van winkelscenario-modellen' zijn respectievelijk in figuur 7.19 en 7.20 weergegeven. Naast de specificatie van de naam van het winkelscenario-model dient de gebruiker een winkelscenario-nulmodel te specificeren. Dit winkelscenario-nulmodel representeert de

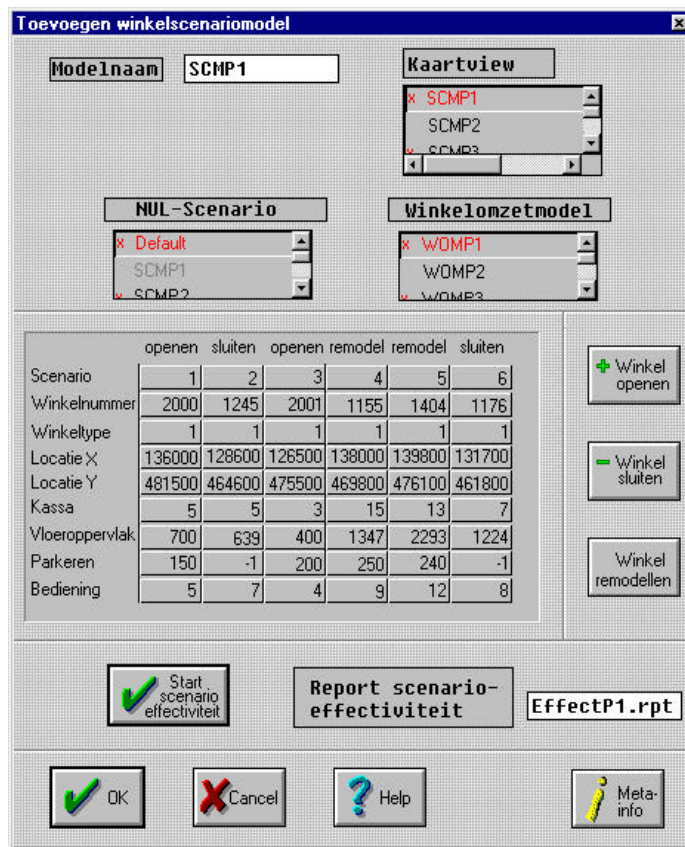


Figuur 7.19 Scenario en eventtracering voor functie 'Toevoegen winkelscenario-model'

reële of fictieve uitgangssituatie, dat wordt gehanteerd voor het vaststellen van de effectiviteit van het winkel-scenariomodel. Het winkelomzetmodel en het bijbehorende kaartbeeld geeft de modelspecificatie voor het berekenen van de scenario-effectiviteit. In het kaartbeeld zijn de inputgegevens opgenomen; de winkels, consumenten(zones) en eventuele fysiek-ruimtelijke barrières in de vorm van een interactiesysteem.

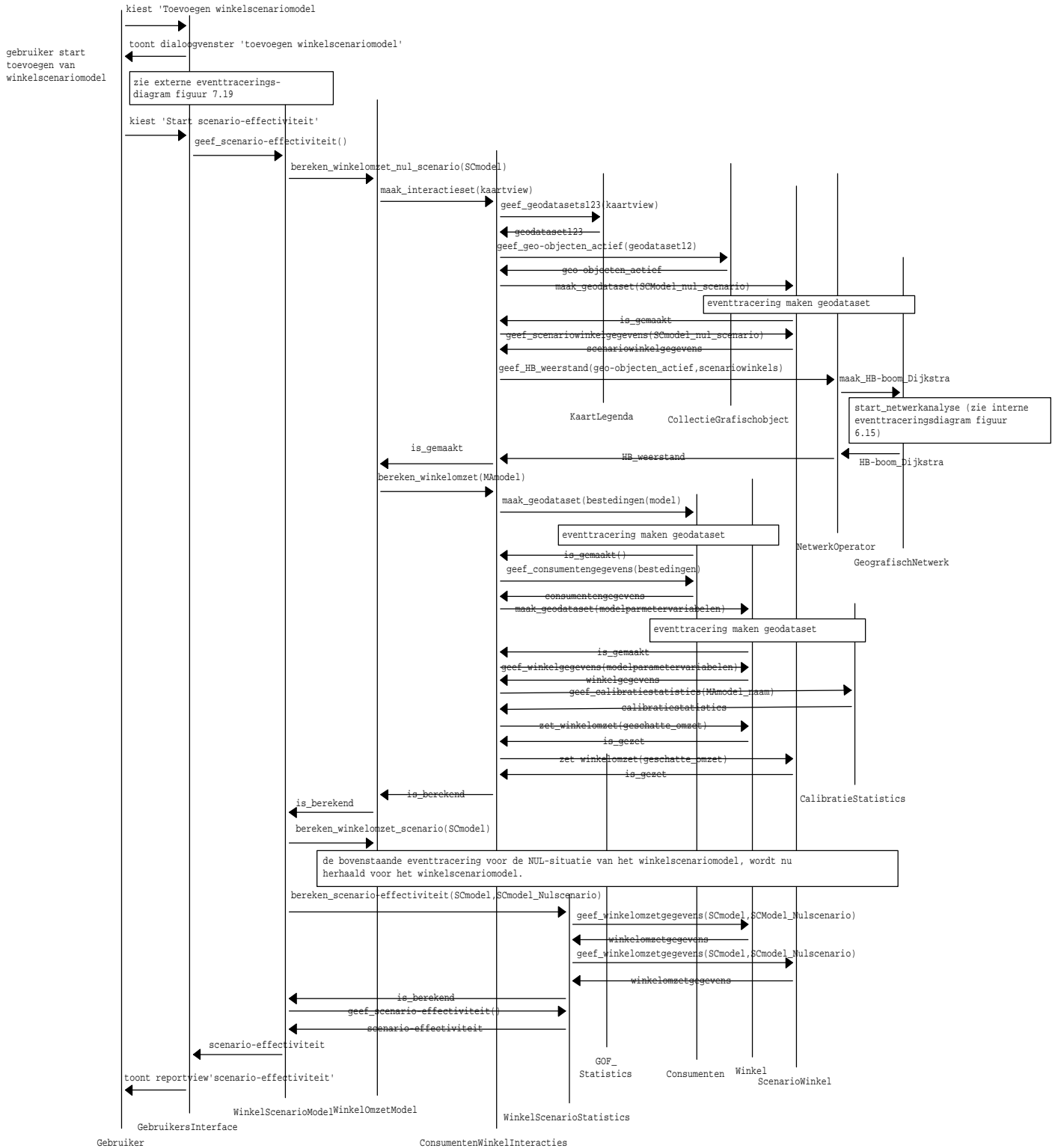
Voor het maken van een winkelscenariomodel wordt een verandering in de winkelstructuur aangebracht; winkel openen, sluiten en remodellen. Eén of meerdere attributeigenschappen van winkelvestigingen worden aangepast. Via een interactie met het kaartbeeld kan de gebruiker op interactieve wijze een winkellocatie selecteren voor het openen, sluiten of remodellen van een winkelvestiging. De winkelvestiging wordt vervolgens automatisch opgenomen in de lijst van winkelscenario's. Na specificatie van het winkelscenariomodel is het vaststellen van de effectiviteit van het winkelscenariomodel gewenst. De effectiviteit wordt vastgesteld voor de afzonderlijke winkels en geaggregeerd naar winkelformule.

dialogformaat



Figuur 7.20 Dialogformaat voor de functie 'Toevoegen winkelscenariomodel'

Het interne eventtracingsdiagram is in figuur 7.21 opgenomen. De berekeningen maken gebruik van het winkelomzetmodel, zodat een belangrijk deel van de interne eventtracering overeenkomt met de interne eventtracering voor het berekenen van winkelomzetmodellen. Het verschil zit vooral in de interactie met de gebruiker, die inputgegevens toevoegt in de vorm van nieuwe of aangepaste winkelvestigingen.

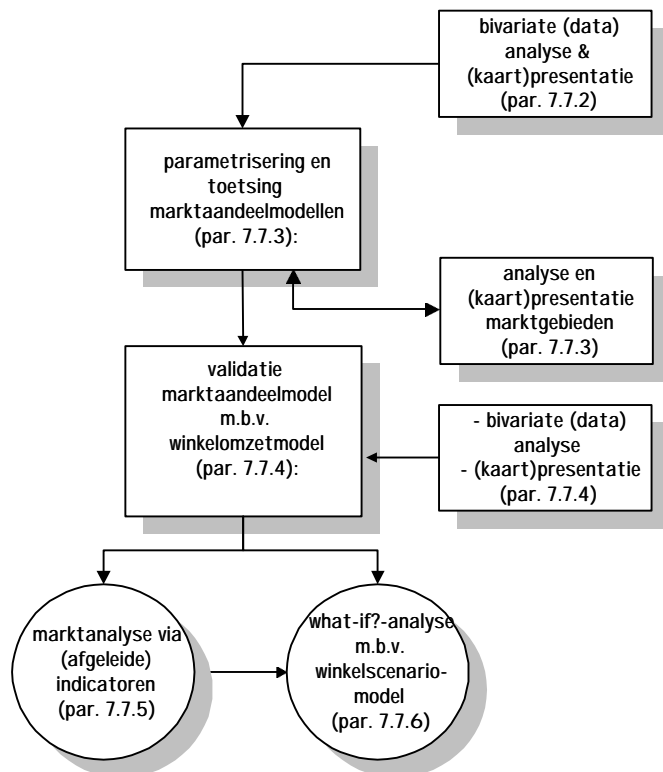


Figuur 7.21 Interne eventtraceringsdiagram voor het berekenen van winkelscenario modellen

7.7 Winkelplanning in de levensmiddelen-detailhandel; het gebruik van SALES¹⁴

7.7.1 Inleiding

Inzicht in geografische markten is voor winkelplanners essentieel om de performance van bestaande en potentiële winkelvestigingen te kunnen bepalen. Ondersteuning in de winkelplanning wordt verkregen door uiteenlopende gegevens en modellen te integreren. Op basis van de bij Albert Heijn beschikbare en additioneel verzamelde gegevens zijn enkele winkelomzetmodellen ontwikkeld en geïmplementeerd in een GIS-applicatie SALES (zie paragraaf 7.2.5). In deze paragraaf wordt het gebruik van SALES



Figuur 7.22 Opzet gebruik SALES in locatieplanning

geïllustreerd voor het beantwoorden van specifieke locatievraagstukken in de winkelplanning van de levensmiddelen-detailhandel. Het proces van modelontwikkeling en de ondersteunde rol van specifieke GIS-functionaliteit, zoals de geografische interactie en presentatie van gegevens wordt daarbij beschreven. Een tweetal ruimtelijke schaalniveaus zijn gehanteerd: ten behoeve van het schatten van de parameters van het winkel-aandeelmodel zijn observaties uit heel Nederland gehanteerd, voor het bepalen van de beschrijvende waarde en het gebruik van het model wordt ingezoomd op één verkoopregio. Enkele specifieke aspecten van SALES worden - zonder daarbij volledige empirische nauwkeurigheid¹⁵ na te streven - geïllustreerd (zie figuur 7.22): exploratieve ruimtelijke (data)analyse, het schatten en toetsen van marktaandeelmodellen en het toepassen van winkel-omzetmodellen. Alvorens over te gaan tot het schatten van marktaandeelmodellen zijn de onderliggende gegevens aan een verkennende analyse onderworpen. Het multidimensioneel presenteren van de diverse gegevens - observaties, modelschattingen en -uitkomsten - in kaart, tabel, grafiek en tekst draagt hiertoe bij. De resultaten van deze exploratieve (data)analyses zijn input voor het proces van modelontwikkeling, onder andere voor het specificeren van de modelparameters in het marktaandeelmodel. Winkelplanning begint namelijk met het verkrijgen van kwantitatief en kwalitatief inzicht in ruimtelijk consumentengedrag en de winkelstructuur. In deze paragraaf zijn kleurenplaten opgenomen in de vorm van schermpresentaties van SALES, die het gebruik van SALES voor modelontwikkeling en -gebruik illustreren.

7.7.2 Exploratieve (data)analyse

Modelontwikkeling begint met het verkennen van de beschikbare gegevens. Hieronder zijn de gegevens voor het ontwikkelen van marktaandeelmodellen aan de hand van (bivariate) analyse en presentatie weergegeven. Inzicht in de spreiding van de gegevens - in ruimtelijke en statistische zin - is richtinggevend voor het proces van modelontwikkeling.

Respondenten; hun winkelbenoeming en interactieafstand

¹⁴ De figuren 7.23 tot en met 7.35, waarnaar wordt verwezen in deze paragraaf, zijn als kleurenfiguur opgenomen in bijlage 9. Een verwijzing naar het paginanummer in bijlage 9 is achter het figuurnummer geplaatst.

¹⁵ Gezien het concurrentiegevoelige karakter van de resultaten van de modelexercities ligt de nadruk hier niet op de empirische resultaten, maar op de meerwaarde van de integratie van modelontwikkeling en GIS-functionaliteit ten behoeve van het probleemgericht gebruik in winkelplanning.

Via exploratieve analyse van de winkelkeuze en ruimtelijke interacties van de respondenten kunnen verschillende vragen worden verkend. Vragen als 'bezoeken consumenten de dichtbijzijnde supermarkt?', 'welke afstand zijn consumenten bereid gemiddeld af te leggen naar hun supermarkt?' of 'bezoeken zij de grootste supermarkt?' zijn voorbeelden van vragen, die via exploratieve analyse kunnen worden beantwoord. Het is tevens van belang de winkelkeuze, die consumenten maken te bezien binnen de verzameling van winkelkeuzemogelijkheden, die aanwezig zijn voor de consument. De gebruikte methode om de keuzeset te bepalen is het ruimtelijk afbakenen van een set van waarnemingen en/of alternatieven in de keuzeset. Richtinggevend voor een ruimtelijke afbakening van de keuzeset is een exploratieve analyse van de waargenomen afgelegde afstand voor de primaire en secundaire winkelbenoeming¹⁶. Het consumentengedrag is vastgesteld met behulp van een telefonische enquête in de periode week 29-32 in 1992. Er doen zich bij de winkelbenoeming door de respondenten een drietal situaties voor:

1. De respondent geeft slechts de primaire winkel aan;
2. De respondent geeft slechts de secundaire winkel aan;
3. De respondent benoemt zowel een primaire als secundaire winkelvestiging.

Het verschil in ruimtelijk interactiegedrag tussen de primaire en secundaire winkelbenoeming¹⁷ blijkt uit de patronen in de kaarten, grafieken en teksten (zie respectievelijk figuur 7.23, pp. 310 en figuur 7.24, pp. 311). Uit de verdeling van de waargenomen afgelegde afstand naar de primaire winkel blijkt, dat circa meer dan driekwart van de waarnemingen een primaire winkel bezoekt binnen 2,5 km van de woonlocatie en 90% binnen 5 km (zie figuur 7.23; histogram[1], tekst[1] en tekst[2]). Voor de secundaire winkelbenoeming legt driekwart van de respondenten een afstand van minder dan 5 km af (zie figuur 7.24; histogram[1], tekst[1] en tekst[2]). Deze resultaten zijn richtinggevend voor een aantal keuzen, die tijdens het proces van modelontwikkeling worden gemaakt (zie paragraaf 7.7.3).

Interactieafstand en ruimtelijke keuzemogelijkheden

De vraag of de respondenten de dichtbijzijnde supermarkt benoemen is op eenvoudige wijze te verkennen. In figuur 7.25 (zie pp. 312) is voor de primaire winkelbenoeming het aantal ruimtelijke keuzemogelijkheden weergegeven in relatie tot de waargenomen keuze (zie tekst[1] en histogram[1]). Kaart[1] toont de ruimtelijke spreiding in een geclassificeerde verdeling van de interactiestromen naar de dichtbijzijnde winkelvestiging. Slechts een klein deel van de respondenten bezoekt de dichtbijzijnde winkelvestiging voor de primaire winkelbenoeming. In tekst [2] en histogram[2] en histogram[3] van figuur 7.25 is tevens af te lezen of de consumenten de dichtbijzijnde winkel van hetzelfde winkeltype bezoeken. Uit de frequentietabel is af te lezen, dat meer dan de helft van de respondenten (56,5%) de dichtbijzijnde winkel van hetzelfde winkeltype bezoekt.

Een vervolgvraag, die via exploratieve analyse kan worden verkend, is of consumenten zich aangetrokken voelen tot de grootste supermarkt. In figuur 7.26 (zie pp. 313) geeft de frequentietabel in tekst[1] de cumulatieve verdeling weer; 40% van de res-

¹⁶ Afstand is bepaald aan de hand van de afstand gemeten via het transportnetwerk tussen de woonlocatie van de respondent en de vestigingslocatie van de winkel; beide locaties zijn vastgesteld via de postcode in een 500x500 meter gridlocatie. Het gebruik van dit geografische gridreferentiesysteem betekent, dat een deel van de werkelijke ruimtelijke variatie verloren gaat. Dit manifesteert in onzuiverheden bij het bepalen van de afstand tussen de locaties van winkelvestigingen en consumentenzones. Het gebruik van het 500x500 meter grid, betekent allereerst dat een maximale afwijking van ongeveer 353 meter met de werkelijke locatie van winkelvestigingen en consumentenzones mogelijk is. Het samenvallen van meerdere consumentenzones en winkelvestigingen in dezelfde gridlocatie leidt bij het vaststellen van de afstand tussen consumentenzones en winkelvestigingen tot een afstand nul. Dit wordt niet wenselijk geacht, gezien de ruimtelijke spreiding van consumenten en winkelvestigingen in de werkelijkheid. Derhalve zijn deze nul-waarden bij het bepalen van de afstand opgehoogd met 500 meter, waarmee is verondersteld dat de minimaal af te leggen afstand 500 meter is.

¹⁷ Het ontbreken van de postcode van een respondent of primaire of secundaire winkel betekent, dat niet alle relevante modelvariabelen - de winkelattribuutvariabelen - bekend zijn. Van 64 respondenten is de postcode niet bekend. Van alle 4031 observaties is de primaire winkel-formule bekend en in 856 gevallen daarvan is de postcode van de primaire winkel niet vastgesteld; er blijven in totaal 3130 waarnemingen voor de primaire winkelbenoeming over. Dit aantal ligt voor de secundaire winkelbenoeming op 1852. Daarbij zijn er 1594 waarnemingen, waarbij de respondent zowel een primaire als secundaire winkelbenoeming heeft. Daarnaast is enige ruis aan te treffen in het winkelbestand; alleen voor de winkel-formule Albert Heijn zijn alle attribuutkenmerken van de winkelvestigingen bekend en compleet. Dit heeft consequenties voor de samenstelling van de set observaties. Het aantal waarnemingen met Albert Heijn winkelvestigingen als primaire of secundaire winkelbenoeming is oververtegenwoordigd wanneer het aandeel kassa's, vloeroppervlak en parkeerplaatsen van de formule Albert Heijn in verhouding Nederland wordt bezien (respectievelijk 26%, 22% en 20%). Bij de interpretatie van de modelschattingen dient rekening te worden gehouden met deze oververtegenwoordiging van waarnemingen van Albert Heijn winkelvestigingen.

pondenten bezoekt de grootste dichtsbijzinde winkelvestiging (zie ook histogram[1] en [2]). Een deel van de respondenten benoemt niet de dichtsbijzinde en grootste supermarkt; ook andere factoren zijn van invloed op het winkelkeuzegedrag.

Winkelvestigingen

Figuur 7.27 (zie pp. 314) geeft de ruimtelijke winkelstructuur van de levensmiddelenetailhandel in Nederland weer (kaart [1]). De spreiding in de winkelattribuutvariabelen VOB (bruto vloeroppervlak), KASSA (het aantal kassa's), PARKEREN (het aantal parkeerplaatsen), BEDIEN (het aantal bedieningspunten) zijn in histogrammen[1], [2], [3] en [4] en tekst[1] weergegeven. Taartdiagram[1] en kaart[1] tonen de spreiding van de winkeltype-indeling in Nederland.

Een andere vorm van exploratieve (data) analyse is het vaststellen van de correlatie tussen de winkelattribuutvariabelen, die als instrumentele planningsvariabelen in het marktaandeel- en winkelomzetmodel een rol spelen. Indien de instrumentele planningsvariabelen een sterke correlatie vertonen, leidt dit tot multicollineariteit¹⁸. In figuur 7.28 (zie pp. 315) zijn correlaties tussen de winkelattribuutvariabelen weergegeven in enkele scatterplots (zie scatterplot[1] tot en met [6]) en via enkele bivariate correlatiematen (zie tekst[1]). Vooral de twee planningsvariabelen KASSA en VOB (bruto vloeroppervlak) vertonen correlatie. Het is derhalve gewenst beide variabelen niet tegelijkertijd als modelvariabelen in het marktaandeelmodel op te nemen.

7.7.3 Het werken met marktaandeelmodellen

Het proces van modelontwikkeling is een cyclisch proces van iteratie en verfijning. In deze paragraaf wordt het proces van modelontwikkeling doorlopen door verschillende modellen te schatten en te vergelijken op hun fit. Met SALES wordt het marktaandeel van winkels vastgesteld met behulp van een winkelkeuzemodel. Twee typen keuzemodellen zijn aanwezig in SALES: een MNL-model en hiërarchische MNL-model (zie paragraaf 7.4.1).

Modelontwikkeling: specificatie, parametrisering en toetsing

In deze paragraaf is een aantal modelspecificaties getest, die het winkelkeuze- en bestedingsgedrag van consumenten in Nederland beschrijven. Een drietal vraagstellingen zijn nader beschouwd:

1. Is er sprake van hiërarchisch keuzegedrag van consumenten?;
2. Wat is de relatie tussen winkelkenmerken en het winkelkeuzegedrag van consumenten?;
3. Is er sprake van ruimtelijke differentiatie (naar urbanisatiegraad) in het winkelkeuzegedrag?

De volgende modelparameters zijn geschat op basis van observaties van winkelkeuze in Nederland:

PRIJS	=	de parameter, die aangeeft in hoeverre de type-attractiviteitsmaat positief beïnvloed wordt door de omstandigheid dat een winkel een type-discount winkel is en niet een winkel van het referentie-type;
KWALITEIT	=	de parameter, die aangeeft in hoeverre de type-attractiviteitsmaat positief beïnvloed wordt door de omstandigheid dat een winkel een type-kwaliteit winkel is en niet een winkel van het referentie-type: rest;
REST	=	de parameter, die aangeeft in hoeverre de type-attractiviteitsmaat positief beïnvloed wordt door de omstandigheid dat een winkel een type-rest winkel (restcategorie) is; deze parameter is op nul gesteld; het type rest is de referentiegroep.
SIGMA	=	de parameter, die de mate van hiërarchische keuze weergeeft;
AFSTAND	=	de parameter, die het belang aangeeft van de log van de hemelsbrede afstand in de kansbepaling;
VOB	=	de parameter, die het belang aangeeft van de log van het vloeroppervlak in de kansbepaling;
KASSA	=	de parameter, die het belang aangeeft van de log van het aantal kassa's in de kansbepaling;
PARKEREN	=	de parameter, die het belang aangeeft van de log van het aantal parkeerplaatsen in de kansbepaling.

PRIJS en KWALITEIT geven het relatieve belang aan van de keuzen die consumenten maken op basis van prijs/kwaliteit verhouding van een winkelvestiging. De winkeltype-indeling is teruggebracht tot drie winkeltypen. De winkelgrootte is als dimensie achterwege

¹⁸ Winkelkenmerken kunnen na te zijn gemeten direct in een winkelkeuzemodel opgenomen worden, echter veelal wordt eerst een reductie tot stand gebracht. Factoranalyse en multidimensionale scaling zijn datareductietechnieken, die toegepast worden om eventuele multicollineariteit in de gegevens weg te werken. Echter deze statistische technieken zijn niet op een gedragsmatige theorie gebaseerd en derhalve moeilijk interpreteerbaar indien een individueel afwegingsproces beschreven wordt (het kan zijn dat correlerende variabelen onafhankelijk in het cognitieve afwegingsproces zijn opgenomen).

gelaten in de winkeltype-indeling, vanwege het feit dat de winkelgrootte al is opgenomen als winkelattribuut in de vorm van de variabelen vloeroppervlak en kassa's. Het verschil tussen de parameters PRIJS en KWALITEIT geeft aan in hoeverre de type attractiviteitsmaat beïnvloed wordt door de omstandigheid dat een winkel een type-discount winkel is en niet een type-kwaliteit winkel; en vice versa. De mate waarin de parameter SIGMA (σ) lager is dan 1, geeft aan in hoeverre (gegeven de gekozen type-indeling) de winkelkeuze hiërarchisch plaats vindt. Bij $\sigma = 1$ is er geen hiërarchische keuze; indien $0 \leq \sigma < 1$ is er sprake van een hiërarchisch keuzeproces. AFSTAND, VOB, KASSA en PARKEREN geven de invloed van de winkelplannings-instrumenten weer. Het gegeven dat een groot deel van de waargenomen consumenten een relatief korte afstand aflegt voor de primaire en secundaire winkelbenoeming heeft ertoe geleid, dat alle geobserveerde interacties groter dan 15 km naar de primaire of secundaire winkelvestiging, uit de totale set van observaties zijn verwijderd. Tevens is de bovengenoemde 15 km grens toegepast voor het samenstellen van de keuzeruimte.

Is er sprake van hiërarchisch keuzegedrag van consumenten?

Voor de winkeltype-indeling PRIJS-KWALITEIT-REST is de determinantie van de variabelen AFSTAND, VOB, KASSA en PARKEREN voor de primaire en secundaire winkelbenoeming bezien¹⁹. Hierbij is allereerst uitgegaan van de hiërarchische keuzesituatie. Deze modelspecificaties zijn vergeleken en enkele relevante modelspecificaties zijn vervolgens in een niet-hiërarchische keuzesituatie bezien. In figuur 7.29 (zie pp. 316) zijn de modelschattingen weergegeven voor de primaire winkelbenoeming (zie tekst[1]) voor hiërarchische ($0 \leq \sigma < 1$) en de niet-hiërarchische keuzesituaties ($\sigma = 1$). De variabele SIGMA varieert in de verschillende modelspecificaties tussen de 0.6 en 0.7, hetgeen stabiel genoemd kan worden (zie tekst[1]). Hieruit kan worden geconcludeerd dat er sprake is van een hiërarchisch keuzeproces. Bij de modelspecificaties, waarin AFSTAND als variabele buiten beschouwing is gelaten, is de SIGMA hoog. Deze modellen vertonen een lage likelihood, met negatieve parameterwaarden KASSA, VOB en PARKEREN. Ook de parameters PRIJS en KWALITEIT zijn stabiel. De parameter AFSTAND is stabiel rond 2.20²⁰.

De variabelen KASSA, VOB en PARKEREN geven een minder eenduidig beeld. De veronderstelling, dat deze winkelplanningsvariabelen een positief effect hebben op het winkelkeuzegedrag, wordt niet eenduidig bevestigd. De negatieve parameterwaarden voor de variabelen KASSA, VOB en PARKEREN in enkele modelspecificaties zijn moeilijk te verklaren. De parameterwaarden schommelen rond nul, waardoor deze variabelen weinig invloed op de kansbepaling in de winkelkeuze heeft.

In figuur 7.29 zijn niet alle modelspecificaties, die gevormd kunnen worden met behulp van de vier winkelplanningsvariabelen, opgenomen. Een aantal modelspecificaties, met name modelspecificaties waarin de variabele AFSTAND niet is opgenomen, geeft nauwelijks zinvolle resultaten²¹. Voor de secundaire winkelbenoeming zijn de bevindingen in tekst[2] weergegeven. Figuur 7.29 geeft tevens de schattingsresultaten weer van modelspecificaties, waarin de variabele PARKEREN achterwege is gelaten (zie tekst[3]). Het aantal waarnemingen is groter en daarom is de loglikelihood lager. Ook hier zijn de parameters KASSA en VOB negatief. De modelspecificatie waarin slechts AFSTAND is opgenomen geeft de laagste likelihood. De secundaire winkelbenoeming toont over het algemeen een overeenkomstig beeld met de primaire winkelbenoeming. PRIJS, KWALITEIT, SIGMA en AFSTAND hebben gezien de verschillende modelspecificaties een vrij stabiele parameterwaarde. Er is vervolgens getoetst of sprake kan zijn van een enkelvoudig keuzeproces. Deze aanname komt overeen met de hypothese, dat $\sigma^b = 1$. De gebruiker van SALES heeft een functie ter beschikking waarmee het mogelijk is hypothesen te testen betreffende de waarde van model-specificaties. Figuur 7.29 geeft in tekst[5] de resultaten van de LR-test voor enkele modelspecificaties weer. Bij een LR van > 3.48 kan de hypothese, dat $\sigma = 1$ bij een 95% betrouwbaarheidsinterval worden verworpen. Voor de primaire winkelbenoeming zijn in tekst[4]

¹⁹ De variabelen kassa's, vloeroppervlak en parkeerplaatsen zijn logaritmisches getransformeerd. Voordelen van logaritmisches transformeren zijn, dat het model op deze wijze invariant is voor eenheidsveranderingen van de attributen en dat extreem hoge attribuutwaarden een minder dominerende rol spelen op de kansverhoudingen en daarmee op de modelkwaliteit. Zonder logaritmische transformatie zou een lineaire toename van een attribuut leiden tot een exponentiële toename van de attractiviteitsmaten. Het model voor de winkelkeuze per winkeltype is met de transformatie een multiplicatief (compensatorisch) model geworden.

²⁰ Dit sluit aan bij de gravitatie-theorie. Bij eerste formuleringen van interactiemodellen werd uitgegaan van het principe, dat interactie-attractiviteit net als zwaartekracht en elektrische aantrekkingskracht evenredig zou moeten zijn met de reciproque van afstand in het kwadraat. Volgens deze theorie zou de parameter afstand -2.0 zijn.

²¹ Voor veel waarnemingen geldt, dat het aantal parkeerplaatsen van de primaire winkel niet bekend is. Deze waarnemingen zijn daarom bij de voorgaande analyses achterwege gelaten. Bij deze uitval waren waarnemingen van de eigen winkelketen ondervetegenwoordigd.

modelspecificaties getoetst op de aanwezigheid van hiërarchische keuzeprocessen bij de respondenten. Op basis van de uitkomsten van de LRS kan de hypothese van een enkelvoudig keuzeprocess worden verworpen. Op dezelfde wijze zijn modelschattingen getoetst voor secundaire winkelbenoeming. Bij alle specificaties wordt de hypothese van een enkelvoudig keuzeprocess verworpen. Ook voor de modelspecificaties MODELPAZP, MODELPBZP, MODELPCZP, MODELPDZP, MODELPA1ZP, MODELPB1ZP, MODELPC1ZP, MODELPD1ZP (tekst[3]) is een LR-test uitgevoerd voor de hypothese $\sigma = 1$. Voor alle vier modelspecificaties kan de hypothese worden verworpen. Daarmee is vastgesteld, dat het keuzeprocess van consumenten hiërarchisch verloopt. Deze toets bevestigt de hypothese, dat de respondenten hiërarchisch keuzegedrag vertonen. De vraag welk model de beste fit geeft kan pas beantwoord worden indien de goodness-of-fit van het winkelomzetmodel wordt bezien (zie paragraaf 7.7.4).

Ruimtelijke differentiatie naar urbanisatiegraad

De bovenstaande modelschattingen hebben alle betrekking op observaties voor geheel Nederland. Verwacht wordt, dat regionale en mogelijk lokale preferentiestructuren in het winkelkeuzegedrag in Nederland aanwezig zijn. Regionale preferentiestructuren komen voort uit de samenstelling van de consumentenpopulatie in relatie tot de aanwezige verzorgingsstructuur van winkelkeuzemogelijkheden. Een mogelijke regionale differentiatie, die kan worden aangebracht is de differentiatie naar verstedelijkings-grad. De mate van verstedelijking is een factor, die een verklarende rol zou kunnen spelen in de variatie van het ruimtelijke keuzegedrag. De urbanisatiegraad onderscheidt de gemeenten in Nederland in plattelandsgemeenten, verstedelijkte plattelandsgemeenten en gemeenten met een stedelijk karakter. Voor bovenstaande drie typen gemeenten zijn enkele modelspecificaties getest om te bezien of de urbanisatiegraad in Nederland van invloed is op het winkelkeuzegedrag in levensmiddelenhandel (zie figuur 7.30, pp. 317; kaart[1]).

Er is enige variatie in de modelschattingen aangetroffen wanneer de observaties naar urbanisatiegraad worden onderscheiden (zie figuur 7.30; tekst[1]). Voor modelspecificatie MODEL1, waarin de variabelen AFSTAND en KASSA zijn meegenomen, zijn de parameterschattingen voor de variabele KASSA positief. Dit geldt voor de observaties in de plattelandsgemeenten en verstedelijkte plattelandsgemeenten. Opvallend is dat voor alle modelspecificaties geldt, dat de parameters voor PRIJS en KWALITEIT variëren²². De SIGMA laat in alle drie modelspecificaties een opvallend patroon zien. In de plattelandsgemeenten is de mate van hiërarchische keuze het hoogst, dan in de verstedelijkte plattelandsgemeenten en in veel mindere mate in de verstedelijkte gebieden. Hier zou wellicht uit kunnen worden afgeleid, dat de winkeltype-indeling zijn invloed doet gelden. Echter het aantal keuzemogelijkheden van de verschillende winkeltypen in de stedelijke omgeving is groter, hetgeen impliceert dat in de stedelijke omgeving eerder sprake zal zijn van een hiërarchisch keuzeprocess. De hiërarchische keuze wordt echter in veel mindere mate in de verstedelijkte gemeenten aangetroffen. Dit is wellicht te wijten is aan een onvolledige winkeltype-indeling.

Presentatie en analyse; marktgebieden via marktindicatoren

Na het schatten van de parameters van marktaandeelmodellen is het mogelijk de marktsituatie ruimtelijk in beeld te brengen. Voor de consumentenzones kunnen op basis van de berekende interactiekansen enkele marktindicatoren worden berekend (naar Birkin *et al.* 1996). Deze indicatoren geven inzicht in de mate van (over- en onder)verzorging; de weergave in kaartbeeld van deze marktindicatoren geeft inzicht in de marktgebieden van de eigen winkelvestigingen. De marktgebieden ontstaan door het berekenen en presenteren van de marktindicatoren *marktaandeel*, *effectief aanbod* en *provisie ratio* (zie paragraaf 7.4.2).

In figuur 7.31 (zie pp. 318) zijn de marktindicatoren marktaandeel, effectief aanbod en provisie ratio in respectievelijk kaart[1], [2] en [3] en histogram[1], [2] en [3] in beeld gebracht. Dit beeld geeft inzicht in het ruimtelijke patroon van de marktsituatie in een verkoopregio van de winkel formule Albert Heijn. De indicator marktaandeel wordt op basis van de interactiekansen per winkel formule berekend en in kaart gebracht. Het kaartbeeld geeft de marktgebieden aan voor één winkel formule, hetgeen interessante ruimtelijke inzichten kan opleveren. Uit de ruimtelijke spreiding van de markt penetratie van de formule Albert Heijn is een patroon waarneembaar (zie figuur 7.31; kaart[1]); er zijn gebieden zichtbaar waar de winkel formule Albert Heijn een lagere en hogere markt penetratie (uitgedrukt in het marktaandeel) heeft. Naast de indicator voor markt penetratie is de afgeleide markt indicator van het effectieve aanbod bepaald. Het effectieve aanbod is een markt indicator, die de omvang van de winkel relateert aan de markt penetratie. Daarmee geeft deze indicator inzicht in de mate, waarin de omvang van de winkel vestiging wordt

²² Dit hangt samen met het feit dat, de winkeltype-indeling heeft plaatsgevonden voor de verkoopregio. De verkoopregio kent slechts plattelandsgemeenten en verstedelijkte plattelandsgemeenten.

verdeeld over de vraag. Indien deze indicator wordt genormaliseerd op de omvang van de markt in de vorm van het aantal huishoudens in de consumentenzone ontstaat de indicator provisie ratio. De provisie ratio geeft inzicht in de mate van onder- en overaanbod; met name een lage provisie ratio signaleert een onderaanbod en daarmee potentiële marktgebieden. De indicator van het effectieve aanbod geeft een minder duidelijk patroon (kaart[2]), evenals de marktindicator provisie ratio (kaart[3]). Dit beeld kan aanleiding geven om via mogelijke ingrepen in de winkelstructuur het marktaandeel te vergroten (zie verder paragraaf 7.7.5).

7.7.4 Het werken met winkelomzetmodellen

Na het schatten van marktaandeel is het mogelijk de winkelomzet te bepalen. De winkelomzet wordt bepaald door het marktaandeel te relateren aan de bestedingen aan voedings- en genotsmiddelen door de consumenten. Alvorens over te gaan tot het schatten van de winkelomzet, is het zinvol de gegevens betreffende de bestedingen aan voedings- en genotsmiddelen door consumenten aan een exploratieve analyse te onderwerpen.

Exploratieve (data)analyse; consumentenbestedingen en winkelstructuur

Aangezien de beschikbare omzetmaat per winkelvestiging is weergegeven in het aantal transacties per vier weken, worden de bestedingen bepaald door het aantal huishoudens. Verondersteld is, dat per huishouden het aantal gegenereerde transacties bij alle supermarkten constant is. Wanneer niet het aantal transacties maar de werkelijke omzet geschat wordt, dient het bestedings-model hierop te worden bijgesteld. Bij het beoordelen van de resultaten van de winkelkeuzemodellen is verondersteld, dat 100 procent van de bestedingen gerelateerd kunnen worden aan primaire of secundaire winkelbenoemingen. Deze aanname is (vooral voor de secundaire winkelbenoemingen) uiteraard twijfelachtig.

De ruimtelijke representatie van de bestedingen van consumenten vindt plaats via het vierpositiepostcodegebied en de 500x500 meter gridlocatie (zie figuur 7.32, pp. 319). In kaart[1] en kaart[3] is de ruimtelijke neerslag van respectievelijk het aantal huishoudens (variabele HUIZH) en de bestedingen aan voedings- en genotsmiddelen (variabele VANDG) per 500x500 meter gridlocatie weergegeven. In kaart[2] is de ruimtelijke spreiding van de bestedingen aan voedings- en genotsmiddelen (variabele VANDG) per vierpositiepostcodegebied in beeld gebracht (voor details zie verder Heuvelmans 1993). Tevens zijn de bestedingen aan voedings- en genotsmiddelen gerelateerd aan het aantal huishoudens en de huishoudensgrootte (zie scatterplot[1], [2], [3] en [4]). Een lineaire correlatie tussen beide variabelen is duidelijk zichtbaar.

Naast inzicht in de consumentenbestedingen is inzicht in de winkelstructuur in de verkoopregio noodzakelijk (zie figuur 7.33, pp. 320). De histogrammen, taartdiagram, kaart en tekst geven inzicht in de ruimtelijke winkelstructuur in de levensmiddelen-detailhandel in de verkoopregio, waarin 98 supermarkten zijn gevestigd.

Modelontwikkeling: validatie

De overall goodness-of-fit van het winkelomzetmodel is vastgesteld door de geschatte en waargenomen koopstromen in de vorm van het aantal kassahandelingen per week per winkelvestiging te vergelijken. Voor verschillende modelspecificaties voor de primaire winkelbenoeming is met behulp van regressieanalyse de indicatoren voor de overall goodness-of-fit bepaald (zie figuur 7.34, pp. 321; kaart[1] en tekst[1]). Daarbij is verondersteld, dat de totale hoeveelheid bestedingen uit de consumentenzones verdeeld worden over de primaire winkel. De uitgaande aggregate stromen betreffen huishoudens vanuit consumentenzones. De inkomende aggregate stromen bij de winkelvestiging zijn in de vorm van het aantal kassahandelingen opgenomen. Hieruit blijkt, dat flinke verschillen bestaan in de verklaarde variatie. De R^2 varieert van 13% tot 71% van de verklaarde variatie in kassahandelingen²³. De uitkomsten van de overall goodness-of-fit worden per individuele winkelvestiging verder geanalyseerd via

²³ De variatie in de overall goodness-of-fit kan verschillende oorzaken hebben. Ten eerste is het aantal werkelijke aggregate stromen vrij beperkt (18 Albert Heijn winkelvestigingen). Een te klein aantal waarnemingen leidt immers tot een minder stabiele R^2 . Daarnaast vertoont de aggregate eenheid een sterke correlatie met het aantal kassa's in de 18 Albert Heijn filialen. Dit betekent, dat de modelspecificaties, waarin kassa's als modelvariabele is opgenomen, een betere goodness-of-fit tot gevolg hebben. Tevens is het aantal huishoudens als eenheid gehanteerd, die de aggregate stromen vanuit de consumentenzone weergeeft. Sociaal-economische variabelen, die een belangrijke rol spelen in het bestedingsgedrag van consumenten zoals huishoudensgrootte en inkomen zijn niet meegenomen. Dit alles leidt tot de bevinding, dat het aantal kassahandelingen geen geschikte eenheid is om de overall goodness-of-fit van de bovenstaande modelspecificaties te meten. De werkelijke omzet geeft wellicht een betere indicatie van de aggregate consumentenstromen, doordat in de gemiddelde bestedingen meer variatie aanwezig is.

het in kaart brengen van de goodness-of-fit statistics, waaronder de residuen van de regressieanalyse. Hiermee is het mogelijk de ruimtelijke niet-stationariteit te verkennen. De mogelijkheid om de goodness-of-fit statistics opnieuw op exploratieve wijze te verkennen via kaartpresentatie kan leiden tot nieuwe ruimtelijke inzichten, die van invloed (kunnen) zijn op de beschrijvende werking van het model. Gezien het geringe aantal waarnemingen van 18 winkelvestigingen in de verkoopregio is uit de residuenanalyse nauwelijks een eenduidig ruimtelijk patroon af te leiden (zie figuur 7.34; kaart[2]). Uit figuur 7.34 blijkt tevens, dat winkelvestigingen van 38 verschillende formules in de verkoopregio aanwezig zijn, waarvan 18 winkelvestigingen van de winkel formule Albert Heijn. In het aggregatiereport in tekst[2] zijn de resultaten van de modelberekeningen per formule weergegeven. In kaart[3] is tevens de geschatte omzet per winkelvestiging weergegeven.

7.7.5 Het werken met winkelscenario modellen; what-if? analyse

Via *what-if?*- of *wat-gebeurt-er-als?*-analyse is het mogelijk de effecten van mogelijke locatiestrategieën vast te stellen. SALES geeft de gebruiker ondersteuning bij het beantwoorden van deze what-if? vraagstukken via de winkelscenario modellen. Bij het werken met winkelscenario's brengt de gebruiker wijzigingen aan in de winkelstructuur door één of meerdere winkelvestigingen te openen, te sluiten of te remodellen. In de verkoopregio is op basis van de berekende marktgebieden een winkelscenario ontwikkeld; het effect van het openen van drie nieuwe winkelvestigingen is weergegeven in de vorm van winst- en kannibalisatieeffecten (zie figuur 7.35, pp. 322). In kaart[1] zijn drie potentiële winkelvestigingen van de formule Albert Heijn weergegeven in relatie tot de marktsituatie; de provisie ratio en de huidige winkelvestigingen van de formule Albert Heijn. De effecten van het openen van drie winkelvestigingen in de gemeenten Abcoude, Muidenberg en Vinkeveen zijn in kaart[2] en kaart[3] en in tekst [1] en [2] opgenomen. In kaart[2] is de analyse van het verschil uitgedrukt in het marktaandeel weergegeven en in kaart[2] in bestedingen aan voedings- en genotsmiddelen. De aggregatiereports in tekst[1] en [2] tonen de winst- en kannibalisatie-effecten respectievelijk per winkel formule en gemeente; mogelijke winst- en kannibalisatie-effecten voor de eigen winkel formule zijn hieruit af te lezen.

7.8 Afsluiting

7.8.1 Resumerende opmerkingen

De winkelplanning is er erop gericht maatregelen te nemen, die via veranderingen in de bestaande ruimtelijke en functionele winkelstructuur een groei in de omzet beogen te realiseren. Voor een effectieve en efficiënte anticipatie op ontwikkelingen in de winkelstructuur dienen winkelplanners voortdurend over adequate gegevens te beschikken omtrent de dynamiek in het winkelstelsel in relatie tot de performance van de eigen winkelvestigingen. De GIS-applicatie SALES is een instrument waarmee locatiestrategieën worden doorgerekend met behulp van gegevens en functies voor exploratieve data-analyse en de ontwikkeling en toepassing van winkelomzet- en locatiescenario modellen. De interactie met gegevens en modellen verschaft de winkelplanner inzicht in de totstandkoming en effectiviteit van de ruimtelijke winkelstructuur. Dit systeem levert derhalve een belangrijke bijdrage aan het verkennen van locatiestrategieën voor het nemen van de strategische locatiebeslissingen.

In dit hoofdstuk is het gebruik van SALES geïllustreerd ten behoeve van beleidsvoorbereiding en besluitvorming in de winkelplanning in de levensmiddelenhandel. De geografische ontsluiting van ruimtelijke modellen biedt mogelijkheden voor interactie en exploratieve data-analyse. SALES is een geïntegreerd systeem voor de levensmiddelensector in Nederland, bestaande uit een gegevens- en een modellenbank. In de gegevensbank zijn de voor winkelplanning relevante gegevens over vraag en aanbod opgeslagen. De modellenbank bevat marktaandeel-, winkelomzet- en -winkelscenario modellen. Via een (geo)grafische dialoogsysteem zijn de gegevens en de diverse modellen in SALES toegankelijk. Een gebruikersvriendelijke en multidimensionale toegang tot gegevens en modellen biedt de gebruiker mogelijkheden om interactief te werken. Het zoeken naar determinante modelvariabelen en het testen van de gevoeligheidskenmerken het iteratieve modelbouwproces.

GIS en keuzemodellen voor de winkelplanning; meerwaarde?

Het aantal voorbeelden van het gebruik van geïntegreerde GIS-applicaties met functionaliteit voor modelontwikkeling en modelgebruik van winkelkeuzemodellen is vooralsnog gering (Grothe *et al.* 1994; Kohsaka 1993; Bailey en Munford 1991; Birkin en Foulger 1992). Ook in Nederland is - mede vanwege het concurrentiegevoelige karakter - relatief weinig bekend met betrekking tot

het gebruik van de winkelkeuzemodellen in de (levensmiddelen)detailhandel. Toch is een duidelijke meerwaarde te verwachten van de integratie van winkelomzetmodellen in specifieke GIS-applicaties, zoals is gebleken uit de in deze paragraaf uiteengezette toepassing:

1. GIS-functies vervullen een complementaire rol in relatie tot modelontwikkeling en -gebruik. Modelontwikkeling wordt door GIS-functies ondersteund met functies van zogenaamde pre en post confirmatieve data-analyse; automatische of interactieve geografische (data)selectie, geometrische en topologische berekeningen, directe cartografische weergave van modelinput en -output;
2. Netwerkanalyse op basis een topologisch ruimtelijk objectmodel vindt toepassing bij het opbouwen van een herkomstbestemmingsmatrix. Deze matrix wordt gebruikt voor het uitvoeren van de diverse berekeningen in SALES, zoals bij de geografische afbakening van de keuzeset, de afstandsbepaling met behulp van een kortste-pad routine en het berekenen van afgeleide markt- en winkelindicatoren;
3. Een geïntegreerd modelgebaseerd GIS biedt mogelijkheden om model- en gegevensgevoeligheid via onzekerheidsanalyse vast te stellen; het effect van verschillende ruimtelijke schaalniveaus van de modelinput, de ruimtelijke variabiliteit in de modeluitkomsten, et cetera;
4. Via het dynamisch koppelen van functies voor uni- en bivariate (statistische) data-analyse en GIS-functies voor kaartpresentatie worden (cor)relaties in de gegevens blootgelegd, die ruimtelijke inzichten mogelijk maken die anders wellicht verborgen zouden blijven;
5. Juist door ruimte te laten voor de inbedding van alternatieve modelspecificaties kan de iteratieve en continue modelontwikkeling en het gebruik worden ondersteund, waardoor 'betere' modellen ontwikkeld kunnen worden. Zo blijkt, dat het in veel generieke GIS-applicaties ingebouwde Huff-model een niet realistische representatie van het ruimtelijk keuzegedrag van consumenten in de Nederlandse levensmiddelen)detailhandel laat zien (Bosma 1994).

Objectoriëntatie en GIS: meerwaarde?

In dit hoofdstuk is een objectgeoriënteerde analyse uiteengezet voor het werken met marktaandeel- en winkelomzetmodellen in een geïntegreerde GIS-applicatie SALES. Daarbij is de meerwaarde van de ontwikkeling van deze GIS-applicatie op tweeledige wijze geïllustreerd; naast aandacht voor de voordelen van de integratie van modellen en GIS vanuit de meerwaarde voor het oplossen van locatievraagstukken in de winkelplanning, zijn voordelen van de inpassing en het hergebruik van de in hoofdstuk 6 gepresenteerde objectgeoriënteerde bouwstenen voor de ontwikkeling van de GIS-applicatie beschouwd. Daarbij is verondersteld, dat gezien de onzekerheden en gevoeligheden in het werken met marktaandeel- en winkelomzetmodellen, flexibiliteit betreffende de aanpasbaarheid en uitbreidbaarheid van de GIS-applicatie SALES een vereiste is. Het objectgeoriënteerde raamwerk biedt mogelijkheden om SALES te kunnen integreren en uitbreiden met nieuwe probleemdomainspecifieke gegevens en modellen en indien gewenst aan te passen aan zich veranderende omstandigheden. De belangrijkste conclusies laten zich daarbij als volgt samenvatten:

1. Principes van objectoriëntatie maken het mogelijk GIS-functies en modellen te integreren via hechte koppeling;
2. Objectoriëntatie is geschikt om ruimtelijke modellen te integreren; de communicatie tussen objecten - zijnde de bouwstenen van modellen - maakt het (eenvoudig) mogelijk probleemdominmodellen te laten samenwerken.

Een belangrijk deel van de functionaliteit van SALES zoals in dit hoofdstuk gepresenteerd, zal zeker na enige aanpassing toepassing kunnen vinden in andere sectoren van de detailhandel.

7.8.2 SALES op termijn

Tijdens het gebruik van SALES zijn inzichten ontstaan, die nieuwe behoeften aan functionaliteit hebben gecreëerd. Tegelijkertijd kan geconstateerd worden, dat de locatievraagstukken in de winkelplanning aan verandering onderhevig zijn, zodat gerust gesteld kan worden dat de GIS-applicatie SALES nooit af is. Enkele voorbeelden van (potentiële) uitbreidingen van (de functionaliteit van) SALES zijn hieronder derhalve kort uiteengezet.

Differentiatie naar dimensies

Hubbard (1978) signaleerde variatie in winkelkeuzegedrag gedifferentieerd naar sociaal-economische status en culturele achtergrond van consumenten in ruimte en tijd. De sociaal-economische dimensie toont de mate waarin de determinatie van winkelkenmerken afhankelijk is van de sociaal-economische kenmerken van consumenten (zie Fotheringham en Trew 1993; Hansen en

Deutscher 1977; Schuler 1979; Williams *et al.* 1978; Verhallen en De Nooij 1982)²⁴. Het schatten van het keuzemodel voor verschillende segmenten uit de consumentenpopulatie kan verschillende modelspecificaties tot gevolg hebben (Gensch 1985). Tevens speelt de tijdsdimensie een rol. Arnold *et al.* (1983) constateerden geen seizoensverschillen in het winkelkeuzegedrag, echter in enkele jaargangen bleken significante verschillen in het winkelkeuzegedrag op te treden. Tenslotte signaleren Verhallen en De Nooij (1982) en Van Goor (1984) variatie in de effectiviteit van verschillende marktinstrumenten ten aanzien van verschillende productgroepen in de levensmiddelen-detailhandel. Variatie naar productgroepen danwel producttypen kan eveneens effect sorteren op de modeluitkomsten. Ruimtelijke of geografische variatie in attribuutgevoeligheid, zowel regionale als internationale, wordt gesignaleerd door Arnold *et al.* (1983) en Van Goor (1984). Kortom, modelontwikkeling zal aandacht moeten besteden aan differentiatie naar bovenstaande vier dimensies. Vanwege het accent in deze studie op de ruimtelijke component van gegevens wordt hieronder kort aandacht besteed aan enkele uitbreidingen betreffende ruimtelijke aspecten van modelontwikkeling.

Ruimtelijke niet-stationariteit

De ruimtelijke dimensie kenmerkt zich onder meer door de ruimtelijke variabiliteit in modeluitkomsten. Dit betekent, dat variatie in de modelparameters en andere modelresultaten verwacht kan worden vanwege de toepassing in verschillende geografische context. In deze studie is enige ruimtelijke variatie via de verstedelijkingsfactor geïllustreerd. Tegelijkertijd bieden GIS-functies diverse mogelijkheden via geografische selectiemethoden om ruimtelijke variatie in modelschattingen te ontdekken. Bijvoorbeeld via interactieve geografische selectiefuncties kan op meer exploratieve wijze het model met inputgegevens worden gevoed (Batty 1992b; Batty en Xie 1994a; 1994b). Een andere geografische methode is het gebruik van zogenaamde 'moving window' techniek. Deze GIS-functie selecteert de inputgegevens voor de modelschatting op basis van een geografische afbakening, die op een uniform gridpatroon voor ieder grid de aanliggende gridlocaties afzoekt naar inputgegevens. Voor iedere gridlocatie worden de modelparameters geschat en via kaartpresentatie worden ruimtelijke verschillen en overeenkomsten in beeld gebracht (zie Fotheringham *et al.* 1996).

Alternatieve modelspecificatie

Modelontwikkeling blijft een continue proces, waarin optimalisatie van de gegevens- en modelcomponenten centraal staat. Een relatief eenvoudige en voor de hand liggende uitbreiding van SALES is te vinden in het toevoegen van alternatieve winkelkeuzemodellen voor het bepalen van het marktaandeel. Naast het feit, dat ruimtelijke keuze wordt bepaald door de ruimtelijke separatie en de attribuutkenmerken van de afzonderlijke keuzemogelijkheden, is de ruimtelijke spreiding van bestemmingen van invloed op de keuze. Het model van de 'competing destinations' bijvoorbeeld (Fotheringham 1983; 1991) neemt de effecten van de ruimtelijke winkelstructuur op de interacties in ogenschouw. Ruimtelijke structuureffecten treden op in de afstandspareters. Dit betekent, dat de ruimtelijke keuze van de individu mede afhankelijk is van de mogelijk aanwezige agglomeratie- en concurrentie-effecten. De mate van concurrentie of agglomeratie is uitgedrukt in een ruimtelijke bereikbaarheidsmaat, die de relatieve locatie aangeeft van de keuzemogelijkheden. Fotheringham (1983) bepaalt deze kans aan de hand van de som van de gewogen afstanden van het alternatief ten opzichte van alle andere alternatieven. Deze maat voor de relatieve locatie staat bekend in de geografie als de potentiaalmaat (Hansen 1959). Een hoge waarde geeft aan, dat een alternatief omgeven is door andere alternatieven, een lage waarde duidt op een meer geïsoleerde ligging ten opzichte van de andere alternatieven.

Integratie met complementaire modellen

Winkelomzetmodellen zijn voor meerdere doeleinden in winkelplanning te gebruiken (zie paragraaf 7.2.4). De modellen ondersteunen, gezien de omvang en complexiteit van het gehele winkelplanningsproces, tegelijkertijd slechts een beperkt aantal vraagstukken. Daarbij blijven nog diverse onzekerheden bestaan betreffende de theorie, gegevens en modelcomponenten en toepassing in de praktijk. Vooral via integratie van het winkelomzetmodel met complementaire modellen kan verdere ontwikkeling en toepassing van het winkelomzetmodel gestalte krijgen. Een voorbeeld hiervan is het opnemen van een consumentenbestedingsmodel in relatie tot mogelijkheden voor vooruitberekeningen ten aanzien van de huishoudenssamenstelling, inkomensontwikkeling, et cetera (zie Schutjens 1993). Modellen voor bevolkingsprognose in relatie tot economische inkomensentheorie zijn daarbij van toepassing. Een ander voorbeeld van een complementair model is een model waarin het mogelijk is het reactieve gedrag van de concurrenten op

²⁴ Fotheringham en O'Kelly (1989) en Kau en Ehrenberg (1984) daarentegen zien in het ruimtelijk gedrag nauwelijks enige sociaal-economische segmentatie.

winkellocatiebeslissingen en strategieën te bepalen (zie Oppewal 1995). Complementair aan het gebruik van winkelomzetmodellen is ook het gebruik van modellen ten behoeve van het optimaliseren van de ruimtelijke winkelstructuur²⁵, zoals locatie-allocatiemodellen (zie Achabal *et al.* 1982; Ghosh en Craig 1983; 1984; 1986; Ghosh en McLafferty 1987; Goodchild (1984) en genetische algoritmen (zie Birkin *et al.* 1995).

Door de integratie met complementaire modellen is het mogelijk de dynamiek in het winkelsysteem te simuleren. Door het combineren en aaneenkoppelen van complementaire modellen kunnen veranderingen in de ene component van het winkelsysteem doorwerken in andere onderdelen van het systeem. Indien het mogelijk is deze veranderingen integraal en in de tijd te simuleren ontstaat een integrale simulatie van het winkelsysteem. Een voorwaarde is het kunnen voorspellen van zowel het ruimtelijke consumentengedrag als het ruimtelijk producentengedrag (Oppewal 1995). In deze studie is slechts een aanzet gegeven van een raamwerk voor een dergelijk dynamisch winkelsysteem.

²⁵ Deze optimalisatiemodellen zijn gericht op het - soms op heuristische wijze - vaststellen van een locatiepatroon van winkelvestigingen op basis van een doelstellingsfunctie (bijvoorbeeld het maximaliseren van de omzet). Voor de doelstellingsfunctie wordt het winkelomzetmodel gebruikt. De integratie van marktomzetmodellen met optimalisatiemodellen is zeer rekenintensief. Recentelijk is het door het gebruik van parallelle processors mogelijk de systeemperformance- en daarmee de modelperformance, aanzienlijk te verbeteren (zie Birkin *et al.* 1995).

8 EEN GIS-APPLICATIE VOOR HET ONDERSTEUNEN VAN LOKAAL OUDERENHUISVESTINGSBELEID

8.1 Inleiding

Onderhavig hoofdstuk illustreert de objectgeoriënteerde analyse en het gebruik van een GIS-applicatie voor het ondersteunen van ontwikkeling, -uitvoering en -monitoring van ouderenhuisvestingsbeleid voor de wijk Overvecht in de gemeente Utrecht¹. Voor een gebruikersgestuurde applicatieontwikkeling worden allereerst achtergronden, concepten en indicatoren voor de ondersteuning van lokaal ouderenhuisvestingsbeleid nader beschouwd. In het bijzonder gaat de aandacht uit naar het gebruik van het ruimtelijk planconcept 'woonvriendelijke zones voor ouderen' als richtinggevend planinstrument (paragraaf 8.2). In paragraaf 8.3 wordt het probleemdomein 'ouderenhuisvestingsbeleid voor Overvecht' beschouwd vanuit een objectgeoriënteerde analyse. In paragraaf 8.4 en 8.5 wordt een objectgeoriënteerde analyse van de in de GIS-applicatie aanwezige domeinmodellen gepresenteerd, respectievelijk bereikbaarheids- en geschiktheidsmodellen. In paragraaf 8.6 wordt geïllustreerd hoe de GIS-applicatie wordt ingezet ten behoeve van het beantwoorden van enkele concrete beleidsvraagstukken ter ondersteuning van de beleidsontwikkeling in Overvecht. Tenslotte worden in paragraaf 8.7 resumerende opmerkingen gemaakt en komen enkele (functionele) uitbreidingen voor de GIS-applicatie aan de orde.

8.2 Probleembeschrijving: ouderenhuisvestingsbeleid voor de wijk Overvecht

8.2.1 Achtergronden en probleemschets

Vanwege de huidige demografische ontwikkelingen, die duiden op *ontgroening* en *vergrijzing* van de bevolking, is het niet geheel verwonderlijk, dat ouderen als bevolkingsgroep volop in de belangstelling staan. Eén van de meest ingrijpende veranderingen, geïnitieerd door de overheid, is de uitholling van de geïntegreerde woon-, zorg- en welzijnsfuncties. Door de ingrijpende omvorming van de verzorgingsstaat vindt binnen de ouderenhuisvesting substitutie plaats van de verzorgings- en verpleegtehuizen naar meer aangepaste woningen en thuiszorg (Houben 1995). Vanuit haar economische motieven lijkt de overheid tevens te anticiperen op de wens en behoeften van de ouderen zelf, die zelfstandigheid hoog in het vaandel heeft staan (Raaijmakers *et al.* 1992). Dit heeft tot gevolg, dat ouderen langer zelfstandig (moeten) blijven wonen in de eigen woonomgeving. Tegelijkertijd echter worden knelpunten gesignaleerd in zowel stedelijke als landelijke woonmilieus, die voor ouderen tot probleemsituaties (kunnen) leiden. In stedelijke achterstandsgebieden ontbreken *geschikte woningen voor ouderen* door slechte technische kwaliteit en onvoldoende toegankelijkheid van woningen. De achteruitgang van de woonomgeving en de toenemende angst voor criminaliteit en onveiligheid van ouderen zijn hier eveneens voorbeelden van (Fokkema *et al.* 1996).

In de landelijke gebieden vormt de afbrokkeling van de kwaliteit van het verzorgingsapparaat en het ontbreken van elementaire voorzieningen een bron van toenemende aandacht en zorg. De deels door de overheid geïnitieerde ontwikkelingen in de ouderenhuisvesting leiden tot een vraaggerichte planning. De traditionele combinatie van woon-, zorg- en welzijnsfuncties in de vorm van verzorgings- en verpleegtehuizen maakt plaats voor variatie in zelfstandige woonmogelijkheden voor ouderen. Het relatief jonge beleidsterrein van de *ouderenhuisvesting* is inmiddels een sterk intersectoraal werkveld geworden, dat ten doel heeft "te voorzien in de woonbehoefte voor ouderen door geschikte en betaalbare woningen, door een adequate woonomgeving en door ondersteunende gezondheidszorg- en welzijnsvoorzieningen" (Houben 1994, pp. 130). Door de ingrijpende wijzigingen in bud-getten en beleidsstelsels is het studiegebied van de woonvoorzieningen voor ouderen een complex en turbulent beleidsterrein geworden. Het beleidsterrein van de huisvesting heeft als centrale doelstelling, dat ouderen langer zelfstandig blijven wonen in de eigen woonomgeving. De toenemende (dubbele) vergrijzing en substitutie vergt derhalve verdere afstemming van woonomgeving, woningen en woonvoorzieningen op de specifieke behoeften van ouderen. De vraagkant komt in de ouderenhuisvesting steeds meer centraal te staan.

Het lijkt hier alsof de ouderen een homogene bevolkingsgroep vormen, niets is echter minder waar. De ouderen vormen een gedifferentieerde bevolkingsgroep, die zich laat onderscheiden naar demografische, sociaal-economische, psychografische of naar

¹ Dit hoofdstuk maakt deel uit van een reeks van studies naar de toepassing van het planconcept 'woonvriendelijke zones voor ouderen' ten behoeve van beleidsontwikkeling voor de ouderenhuisvesting op lokaal niveau (zie Raaijmakers *et al.* 1992; Wind *et al.* 1992; Raaijmakers *et al.* 1996). In onderhavige studie staat niet de daarin gevolgde participatieve beleidsontwikkeling zelf - aanpak, deelnemers, inhoud en de daaruit voortvloeiende maatregelen - centraal. De aandacht is gericht op de wijze waarop een ondersteunend instrument wordt ontwikkeld en gebruikt ten behoeve van de beleidsontwikkeling.

sociaal-gerontologische kenmerken (Van der Molen 1993). Ouderenhuisvesting in Nederland heeft als doelgroep de huis-houdens waarvan de hoofdbewoner 55 jaar of ouder is (Houben 1994). In Nederland wordt doorgaans onderscheid gemaakt tussen de actieve ouderen - de groep van 55 tot 75 jaar - en de 75-plussers. De eerste groep ouderen wordt in toenemende mate als consument benaderd onder de noemer seniorenmarkt, terwijl de 75-plussers tot de werkelijke beleidsaandachtgroep behoort. Kenmerkend voor de woonbehoeften van deze laatste groep ouderen is, dat het verder gaat dan alleen de behoefte aan een goede woning (Houben 1995). Zeker indien het aandeel alleenstaande ouderen blijft toenemen, is de kans op toename van behoefte aan zorg en hulp aanwezig. Derhalve staan in het lokale ouderenhuysvestingsbeleid voor het stadsgewest Utrecht - naast enkele andere specifieke doelgroepen - de ouderen centraal. Voor deze doelgroep(en) - in het bijzonder ouderen met zorgbehoeften - moeten voldoende bereikbare woningen, evenwichtiger verspreid over de stad beschikbaar blijven (Dienst Volkshuisvesting Utrecht 1993). Tevens dienen de goedkope woningen en specifieke woonvormen uitsluitend te worden toegewezen aan de daarvoor in aanmerking komende doelgroepen (voor details zie Raaymakers *et al.* 1996). De demografische ontwikkelingen in de gemeente Utrecht wijzen niet direct op een sterke toename van het aantal ouderen (Bestuursinformatie Utrecht 1993). Echter, door de afname van het aantal verzorgingsplaatsen, neemt de druk op de woningmarkt voor ouderen toe. De capaciteitsdaling in de zorgsector voor ouderen heeft tot gevolg, dat de vraag naar extra ouderenwoningen zich in de nabije toekomst zal voordoen.

De beleidsdoelstellingen voor de stad wijzen dan ook op de planning van extra ouderenwoningen, waarbij een evenredige verdeling over de stad dient plaats te vinden (Bestuursinformatie Utrecht 1993). Naast een evenredige verdeling van een extra contingent ouderenwoningen, is eveneens aandacht nodig voor de verdeling van de bestaande woningvoorraad. Zo blijkt bijvoorbeeld uit recent vooronderzoek in de wijk Zuilen te Utrecht, dat 35% van de ouderenwoningen moeilijk toewijsbare 'probleem-woningen' zijn (Van de Donk *et al.* 1993). Aandacht voor de kwaliteit van de bestaande woningvoorraad staat derhalve eveneens hoog op de beleidsagenda in Utrecht (bijvoorbeeld een liftenprogramma). Het gaat daarbij uiteindelijk om het verruimen van de kwaliteit en het differentiëren van het woningaanbod voor ouderen.

Ter ondersteuning van het ontwikkelen en uitvoeren van het lokale ouderenhuysvestingsbeleid, in het bijzonder voor de wijk Overvecht, biedt het ruimtelijk planconcept van de 'woonvriendelijke zones voor ouderen' een toepassingsgericht raamwerk. Met dit concept als raamwerk is het mogelijk gegevens betreffende de woon- en leefomstandigheden van ouderen te integreren ter ondersteuning van het ontwikkelen van lokaal ouderenhuysvestingsbeleid, in het bijzonder het aandragen van oplossingen voor bovengenoemde beleidsproblemen (zie Raaijmakers *et al.* 1992; Wind *et al.* 1992; Raaymakers *et al.* 1996).

8.2.2 Het meten van residentiële geschiktheid voor ouderen

Ten behoeve van de inrichting en het instandhouden van een voor ouderen geschikte woonomgeving zijn in Nederland enkele ruimtelijke planconcepten ontwikkeld; het concept van de *woonvriendelijke zones voor ouderen* (PPD Noord-Holland 1989), de *woonvoorkeurszones* (VROM 1992), het *seniorenlabel* (SEV 1993) en de *seniorenscore* en het *opplusser*² (SEV 1995). De planconcepten³ hebben gemeen, dat ze op basis van een omvattend 'eisenpakket' van uiteenlopende criteria woningen waarderen op de geschiktheid voor huisvesting door ouderen. De planconcepten vormen een kader voor de ontwikkeling van ruimtelijk beleid voor de ouderenhuysvesting, waarmee de centrale beleidsdoelstelling van de Nederlandse overheid - het bevorderen van het zelf-standig wonen en het blijven wonen in de eigen woonomgeving - wordt ondersteund. De planconcepten kunnen daarbij fungeren als (PPD Noord-Holland 1989):

² De seniorenscore is een instrument om potentieel geschikte woningen voor ouderen op te sporen. Het zogenoemd opplussen maakt deel uit van de seniorenscore en heeft betrekking op het aanpassen van de bestaande woningvoorraad tot het niveau van de geschiktheid voor ouderen volgens de seniorenscore.

³ Woonvriendelijke zones voor ouderen zijn "gebieden met geschikte en betaalbare woningen die niet meer dan 500 meter lopen of 400 meter hemelsbreed verwijderd zijn van de belangrijkste voorzieningen voor ouderen: winkels, openbaar vervoer, medische voorzieningen, post-kantoor, wandelmogelijkheden." (PPD Noord-Holland 1989, pp. 2). Synchron aan de woonvriendelijke zones wordt de woonvoorkeurszone aangeduid als een "voor ouderen woonvriendelijk gebied waarbinnen bepaalde voorzieningen onder aanvaardbare loopafstand aanwezig zijn" (VROM 1992). Het seniorenlabel is "een consumentenkeurmerk voor ouderenhuysvesting: het label geschikt-voor-ouderen kan verdiend worden als aan bepaalde eisen wordt voldaan" (SEV 1993, pp. 8). Tenslotte wordt de seniorenscore omschreven als "een instrument dat globaal inzicht levert in de potentiële geschiktheid van de bestaande woningvoorraad voor bewoners met (verhoogde kans op) functie-stoornissen." (SEV 1995, pp. 3). ITS (1995) hanteert een met dit planconcept samenhangende checklist woonomgeving ouderen voor het ontwikkelen van gemeentelijk ouderenbeleid.

1. toetsingskader bij woningaanpassing, nieuwbouw en woningtoewijzing voor ouderen;
2. leidraad bij verdeling van gelden en/of toekenning van subsidies;
3. integratiekader voor de afstemming van huisvesting, zorg en voorzieningen op de behoeften van ouderen;
4. uitgangspunt voor het bevorderen van de doorstroming van ouderen van grotere naar kleinere woningen;
5. aanzet tot het creëren van woonvriendelijke zones voor een brede laag van de bevolking met gelijksoortige woonwensen.

De planconcepten rondom de woonvriendelijke zones voor ouderen geven tezamen een overzicht van relevante dimensies en indicatoren, die een rol (kunnen) spelen in beleidsontwikkeling voor ouderenhuisvesting. Via het integreren of transformeren van de criteria- en hun indicatorscores in zogenaamde *woonprofielen* ontstaat uiteindelijk een kwalificatie van bestaande en potentiële woonlocaties voor ouderen voor het ontwikkelen van ruimtelijke beleidsstrategieën. De invulling van de dimensies - de bijbehorende criteria en hun operationalisatie - varieert daarbij nogal. Bij deze overwegend objectieve indicatorenstelsels wordt residentiële geschiktheid in belangrijke mate op basis van uiteenlopende kenmerken van de woning en woonomgeving bepaald. De lokale omstandigheden geven invulling aan de wijze waarop de planconcepten worden toegepast. Daarbij wordt eveneens rekening gehouden met de woonbehoeften van de ouderen als heterogene bevolkingsgroep. In de planconcepten wordt de heterogeniteit simpelweg verdisconteerd door de mogelijkheid de gehanteerde set van criteria aan te passen, uit te breiden of te verkleinen. Zo is bij het samenstellen van de 'seniorenscore' reeds geanticipeerd op de heterogeniteit van de doelgroep ouderen, met name vanuit het perspectief van mobiliteit en validiteit (zie SEV 1995). Naast de wijze, waarop de dimensies zijn ingevuld en de criteria en hun operationalisatie zijn vastgesteld, varieert ook de wijze waarop de uiteindelijke geïntegreerde scores of woonprofielen ontstaan. Voor de transformatie van indicatoren en scores naar woonprofielen worden in de planconcepten uiteenlopende methoden gehanteerd. Daarbij blijft het gebruik van de planconcepten niet beperkt tot het beleidsniveau van één (lokale) partij. De toepassingsmogelijkheden voor de planningspraktijk richten zich op uiteenlopende instanties met elk eigen verantwoordelijkheden, taken en uitvoeringsbevoegdheden op verschillende ruimtelijke planniveaus (zie figuur 8.1).

	Partijen in de ouderenhuisvesting					
	Provincie	Regio/stads- gewest	Gemeente	Woning- beheerder	Zorg- aanbieders	Consument
Seniorenscore						
- Algemeen beleid ouderenhuisvesting en zorg (volkshuisvestingsplan/ouderenhuisvestingsplan)	***	***	***			***
- Planning nieuwbouw en aanpassing	***	***	***	***		
- Woonruimteverdeling		***	***	***		
- Realiseren steunpunt nabij de doelgroep	***	***	***	***		***
Opplussen						
- Woningverbetering/groot onderhoud				***		
- Woningaanpassing op aanvraag (individueel)			***	***		
- Liftplaatsing			***	***		
*** = onderwerp van beleid						

gemeenten veelal op het ruimtelijk niveau van de wijk- of het stadsdeel, terwijl provincies met gegevens van nog een hoger ruimtelijk schaalniveau zullen werken. Daarmee bieden de planconcepten handreikingen voor beleidsontwikkeling voor diverse planniveaus. Tegelijkertijd dienen ook de beperkingen van dergelijke plan-concepten niet over het hoofd gezien te worden. Woonprofielen zijn indicatief van aard en de keuze van de (beleids)-relevante criteria lijkt in sommige gevallen

Figuur 8.1 Partijen in de ouderenhuisvesting en hun betrokkenheid bij beleid en/of uitvoering (SEV 1995)

arbitrair⁴. Kortom, op het terrein van de ouderenhuisvesting is geen alomvattend, uniform toepasbaar indicatorenstelsel aanwezig. De indicatoren voor het bepalen van residentiële geschiktheid voor ouderen zijn uiteenlopend van aard en krijgen een situatie-specifieke, lokale invulling. De objectieve criteria afkomstig van bovengenoemde planconcepten zijn normatief van aard en richtinggevend bij beleidsontwikkeling op het terrein van de ouderenhuisvesting. De toetsing van het hanteren van de normatieve planconcepten is evident⁵. Toetsing kan plaatsvinden door naast de beleidsgerichte normatieve criteria betreffende de woningvoorraad en woonomgeving te reflecteren aan meer sociale criteria en participatie van ouderen in de beleidsontwikkeling. Sociale criteria weerspiegelen de demografische eigenschappen en sociaal-economische positie van ouderen en aspecten van het wonen, zoals beleving, veiligheid en woonsatisfactie. Participatie van ouderen in beleidsontwikkeling⁶ vindt plaats via het bestuderen van de wensen, behoeften en beleving van ouderen ten aanzien van woning en woonomgeving. Ondanks het feit, dat ook aan het gebruik van subjectieve scores bepaalde inhoudelijke beperkingen kleven⁷, is het gewenst een subjectieve reflectie van het woongedrag van de individuele ouderen plaats te laten vinden (Houben 1995).

Een subjectieve reflectie omtrent de objectief vastgestelde woonprofielen leidt tot een meer evenwichtig beeld, zodat tegelijkertijd ook een breder draagvlak wordt gecreëerd voor beleidsstrategieën en te nemen beleidsmaatregelen. De subjectieve reflectie omvat de inbreng van kennis van sleutelfiguren en -organisaties en het peilen van woonbehoeften en -satisfactie van individuele ouderen via een survey. De objectieve en subjectieve vastgestelde gegevens worden geïntegreerd in woonprofielen, die duidelijke signalen afgeven voor het ontwikkelen van ruimtelijke beleidsstrategieën (zie figuur 8.2). Deze werkwijze is inmiddels in diverse beleidsgerichte studies toegepast (Raaijmakers *et al.* 1992; Wind *et al.* 1992; Raaymakers *et al.* 1996).

De uiteindelijke beleidsstrategieën zijn in deze studies tot stand gekomen via een interactief (beleids)proces. Het beleidsproces is een proces van communicatie en interactie tussen sleutelfiguren, vertegenwoordigers van voor de lokale ouderenhuisvesting relevante organisaties en de lokale ouderen. De dialoog tussen de relevante beleidsactoren wordt gevoed met de normatief en subjectief vastgestelde gegevens. Het bereiken van consensus en het creëren van een breed draagvlak over de meest gewenste beleidsstrategieën is het doel van het voeren van een dergelijk beleidsproces.

⁴ Van der Molen (1993) geeft enkele inhoudelijke problemen, die voor objectieve kwaliteitsmeting in de ouderenhuisvesting gelden

1. Een woning kan worden beoordeeld op allerlei deelaspecten, maar de functionele kwaliteit van een woning is meer dan de som van de deelaspecten;
2. De geschiktheid van een woning is afhankelijk van de huishoudenssituatie en fysieke conditie van ouderen, waardoor verschillende woningkenmerken worden gehanteerd;
3. Het is niet altijd even duidelijk waarom opgenomen woningkenmerken een bepaalde waarde moeten hebben om te kunnen spreken van een geschikte woning voor ouderen.

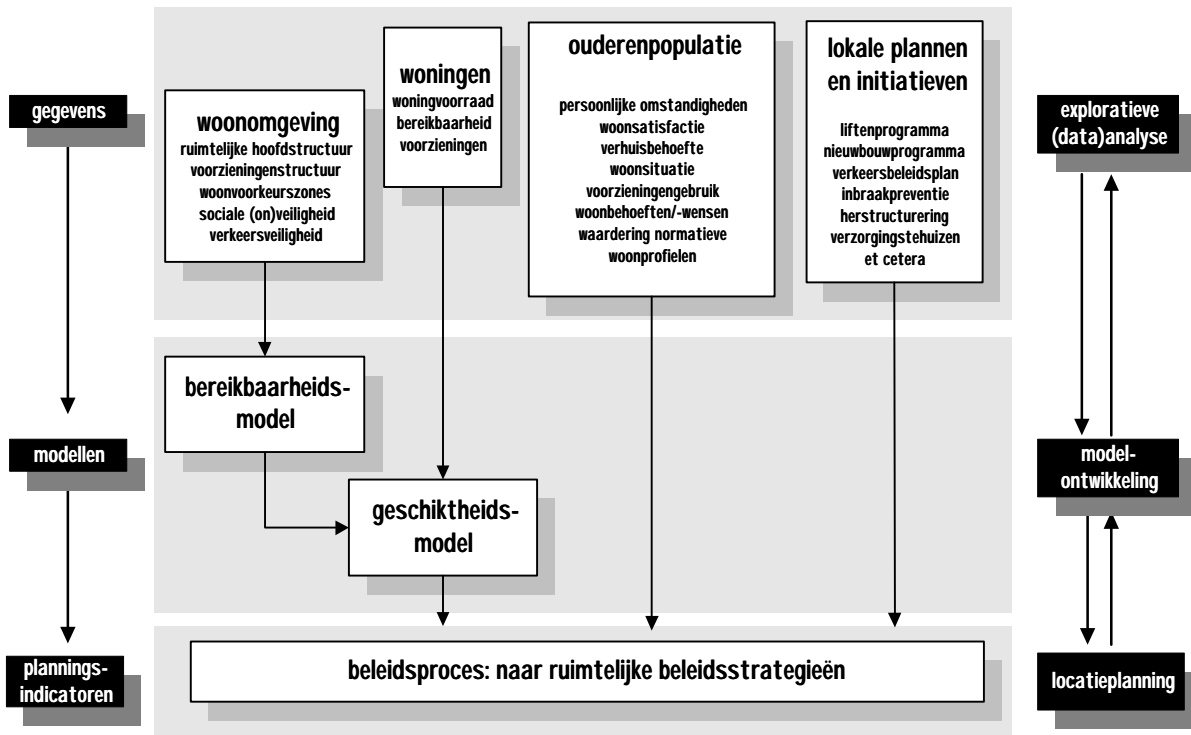
⁵ Houben (1994) benadrukt de participatie van ouderen in beleidsontwikkeling in de ontwikkelingsopgave in de ouderenhuisvesting.

De kwaliteit van de communicatie tussen de betrokken beleidsactoren is evident voor de 'creativiteit en vitaliteit' van de ontwikkelingsopgave. Houben benadrukt, dat het domein van de 'binnenwereld van het individu' op gelijkwaardige wijze (naast de objectieve werkelijkheid van wetenschap en technologie) in beleidsontwikkeling dient bij te dragen.

⁶ De participatie van ouderen bij het nemen van beslissingen ten aanzien van hun eigen woonsituatie is evident. De functionele ontkoppeling en individuele benadering is nader uitgewerkt door de Commissie Modernisering Ouderenzorg (1994). Er is een verschuiving opgetreden naar aandacht voor de individuele oudere door het aanbieden van op maat gesneden producten van wonen, zorg en welzijn. "In de gemoder-niseerde functiegerichte ouderenhuisvesting is de allocatie van een op maat gemaakte combinatie van woon-, zorg en welzijnsfuncties op het niveau van het individu het uitgangspunt" (Houben 1995, pp. 133). Van hieruit dient op hoger gelegen planniveaus, lokaal en regionaal, geïntegreerde ruimtelijke planning plaats te vinden.

⁷ Van der Molen (1993, pp. 36) signaleert enkele inhoudelijke beperkingen ten aanzien van ouderenparticipatie via het gebruik van 'subjectieve scores' bij het waarderen van woningen en woonmilieus voor ouderen:

1. De eigen fysieke conditie en huishoudenssituatie wordt door betrekkelijk weinig ouderen als uitgangspunt genomen voor de beoordeling van de functionele kwaliteit van de woning;
2. Door een relatieve onbekendheid van de diversiteit aan woonmogelijkheden hebben ouderen maar een beperkt beeld over geschikte huisvesting voor ouderen;
3. Het subjectieve geschiktheids criterium onderschat de reële problematiek in de ouderenhuisvesting. Dit omdat slechts een klein deel van de ouderen zal toegeven dat men in een ongeschikte woning woont.



Figuur 8.2 Werkwijze voor beleidsontwikkeling met behulp van woonprofielen

8.2.3 Woonprofielen voor de ouderenhuisvesting in Overvecht

Om te komen tot woonprofielen voor de ondersteuning van ouderenhuisvestingsbeleid in Overvecht zijn diverse normatieve en subjectief indicatoren vastgesteld⁸. De gehanteerde dimensies, indicatoren en hun betekenis zijn hieronder kort uiteengezet. Voor de beleidsinhoudelijke onderbouwing van de gehanteerde indicatoren en de resultaten van de survey wordt hier verwezen naar Raaymakers *et al.* (1996).

Normatieve woonprofielen; een stapsgewijze aanpak

Om te komen tot een normatief woonprofiel voor ouderen in Overvecht zijn in overleg met diverse relevante beleidsactoren⁹ enkele varianten ontwikkeld voor het samenstellen van de objectief vastgestelde woonprofielen. Uitgangssituatie is een situatie, waarin alle woningen in Overvecht zijn gekwalificeerd op basis van een set van criteria betreffende de woonomgeving en woning. De dimensie *woonomgeving* omvat de aanwezigheid c.q. bereikbaarheid van kernvoorzieningen. Binnen een loopafstand van 500 meter van de woning dient gesitueerd te zijn: een supermarkt of een combinatie van bakker-slager-groentewinkel-zuivelwinkel, een bushalte en een postkantoor/agentschap of bankkantoor/agentschap. Een woning is geschikt voor ouderen indien naast de aanwezigheid van deze kernvoorzieningen ook de volgende woningeigenschappen aanwezig zijn: ligging begane grond of bereikbaar met lift, alle vertrekken gelijkvloers, minimaal drie kamers, een minimaal woonoppervlak van 60m² en/of een bijzondere woonvorm voor

⁸ De keuze van de indicatoren is gebaseerd op groepsgesprekken met ouderen, de interviews met sleutelinformanten en de literatuur. Er is getracht aansluiting te vinden bij de eisen, die geformuleerd zijn door de SEV in het kader van het seniorenlabel en de seniorenscore (SEV 1995) en bij de gemeentelijke criteria van een geschikte woning voor ouderen. Ook de beschikbaarheid en kwaliteit van de gegevens is van betekenis geweest bij de keuze van relevante indicatoren.

⁹ De relevante beleidsactoren in Overvecht zijn afkomstig van diverse lokale instanties, zoals het ouderenwerk, het wijkbureau, de thuiszorg, het verzorgingstehuis, de dagverzorging, de politie, woningcorporaties en woonruimte-zaken (Raaymakers *et al.* 1996).

ouderen. Het objectief vastgestelde woonprofiel heeft tijdens het beleidsproces aanleiding gegeven tot het verkennen van een aantal varianten. Deze varianten richten zich vooral op de dimensie woonomgeving.

De eerste variant heeft betrekking op de aanscherping van de norm ten aanzien van de bereikbaarheid van kernvoorzieningen. Hiermee wordt het belang van kernvoorzieningen voor de minder valide ouderen benadrukt. *Variant 1* luidt: Binnen loopafstand van 250 meter van de woning dient gesitueerd te zijn: supermarkt of een combinatie van bakkerij-slagerij-groentewinkel-zuivelwinkel, een bushalte en een postkantoor/agentschap of bankkantoor/agentschap. Twee andere beleidsvarianten richten zich op het in acht nemen van een hoger voorzieningenniveau in de beleidsanalyse. *Variant 2* luidt: Binnen loopafstand van 500 meter van de woning dienen naast de bovengenoemde kernvoorzieningen twee van de vijf voor ouderen belangrijke 'ontmoetings-punten' gesitueerd te zijn. Als ontmoetingspunten worden onderscheiden het buurthuis, het dienstencentrum, het verzorgings-tehuis, de bibliotheek en de kerk of moskee. *Variant 3* verscherpt variant twee door te stellen dat binnen de loopafstand van 500 meter van de woning, naast de bovengenoemde kernvoorzieningen en twee van de vijf ontmoetingspunten, de huisarts en fysio-therapie gesitueerd dienen te zijn. Het spreekt voor zich, dat op deze wijze diverse varianten ontwikkeld kunnen worden. De lokale situatie zal invulling geven aan de indicatoren voor het samenstellen van normatieve woonprofielen. Belangrijk is het te streven naar overstemming tussen de diverse beleidsfactoren over de invulling van de normatieve woonprofielen. De presentatie van woonprofielen leidt vanwege de operationalisatie van de dimensie woonomgeving tot *ruimtelijke patronen*, waardoor een gebiedsgericht beleid mogelijk wordt. Hierdoor ontstaan de 'woonvriendelijke zones voor ouderen'. Deze zones worden in het vervolg aangeduid met ruimtelijk-normatieve woonprofielen.

Subjectieve woonprofielen via sleutelinformanten

Via gesprekken met sleutelinformanten in de wijk zijn (subjectieve) gegevens betreffende de sociale (on)veiligheid verzameld. Sociale (on)veiligheid is (in)direct van invloed op de woon- en leefomstandigheden van ouderen. Vanwege het ontbreken en/of de slechte toegankelijkheid en beschikbaarheid van objectieve gegevens over deze dimensie, zijn gegevens op subjectieve wijze vastgesteld. De indicator *sociale (on)veiligheid* wordt ruimtelijk bepaald aan de hand van de gebieden bekend bij de politie voor drugshandel en daaraan gerelateerde criminaliteit (samenscholing door 'randfiguren', tasjesroof, vernielingen en inbraken). Deze voor ouderen sociaal onveilige gebieden zijn op kaart vastgelegd door een bij de wijk betrokken en ervaren politiefunctionaris.

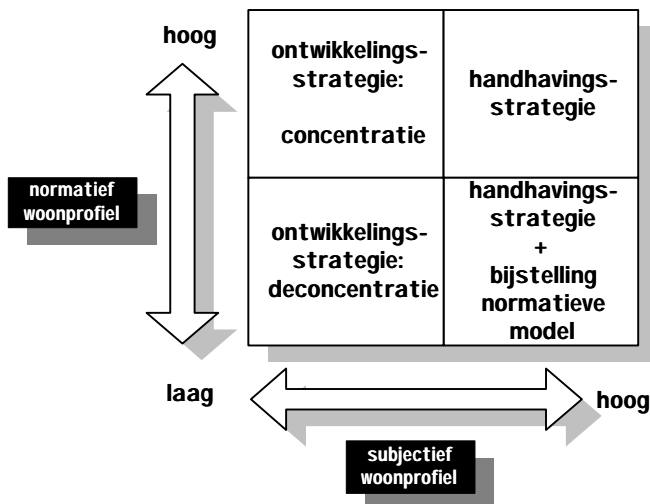
Eveneens zijn door sleutelinformanten en via groepsinterviews met ouderen uit de wijk Overvecht, *woonvoorkeursgebieden* vastgesteld. Deze woonvoorkeursgebieden zijn vastgesteld door sleutelinformanten en ouderen de volgende vraag voor te leggen: "Kunt u op een kaart gebieden intekenen die aantrekkelijk zijn en gebieden die volgens u minder aantrekkelijk zijn voor ouderen?". Vanwege het globale en subjectieve karakter van de vraag vervullen woonvoorkeursgebieden een indicatieve functie.

Individuele bewonerscores

Reflectie van de normatieve woonprofielen dient in eerste plaats via de (individuele) ouderen zelf plaats te vinden. Derhalve is via een survey onder 249 ouderen - woonachtig te Overvecht - getracht te achterhalen in hoeverre de normatieve woonprofielen aansluiting vinden bij de woonwensen en -behoeften van de ouderen in Overvecht. Naast aandacht voor de persoonlijke omstandigheden (leeftijd, competentie en stratificatie), de woonsituatie, het voorzieningengebruik, de woonbehoeften en de verhuis-behoefte heeft reflectie plaatsgevonden ten aanzien van de normatief vastgestelde woonprofielen.

8.2.4 Naar ruimtelijke beleidsstrategieën

De normatieve en subjectieve woonprofielen leveren een beleidsgericht beeld op van de woon- en leefomstandigheden van ouderen in Overvecht. Voor beleidsontwikkeling is het formuleren van beleidsalternatieven en -maatregelen een logische volgende stap. Het zoeken naar oplossingsrichtingen en beleidsalternatieven vindt plaats via een confrontatie van objectieve en subjectieve woonprofielen. Discrepancies tussen de diverse woonprofielen geven signalen en indicaties voor mogelijke beleids-maatregelen. Beleidsmaatregelen staan derhalve niet op zichzelf, maar zijn gebaseerd op ruimtelijke beleidsstrategieën. Ruimtelijke beleidsstrategieën zijn gekoppeld aan de ruimtelijke normatieve en subjectieve woonprofielen en krijgen via concrete beleidsmaatregelen invulling. Twee typen ruimtelijke beleidsstrategieën zijn in de context van de normatieve woonprofielen onderscheiden: handhavings- en ontwikkelingsstrategieën. De keuze van een ruimtelijke beleidsstrategie kan op relatief eenvoudige en inzichtelijke wijze worden afgeleid aan de hand van een discrepantiematrix (zie figuur 8.3).



Figuur 8.3 Ruimtelijke beleidsstrategieën en woonprofielen

De handhavingsstrategie is een defensieve strategie, waarbij gereageerd of geanticipeerd wordt op mogelijke bedreigingen, die het (kwaliteits)peil van de woonprofielen aantasten. Indien de normatieve woonprofielen een hoge score opleveren en de subjectieve woonprofielen een lage score, is er sprake van een discrepantie en biedt de ontwikkelingsstrategie mogelijkheden voor beleidsmaatregelen die gericht zijn op concentratie. De ontwikkelingsstrategie is een offensieve strategie, waarbij een concentratie- en een deconcentratie strategie wordt onderscheiden. De concentratiestrategie richt zich op de verbetering van het kwaliteitspeil in woongebieden met hoge normatieve en lage subjectieve woonprofielen. Het deconcentratieperspectief richt zich in het bijzonder op de woongebieden met lage normatieve en subjectieve woonprofielen. Het werken met ruimtelijke beleidsstrategieën is indicatief en richtinggevend van aard en diverse combinaties van (deel)strategieën kunnen uiteraard worden gehanteerd.

Reflectie woonprofielen

De keuze voor een ruimtelijke beleidsstrategie is gebaseerd op de signalen, die voortvloeien uit de reflectie van de normatieve en subjectieve woonprofiel scores. De mate van discrepantie dan wel overeenstemming tussen deze scores geeft een signaal af voor een te volgen ruimtelijke beleidsstrategie. Dit veronderstelt, dat de normatieve en subjectieve woonprofielen te kwantificeren en te vergelijken zijn in één enkele geïntegreerde woonprofiel score. Het subjectieve woonprofiel, dat door de sleutelinformanten via de woonvoorkeurszones is verkregen, is geschikt voor integratie met de normatieve woonprofielen. Echter het zeer indicatieve karakter van deze indicatoren maakt het beleidsgerichte gebruik ervan minder stringent. De individuele woonprofielen van de bewoners zijn gebaseerd op een steekproef en lenen zich niet voor integratie in een geïntegreerd woonprofiel met normatieve woonprofielen. Daarentegen zijn de bewonersscores geschikt voor beleidsontwikkeling en een reflectie met normatieve woonprofielen. Door de indicatoren van de normatieve woonprofielen te reflecteren aan overeenkomstige bewonerscores, wordt het mogelijk de normatieve profielen te 'toetsen'. De reflectie kan leiden tot aanpassing van de samenstelling van indicatoren voor normatieve woonprofielen.

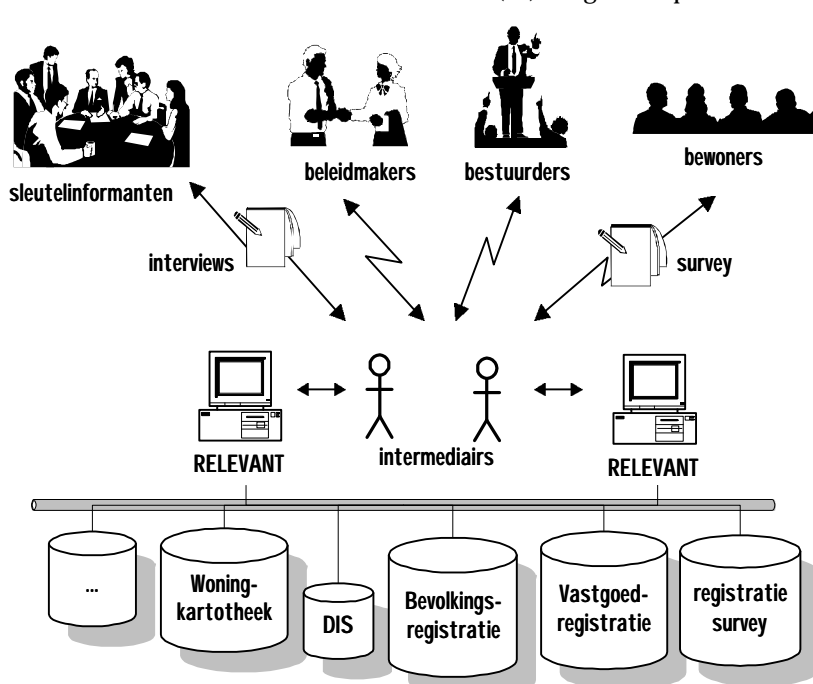
Het beleidsproces

In het beleidsproces is het zaak via de persoonlijke communicatie tussen de diverse beleidsactoren overeenstemming te bereiken over de te volgen ruimtelijke beleidsstrategie en de te nemen beleidsmaatregelen. Belangrijk uitgangspunt voor het ontwikkelen van beleidsalternatieven zijn de vigerende lokale plannen, initiatieven en beleidsdoelstellingen. Beleidsontwikkelingen die in dergelijke lokale plannen zijn opgenomen, dienen hun doorwerking te krijgen in de beleidsalternatieven en -aanbevelingen. Zo zijn in Overvecht diverse relevante lokale beleidsplannen aanwezig die van invloed zijn voor het ontwikkelen van beleidsalternatieven, zoals een liftenprogramma voor hoogbouwflats, een nieuwbouwprogramma, een verkeersbeleidsplan en zijn er plannen voor de herstructurering van de verzorgingstehuizen. Ook vigerende beleidsdoelstellingen worden in het beleidsproces meegenomen. Zo is het creëren en in standhouden van een woon- en leefomgeving met een min of meer heterogene bevolkingssamenstelling een doelstelling van het lokale overheidsbeleid. Het bepalen van effecten van beleidsmaatregelen op de heterogeniteit van de bevolkingssamenstelling is derhalve gewenst.

Mogelijke oplossingsrichtingen kunnen in de vorm van scenario's verder worden bestudeerd. Het gebruik van scenario's geeft inzicht in de effecten van mogelijke veranderingen en ontwikkelingen vanuit een bestaande situatie. Een belangrijke rol van het gebruik van scenario's is gelegen in het verkennen van alternatieve keuzemogelijkheden en oplossingsrichtingen door de mogelijke gevolgen daarvan inzichtelijk te maken. In geval van de woonprofielen worden veranderingen aangebracht in de vorm van relevante beleidsmaatregelen (zie figuur 8.1). De effecten van deze veranderingen worden opnieuw (kwantitatief) in beeld gebracht via de woonprofielen. Veranderingen kunnen daarbij door worden gevoerd ten aanzien van uiteenlopende aspecten van de woonprofielen, dimensies, indicatoren, hun attributen en scores.

8.2.5 RELEVANT; een GIS-applicatie voor de ontwikkeling van lokaal ouderenhuisvestingsbeleid

Ter ondersteuning van de beleidsontwikkeling op het terrein van de ouderenhuisvesting in Overvecht is de GIS-applicatie *RELEVANT* ontwikkeld (Grothe *et al.* 1991; Grothe en Blom 1992; Grothe *et al.* 1996a; 1996b; Heinhuis 1992). De GIS-applicatie *RELEVANT*, hetgeen staat voor *REsidentiële Locatie EValuatie en ANalyse Tool*, ondersteunt beleidsmakers in beleidsontwikkeling en beslissers - veelal de lokale bestuurders - bij het uitvoeren van beleid en het nemen van beleidsmaatregelen. Informeren staat daarbij centraal. De GIS-applicatie *RELEVANT* ondersteunt de eindgebruiker(s) bij het berekenen, combineren, analyseren en presenteren van diverse indicatoren in normatieve en subjectieve woonprofielen en het formuleren van beleidsstrategieën. Op basis van eerder opgedane ervaringen (zie Raaijmakers *et al.* 1992; Wind *et al.* 1992) en in overleg met de gebruiker(s) van het systeem bij de gemeente Utrecht is een aantal functionele eisen geformuleerd. *RELEVANT* kan beschouwd worden als een geïntegreerd beleidsondersteunend systeem voor de ouderenhuisvesting. Diverse uiteenlopende typen gegevens en functies zijn via een op maat gesneden systeem beschikbaar en toegankelijk. Gezien de inhoudelijke problematiek maakt *RELEVANT* voor de toepassing in Overvecht gebruik van diverse (gemeentelijke) gegevensbanken (zie figuur 8.4). Naast het automatisch inlezen van gegevens uit de externe gegevensbanken zoals de woningkartotheek, het distributie informatiesysteem (DIS), de bevolkingsregistratie en het vastgoedinformatiesysteem verwerkt *RELEVANT* gegevens betreffende individuele waarnemingen (surveygegevens en kaartgebonden gegevens). De gegevens met betrekking tot de woning en woonomgeving van ouderen zijn beschikbaar gekomen via enkele bestaande gegevensbanken van de gemeente Utrecht en via interviews met individuele ouderen en diverse sleutelinformanten uit de wijk Overvecht. Voor het meten op het individuele planniveau van de woning zijn een grote hoeveelheid uiteenlopende gegevens nodig, die niet in alle gevallen aanwezig zijn of niet voldoende actueel of betrouwbaar zijn. Onder andere via inspectie in de wijk zijn bepaalde gegevens geactualiseerd. Daarbij komt dat het verzamelen van subjectieve indicatoren via sleutelfiguren en bewoners (via gerichte interviews en survey) een extra inspanning vereist. Naast het inlezen van gegevens uit diverse gegevensbanken komt de meerwaarde van een geïntegreerd systeem voor beleidsontwikkeling tot stand via functies van gegevensanalyse en -presentatie. Uit de bovenstaande omschrijving van het probleemdomen 'ouderenhuisvesting' is een aantal minimaal vereiste functies gedestilleerd voor de ontwikkeling van *RELEVANT*. Voor het werken met normatieve woonprofielen zijn functies nodig voor het berekenen van indicatoren voor de bereikbaarheid van voorzieningen en geschiktheidsscores. Voor de reflectie van de individuele bewonersscores met de normatieve woonprofielen zijn functies ontwikkeld voor het leggen van statistische relaties (correlatiematen, kruistabellen en andere technieken van bivariate analyse). Tenslotte is voor het invoeren van woonvoorkeur- en sociaal (on)veilige woonprofielen een functie voor interactief grafische kaartinvoer en attribuuttoekenning ontwikkeld. Via functies van multi-dimensionele presentatie worden de gegevens toegankelijk gemaakt via kaart, tabel, grafiek en tekst. Tegelijkertijd is het met een dergelijk instrument mogelijk verschillende beleidsvarianten en hun effecten snel en inzichtelijk in beeld te brengen. Op het gebruik van een dergelijk computergestuurd instrument en de mogelijkheden woonprofielen en hun varianten door te rekenen, te analyseren en te presenteren wordt in paragraaf 8.6 nader ingegaan. Tevens zijn daarbij ter illustratie enkele empirische resultaten van normatieve woonprofielen (inclusief varianten) voor de wijk Overvecht met behulp van multi-dimensionele presentatie weergegeven.



Figuur 8.4 *RELEVANT* en gegevensbanken voor de ouderenhuisvesting

De objectgeoriënteerde analyse richt zich in deze case studie op de systeemfuncties voor het werken met normatieve woonprofielen. Voor het werken met woonprofielen zijn twee functies ontwikkeld, die in de vorm van (domein)modellen in *RELEVANT* zijn opgenomen, namelijk bereikbaarheids- en

geschiktheidsmodellen. De wijze, waarop deze modellen in de GIS-applicatie RELEVANT zijn opgenomen, wordt respectievelijk in paragraaf 8.4 en 8.5 beschreven.

Het werken met de modellen in RELEVANT komt paragraaf 8.6 aan de orde, waarin tevens via de functies voor (data)analyse wordt geïllustreerd hoe RELEVANT is ingezet voor beleidsontwikkeling in Overvecht.

Gebruik van RELEVANT; de gebruikers

Zoals in hoofdstuk 4 reeds aan de orde is gesteld, zijn bij het werken met beslissingsondersteunende systemen verschillende typen gebruikers te onderscheiden. Een beslissingsondersteunend systeem ondersteunt zowel het proces van modelontwikkeling als modelgebruik. Voor het ondersteunen van het proces van modelontwikkeling beschikt de eindgebruiker over een flexibele omgeving om te 'spelen' met gegevens en modellen. Het werken met het bereikbaarheids- en geschiktheidsmodel in RELEVANT behoort tot het kennisdomein van de analyst of modelleur. Deze beschikt namelijk over de benodigde kennis betreffende het probleem, de gegevens en beslissingsomgeving en over methodologische kennis om modellen te specificeren en analyses uit te voeren. Het modelgebruik in RELEVANT is vooral gericht op het toepassen van het geschiktheidsmodel in relatie tot diverse beleidsplannen en het maken van ruimtelijk beleidsstrategieën. De besluitvormer - of een intermediaire eindgebruiker - zal het geschiktheidsmodel gebruiken om mogelijke planningsmaatregelen door te rekenen. Een gebruikersvriendelijke gebruikers-interface in combinatie met een eenduidige grafische presentatie van de relevante indicatoren maken de gegevens en modellen toegankelijk voor de besluitvormer.

8.3 Conceptualisatie en analyse van het probleemdomein 'ouderenhuisvestingsbeleid Overvecht'

8.3.1 Functionele decompositie

Naast use cases voor de functies voor bestandsbeheer, het (geo)grafisch bewerken van gegevens, de presentatie, selectie en opvraag van gegevens (zie bijlage 3) zijn het de use cases voor het werken met de *probleemdomeinspecifieke modellen* en de use cases voor *data-analyse* die in deze case studie van belang zijn. De use cases voor de ontwikkeling van RELEVANT zijn hieronder weergegeven:

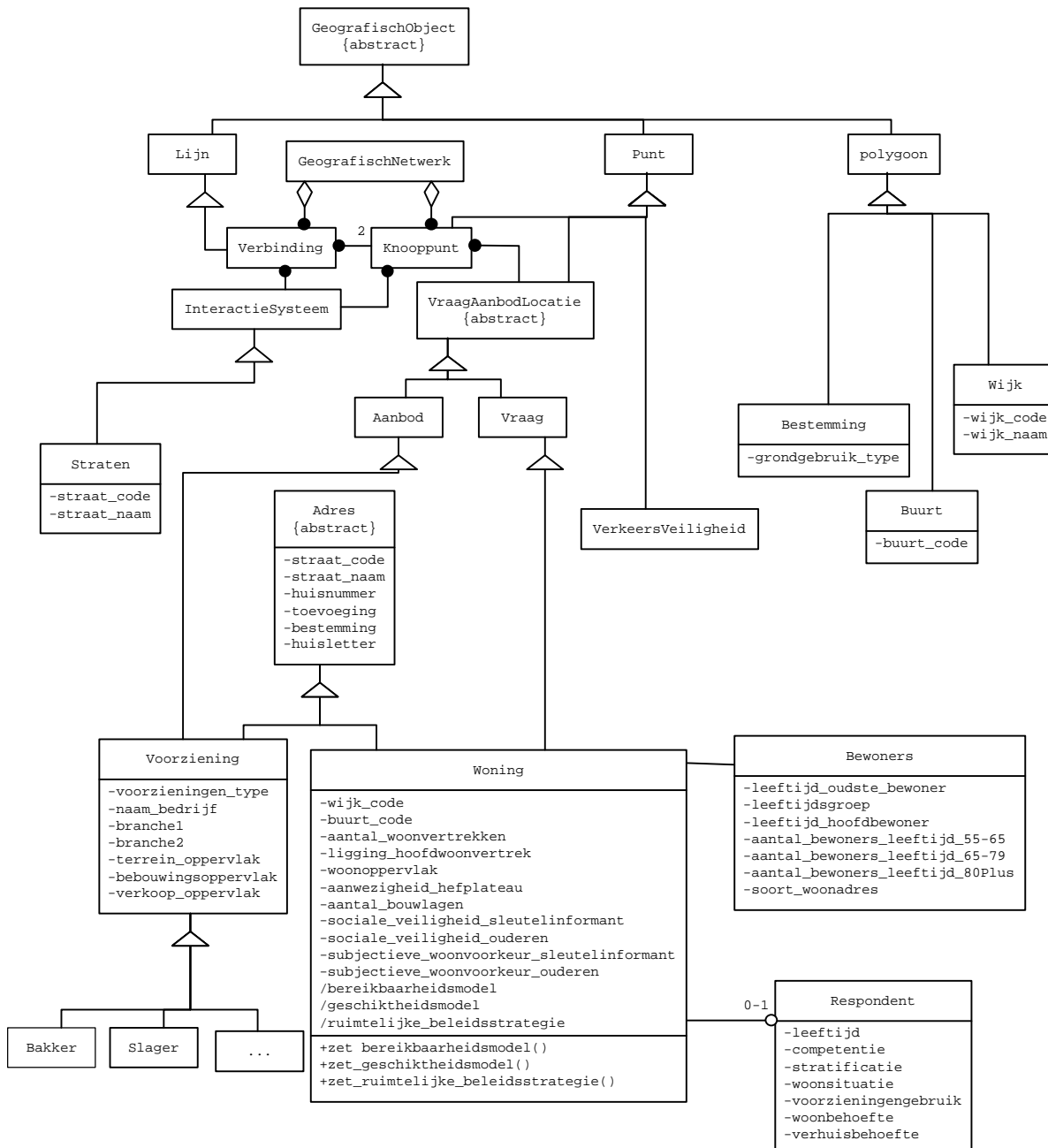
1. Functies voor het werken met bereikbaarheidsmodellen: toevoegen_bereikbaarheidsmodel, tonen_bereikbaarheidsmodel, wijzigen_bereikbaarheidsmodel en verwijderen_bereikbaarheidsmodel.
2. Functies voor het werken met geschiktheidsmodellen en ruimtelijke beleidsstrategieën: toevoegen_geschiktheidsmodel, tonen_geschiktheidsmodel, wijzigen_geschiktheidsmodel en verwijderen_geschiktheidsmodel.
3. Functies voor uni- en bivariate data-analyse:
 - berekenen van univariate statistieken (bereken_uni_statistieken);
 - berekenen van frequentiestatistieken (bereken_frequentie_statistiek);
 - berekenen van correlatiematen (bereken_correlatie_maten);
 - berekenen van kruistabellen (bereken_kruistabel).

In de paragrafen 8.4 en 8.5 worden respectievelijk de functies voor het werken met bereikbaarheidsmodellen en geschiktheidsmodellen aan een objectgeoriënteerde analyse onderworpen. De functies voor het maken van ruimtelijke beleidsstrategieën zijn sterk gerelateerd aan het werken met geschiktheidsmodellen. In paragraaf 8.5.2 wordt aandacht besteed aan het werken met geschiktheidsmodellen voor het formuleren van ruimtelijke beleidsstrategieën. De functies voor uni- en bivariate analyse zijn achterwege gelaten; in de beschrijving van de case studie in paragraaf 8.6 worden voorbeelden gegeven van het gebruik van deze functies. In de volgende subparagraaf wordt het objectmodel van het probleemdomein beschreven.

8.3.2 Analyse; objectmodellering probleemdomein 'ouderenhuisvestingsbeleid Overvecht'

De beschikbare en verwerkte gegevens voor het probleemdomein Overvecht zijn in het klassendiagram van het probleemdomein weergegeven (figuur 8.5). Het klassendiagram voor de wijk Overvecht is relatief eenvoudig en weerspiegelt de gegevens en hun ruimtelijke representatie. Negen typen geo-objecten zijn onderscheiden: de voorzieningen, woningen, bewoners, respondenten, het stratennetwerk, de verkeersveiligheid, het grondgebruik, de wijken en buurten. Objecten van deze objecttypen erven de

eigenschappen over van ruimtelijke objecten en kunnen daarmee in kaart gebracht worden en via het kaartbeeld als inputgegevens in probleemdominmodellen opgenomen worden (zie figuur 8.5). Een tweetal (administratieve) gebiedsindelingen zijn van belang: de wijk Overvecht en de negen buurten binnen Overvecht. De objecten van het type `Wijk` en `Buurt` zijn geografisch als vlak gerepresenteerd en erven de eigenschappen over van de ruimtelijke klasse `Polygoon`. De klasse `Straten`, die voor de geografische presentatie en netwerkanalyse noodzakelijk zijn, erven de eigenschappen over van de klasse `Interactie-Systeem`. Objecten van het type `Woning` en `Voorziening` zijn geografisch als punt weergegeven. De klasse `Voorziening` is een abstracte klasse. De diverse typen voorzieningen erven de eigenschappen van de abstracte klasse `Voorziening` over; hier zijn slechts de klassen `Bakker` en `Slager` weergegeven. De overige voorzieningeklassen zijn `GroenteWinkel`, `ZuivelWinkel`, `Supermarkt`,



Figuur 8.5 Klassendiagram probleemdomin Overvecht

Postkantoor/AgentSchap, Fysiotherapie en Huisarts. Vanwege een enkele gemeenschappelijke eigenschappen van objecten van het type Woning en Voorziening is de abstracte klasse Adres geïntroduceerd. De klasse Bewoners beschrijft de (geaggregeerde) gegevens betreffende het aantal oudere bewoners per woning. De klasse Respondent bevat de eigenschappen van de 249 respondenten, die aan de survey hebben deelgenomen. Het aantal attribuutvariabelen correspondeert met het aantal items in de vragenlijst. Gezien de omvang van de vragenlijst zijn slechts de attribuutvariabelen, die ter beschrijving van onderhavige case studie zijn gehanteerd, in bovenstaande klassendiagram opgenomen.

Het hierboven beschreven klassendiagram voor het probleemdomenein Overvecht geeft een statische beschrijving van de objecten en hun toestand. Vanwege het belang van de modelberekeningen in *RELEVANT* zijn deze, door de gebruiker(s) gedefinieerde attribuutvariabelen, niet opgenomen in dit klassendiagram. Het gaat daarbij om attribuutvariabelen van de klasse Woning, die het resultaat zijn van modelberekeningen. Deze attribuutvariabelen zijn bereikbaarheidsmodel, geschiktheidsmodel en ruimtelijke_beleidsstrategie (zie subparagrafen 8.4.3 en 8.5.3).

Een aantal elementaire relaties tussen objecten is niet in het klassendiagram van het probleemdomenein opgenomen. Het gaat daarbij om de ruimtelijke relaties tussen de geo-objecten uit het probleemdomenein. De ruimtelijke associaties zijn op het lager gelegen niveau van het ruimtelijke klassendiagram opgenomen (zie figuur 6.7).

8.4 Het bereikbaarheidsmodel

8.4.1 Operationalisatie bereikbaarheidsmodel

Ruimtelijke normatieve woonprofielen hebben een ruimtelijke neerslag als gevolg van het afbakenen van een geografische ruimte op basis van de ruimtelijke nabijheid van voorzieningen in de woonomgeving van ouderen. Het achterliggende geografische concept, dat een kader biedt voor operationalisatie van de nabijheid van voorzieningen, is *bereikbaarheid*. Bereikbaarheid omvat de mogelijkheid voor een individu of groep om een bepaalde plaats te bereiken en daar een activiteit uit te voeren¹⁰. Afstand speelt vanzelfsprekend een essentiële rol: een grote afstand betekent een lage bereikbaarheid en een kleine afstand een hoge bereikbaarheid. De relatieve afstand weerspiegelt de tijd, moeite danwel kosten om een afstand te overbruggen. Er is een grote hoeveelheid bereikbaarheidsmaten en -indicatoren voorhanden (voor een overzicht zie Hilbers en Verroen 1993), zoals bereikbaarheid als ruimtelijke nabijheid, als waarschijnlijkheid van interactie, als indicatie van ruimtelijke mogelijkheden, als mogelijkheid tot 'multi-purpose trips' en als activiteitenpatroon in tijd-ruimte perspectief¹¹. In de context van de ruimtelijke normatieve woonprofielen wordt uitgegaan van fysieke bereikbaarheid als ruimtelijke nabijheid, zoals ook ten grondslag ligt aan het planconcept van de woonvriendelijke zones voor ouderen (PPD Noord-Holland 1989): "Ouderen bezoeken voorzieningen in evenredige mate van belangrijkheid binnen 500 meter lopen of 400 meter hemelsbreed". Fysieke bereikbaarheid is een eigenschap van een woning, die de moeite of het gemak aangeeft waarmee vanuit de woning de omliggende voorzieningen kan worden bereikt. Ingram (1971) onderscheidt twee typen bereikbaarheid als ruimtelijke nabijheid: relatieve en integrale bereikbaarheid. Relatieve bereikbaarheid wordt omschreven als de mate waarin twee plaatsen of punten met elkaar verbonden zijn. Integrale bereikbaarheid

¹⁰ Bereikbaarheid, ook wel aangeduid met toegankelijkheid, is bepalend voor het ontstaan van een ruimtelijke verplaatsing of ruimtelijke interactie. Bereikbaarheid en toegankelijkheid zijn echter weinig operationele begrippen en lijken veel op elkaar. De complementaire relatie tussen beide dient gezien te worden vanuit een tweetal kenmerken: objectieve en subjectieve bereikbaarheid. Bereikbaarheid omvat zowel objectief-fysieke aspecten (afstand, netwerk) als subjectieve aspecten (inspanning, gemak, perceptie). Een voorziening kan een goede fysieke bereikbaarheid hebben, echter is pas 'toegankelijk' voor ouderen indien ook aan andere voorwaarden is voldaan (bijvoorbeeld informatie, verplaatsingskosten).

¹¹ Ruimtelijke nabijheid wordt gemeten door de afstand of reistijd waarmee een afstandsoverbrugging kan plaatsvinden (Ingram 1971). Bij bereikbaarheid als waarschijnlijkheid van interactie wordt naast de afstand tussen twee locaties ook de eigenschappen van de locaties in acht genomen. Deze waarschijnlijkheid van interactie wordt ook wel graviteitspotentiaal genoemd, omdat de waarschijnlijkheid gebaseerd is op graviteitsprincipes (Rich 1980). Een andere vorm van bereikbaarheid betreft de keuzemogelijkheden, die aanwezig zijn in de nabije omgeving. Ook kan bereikbaarheid van meerdere voorzieningen in één bezoek of multi-purpose trips worden gezien. Naast deze benaderingen kan bereikbaarheid ook beschouwd worden vanuit tijd-ruimte perspectief. Hierin wordt bereikbaarheid mede bepaald door de vraag wanneer en hoe lang een locatie bereikbaar is en indien een individu op die tijdstippen verplaatsingsmogelijkheden heeft (zie voor een overzicht van bereikbaarheidsmaten Hilbers en Verroen 1993).

beschrijft de verbondenheid van één punt met meerdere punten in het bereikbaarheidssysteem.

De integrale bereikbaarheid is daarmee een afgeleide van de relatieve bereikbaarheid. In onderstaande formele beschrijving is deze relatie weergegeven:

$$A_i = \sum_{j=1}^n c_{ij} \quad (8.1)$$

waarbij,

A_i = de integrale bereikbaarheid van punt i
 c_{ij} = de relatieve bereikbaarheid van punt j in i

c_{ij} weerspiegelt de kosten, tijd, moeite om een afstand te overbruggen. c_{ij} is daarmee een afgeleide van de afstand. In de plan-concepten rondom woonprofielen voor ouderen is meestal de afstand als bereikbaarheidsindicator genomen. Daarbij wordt veelal uitgegaan van een minimale norm via het principe van afstandsminimalisatie. De kosten c_{ij} worden vervangen door afstand d_{ij} (Distance) ten opzichte van de dichtsbijzijnde voorziening:

$$A_i = \min d_{ij} \quad (8.2)$$

waarbij,

A_i = de integrale bereikbaarheid van punt i
 $\min d_{ij}$ = de afstand van woning i naar de dichtsbijzijnde voorziening j

De d_{ij} wordt met behulp van loopafstanden via een stratenpatroon - een netwerk bestaande uit knooppunten en verbindingen - bepaald. Daarvoor zijn een drietal invoergegevens noodzakelijk: de herkomstlocaties (woningen), de bestemmingslocaties (voorzieningen) en het stratenpatroon waarlangs de kortste route tussen herkomst- en bestemmingslocatie wordt berekend (zie paragraaf 6.3.3). De ruimtelijke normatieve woonprofielen, zoals in paragraaf 8.2.3 uiteengezet, zijn gebaseerd op bovenstaande operationalisatie van bereikbaarheid. Locaties met eenzelfde bereikbaarheidswaarde worden weergegeven in (equi)bereikbaarheidsgebieden. Dergelijke gebieden geven een visueel overzicht - en daarmee het ruimtelijk inzicht - in de spreiding en variatie van bereikbaarheid van kernvoorzieningen voor ouderen. De eenvoud en heldere interpretatie van de bovengenoemde bereikbaarheidsmaat speelt een belangrijke rol bij het gebruik ervan. Toch is bereikbaarheid op basis van afstandsminimalisatie een zeer beperkte bereikbaarheidsmaat. Zo zijn bijvoorbeeld de keuzemogelijkheden in de lokale aan-bodstructuur van voorzieningen en gebruiksfrequentie van voorzieningen door ouderen niet verdisconteerd in deze bereikbaarheidsmaat. Door zijn eenvoud is de maat wel uitermate geschikt voor beleidsgerichte normstellingen.

8.4.2 Gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse bij het gebruik van bereikbaarheidsmodellen; methodegevoeligheid

Gezien het eenvoudige karakter van het afstandsminimalisatiemodel is de behoefte ontstaan om bij het meten van bereikbaarheid - dat wil zeggen de ruimtelijke nabijheid van voorzieningen in de woonomgeving van ouderen - rekening te houden met het gebruik van voorzieningen door ouderen en de keuzemogelijkheden in de woonomgeving. Met het *potentiaalmodel* wordt bereikbaarheid bepaald aan de hand van de attractiviteit van en keuzemogelijkheden aan voorzieningen in de woonomgeving van ouderen. Een potentiaalindicator weerspiegelt de intensiteit van mogelijke interactie tussen sociale en/of economische groepen op verschillende locaties. Daarbij gaat het niet om de interactie zelf maar om de mogelijkheid tot of de kans op interactie; hoe en in welke mate kan interactie optreden (Rich 1980). Ten behoeve van de normatieve woonprofielen voor ouderen kan de potentiaal-indicator gezien worden als een maat voor de relatieve locatie of toegankelijkheid danwel een indicator voor waarschijnlijkheid van interactie. Het potentiaalmodel vervult een beschrijvende functie door het weergeven van de ruimtelijke spreiding van geschikte woningen voor ouderen op basis van de omgekeerd evenredige relatie tussen nabijheid en aantrekkingskracht van voorzieningen. De potentiaalfunctie is afgeleid van de graviteitstheorie van Newton. Wordt in het oorspronkelijke model van Newton de aantrekkingskracht tussen twee massa's gemeten, de potentiaalgraviteit meet de aantrekkingskracht in een massa onder invloed van alle andere massa's. Daarbij wordt verondersteld dat naarmate de afstand toeneemt de interactie afneemt en naarmate de aantrekkingskracht groter wordt de interactie groter wordt. Daarmee zijn afstand of nabijheid en aantrekkingskracht omgekeerd evenredig. Woonlocaties met een relatief hoge potentiaalwaarde hebben grote(re) mogelijkheden voor interactie met andere locaties

en zijn gunstig gelegen ten opzichte van voorzieningen. Woonlocaties met een lage waarde hebben relatief weinig mogelijkheden voor interactie en liggen relatief ongunstig ten opzichte van voorzieningen. Het potentiaalmodel is wiskundig vertaald in onderstaande formule (Hansen 1959):

$$P_i = \sum_{j=1}^n \frac{m_j}{d_{ij}^\beta} \quad (8.3)$$

waarbij,

P_i	=	potentiaal van woning i
m_j	=	de massa c.q. aantrekkingskracht van voorziening j
d_{ij}	=	afstand tussen woning i en voorziening j
β	=	afstandsvervalparameter ¹²

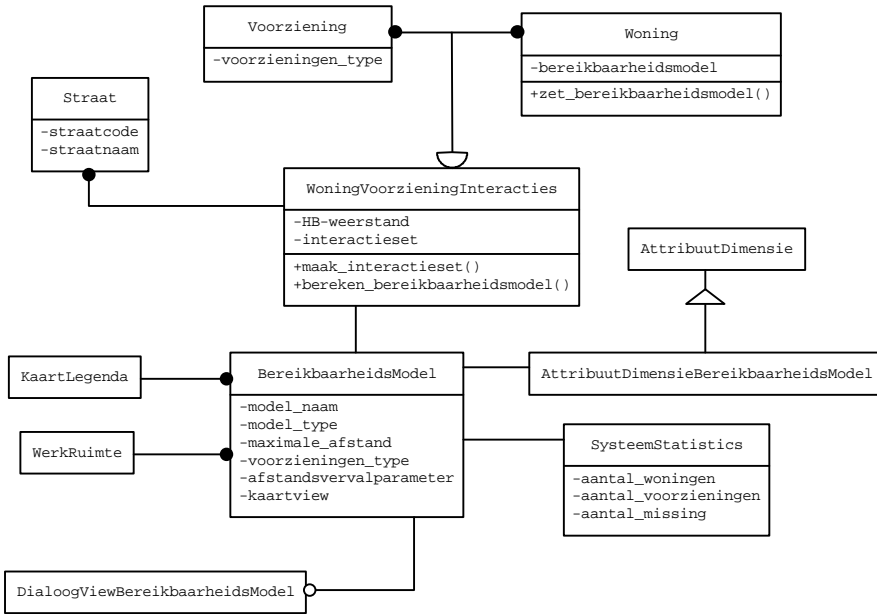
Er zijn verschillende variaties mogelijk op de bovenstaande uitwerking van het potentiaalmodel (zie Rich 1980). Het potentiaalmodel van Hansen (1959) kan worden geïnterpreteerd als de relatieve waarschijnlijkheid op interactie. Daarbij is de meet-eenheid, waarin de potentiaalwaarde wordt uitgedrukt, relatief moeilijk interpreteerbaar. Het potentiaalmodel relateert de ligging en omvang van een punt (een woning) aan de ligging en omvang van die van andere punten (voorzieningen). Veelal echter wordt de totale potentiaal van een punt ten opzichte van alle andere punten in het systeem gezien. Vandaar dat het meer gebruikelijk en toepasbaar is om potentiaalwaarden voor alle locaties te berekenen, zodat een relatieve maat ontstaat en vergelijking mogelijk is. De potentiaalmaat is daarbij tevens gevoelig voor het in acht nemen van een geografische afbakening waarbinnen de voor ouderen bereikbare keuzemogelijkheden zijn gesitueerd. Door de keuzemogelijkheden binnen verschillende afstandszones in acht te nemen is het mogelijk variatie te verkennen. Richtinggevend hierbij is vanzelfsprekend de actieradius van ouderen in hun ruimtelijk keuzegedrag. In de volgende paragraaf zijn de ingrediënten voor het werken met de bovenstaande bereikbaarheidsmodellen en objectgeoriënteerd klassendiagram weergegeven.

8.4.3 Analyse; objectmodellering bereikbaarheidsmodel

Voor het werken met bereikbaarheidsmodellen in *RELEVANT* is een aantal modelcomponenten onderscheiden. De modelcomponenten zijn in onderlinge samenhang in een klassendiagram weergegeven (figuur 8.6). De klasse `BereikbaarheidsModel` is een concrete klasse met diverse attribuutvariabelen, waaronder de door de gebruiker te specificeren attribuutvariabelen `model_naam`, `model_type`, `maximale_afstand`, `afstandsvervalparameter` en `voorzieningen_type`. Het attribuut `maximale_afstand` weerspiegelt de gedefinieerde geografische afstand (in meters), waarbinnen ruimtelijke keuzemogelijkheden aan voorzieningen een rol spelen. Via het attribuut `afstandsvervalparameter` specificeert de gebruiker het afstandsverval (de beta) voor het potentiaalmodel. Bereikbaarheid wordt daarbij beschouwd als een eigenschap van objecten van het type `Woning`. De bereikbaarheid wordt met behulp van de klasse `WoningVoorzieningInteracties` berekend. De klasse `WoningVoorzieningInteracties` wordt opgebouwd op basis van ruimtelijke interacties tussen objecten van het type `Woning` en het type `Voorziening` bezitten. In een bereikbaarheidsmodel zijn één of meerdere typen voorzieningen gespecificeerd. In het attribuut `voorzieningen_type` worden de door de gebruiker gespecificeerde voorzieningen opgeslagen. Objecten van het type `WoningVoorzieningInteracties` zijn verantwoordelijk voor het berekenen van de bereikbaarheidsmodellen. In objecten van het type `AttribuutDimensieBereikbaarheidsModel` is onder andere het attribuutdomein en de meet-eenheid vastgelegd.

Daarnaast zijn enkele aan het bereikbaarheidsmodel gerelateerde klassen weergegeven in het klassendiagram. De klasse `KaartLegenda` heeft een associatie met de klasse `BereikbaarheidsModel` vanwege de specificatie van de inputgegevens voor het bereikbaarheidsmodel, die via het kaartbeeld tot stand komt. De gebruiker van *RELEVANT* geeft namelijk via het kaartbeeld aan welke inputgegevens voor de modelberekeningen gebruikt moeten worden. Ieder bereikbaarheidsmodel is derhalve aan een kaartbeeld gekoppeld, waarin voorzieningen en woningen en het interactiesysteem zijn opgenomen. Op deze wijze is het mogelijk

¹² De parameter β geeft het verval van afstand weer en ligt veelal tussen 1 en 2. Doorgaans wordt de graviteitsparameter gelijk gesteld aan 1 (Bruinsma 1994). Het vaststellen van de parameter dient echter een empirische basis te krijgen.



Figuur 8.6 Klassendiagram bereikbaarheidsmodel

bereikbaarheidsmodellen in *RELEVANT* gaat het om use cases voor het toevoegen van een nieuw bereikbaarheidsmodel, het weergeven en afdrukken van (een overzichtslijst) van bestaande bereikbaarheidsmodellen, het verwijderen van een bestaand bereikbaarheidsmodel en het wijzigen van een bestaand bereikbaarheidsmodel. Voor ieder scenario zijn normale en diverse exceptionele scenario's ontwikkeld. In figuur 8.7 is achtereenvolgens het normale scenario, het eventtraceringsdiagram en het dialoogformaat weergegeven voor de functie 'Toevoegen bereikbaarheidsmodel'. Voor het eventstroomdiagram voor het werken met bereikbaarheidsmodellen wordt verwezen naar figuur 6.19. In deze figuur zijn alle mogelijke modelfuncties opgenomen, zoals die ook van toepassing zijn bij het werken met bereikbaarheidsmodellen. De specifieke invulling van het eventstroom-diagram voor bereikbaarheidsmodellen betreft de specificatie en keuze van de modelparameters en -variabelen. In figuur 8.8 is het interne eventtraceringsdiagram weergegeven voor het berekenen van bereikbaarheidsmodellen.

op via geografische selecties de modelontwikkeling een exploratief-geografisch karakter te geven (zie paragraaf 8.6). De associatie van de klasse *BereikbaarheidsModel* met de klasse *WerkRuimte* geeft aan, dat een object van het type *BereikbaarheidsModel* persistent bewaard wordt opvraagbaar is via het object van het type *WerkRuimte*. De associatie met de klasse *DialogViewBereikbaarheidsModel* geeft aan, dat het object van het type *BereikbaarheidsModel* gegevens bevat, die via een specifiek dialoogvenster door de gebruiker ingesteld kunnen worden.

8.4.4 Analyse; dynamische modellering bereikbaarheidsmodel

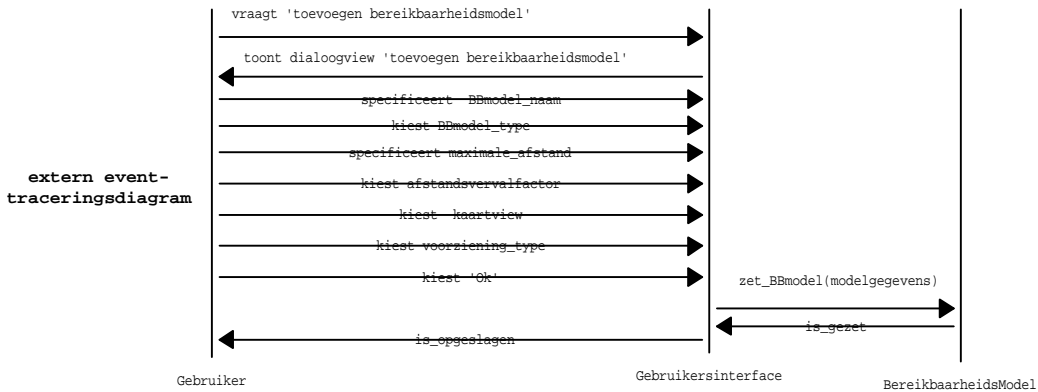
Zoals in paragraaf 6.2.2 is geïllustreerd, zijn voor het werken met modellen vijf generieke use cases onderscheiden. Voor het werken met

extern scenario

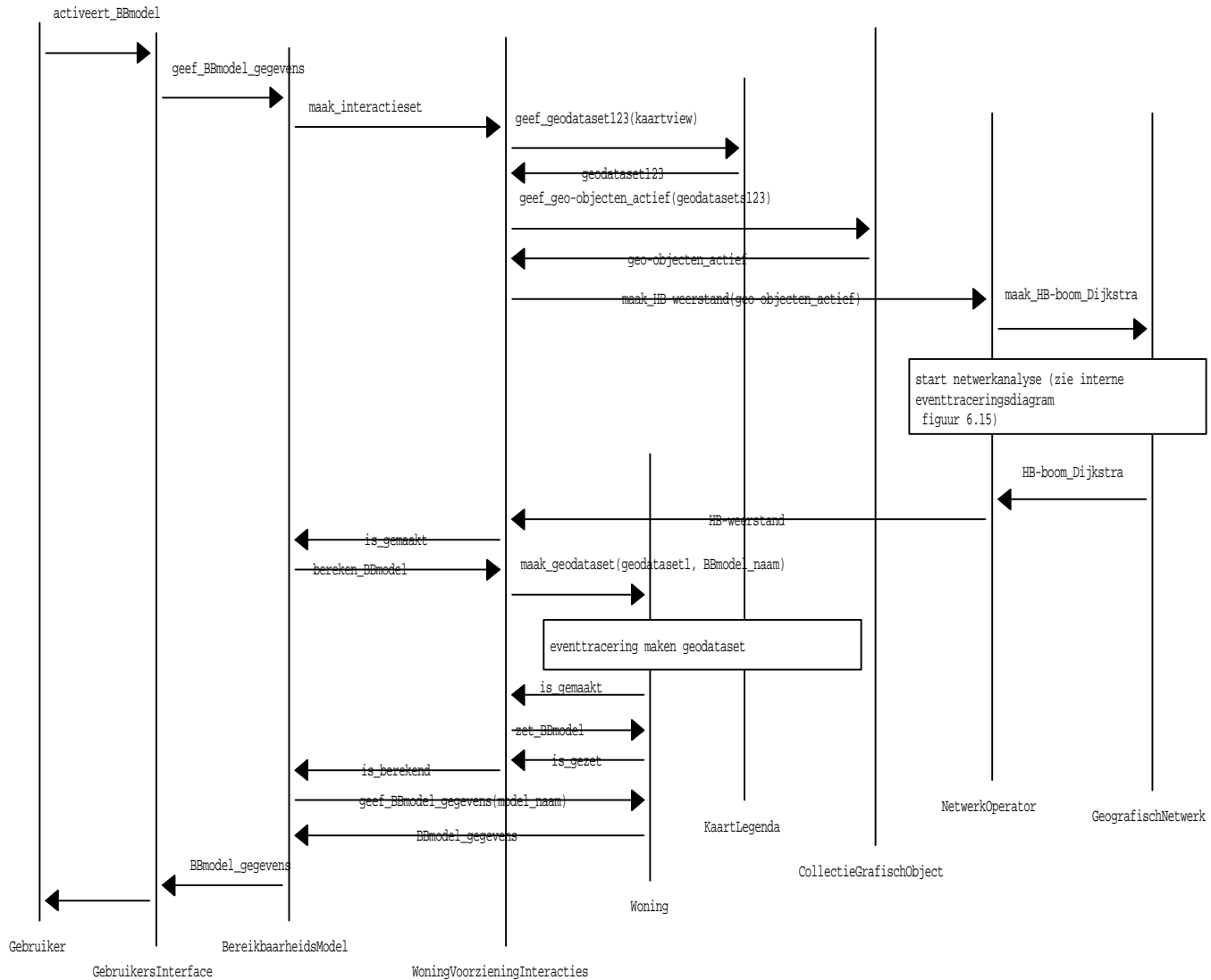
```

Normaal Scenario 1: Toevoegen bereikbaarheidsmodel

Gebruiker wil bereikbaarheidsmodel toevoegen
Systeem toont dialogview 'toevoegen bereikbaarheidsmodel'
Gebruiker specificeert naam bereikbaarheidsmodel
Gebruiker kiest type bereikbaarheidsmodel
Gebruiker specificeert maximale afstand
Gebruiker specificeert afstandsvervalfactor
Gebruiker kiest kaartview
Gebruiker kiest type voorziening
Gebruiker kiest 'Ok'
Bereikbaarheidsmodel is opgeslagen
    
```



Figuur 8.7 Scenario, eventtracering en dialogformaat 'Toevoegen bereikbaarheidsmodel'



Figuur 8.8 Interne eventtraceringsdiagram voor het berekenen van bereikbaarheidsmodellen

8.5 Het geschiktheidsmodel

8.5.1 Operationalisatie geschiktheidsmodel

Bij het samenstellen van normatieve woonprofielen worden diverse indicatoren geïntegreerd in één totaalscore. Een *geschiktheidsmodel* weerspiegelt de relevante set van indicatoren en de wijze waarop deze set wordt geïntegreerd in één enkele woonprofielscore. Voor het integreren van uiteenlopende indicatoren in een totaalscore zijn diverse methodologische oplossingen mogelijk, zoals met behulp van additieve methoden (SEV 1993; 1995), statistische methoden (Kain en Quigley 1970), multi-criteria methoden (Anselin en Arias 1983; Can 1993) en beslissingsregels (Raaijmakers *et al.* 1992; Raaymakers *et al.* 1996; Wind *et al.* 1992). Het hanteren van een bepaalde methode is echter geen eenduidige afweging. Een relatief eenvoudige en inzichtelijke methode is het gebruik van productie- of *beslissingsregels*. Via ALS/DAN-voorwaarden en EN/OF-relaties kunnen uiteenlopende condities worden samengesteld. Een conditie bestaat uit een indicator (een variabele van een woning),

een operator (is gelijk aan, is groter dan, et cetera) en een attributwaarde (een grenswaarde). Beslissingsregels kenmerken zich door de relatief inzichtelijke structuur in vergelijking tot de meer rekenkundige en wiskundige methoden. Geschiktheidsmodellen op basis van beslissingsregels bezitten tevens enkele methodologische kenmerken, die het mogelijk maken op relatief eenvoudige wijze uiteenlopende indicatoren te integreren:

1. Beslissingsregels kunnen zowel compensatorisch als niet-compensatorisch van aard zijn;
 2. Zowel afhankelijke als onafhankelijke relaties tussen variabelen in het model kunnen worden opgenomen;
- In *RELEVANT* corresponderen de condities met de relevante indicatoren, die normatief of subjectief zijn vastgesteld en een verschillend meetniveau hebben. De door de beleidsactoren onderscheiden stappen en varianten - zoals weergegeven in paragraaf 8.2.2 en 8.2.3 - kunnen beschouwd worden als beslissingsregels bestaande uit een set van condities, die op basis van conjuncte (EN) en/of disjuncte (OF) combinatiemethoden geïntegreerd kunnen worden. Bijvoorbeeld voor de in paragraaf 8.2.2 geformuleerde *Variant 2* leidt dit tot een beslissingsregel met de onderstaande set van condities en combinatieregels:

```

ALS      ((( AfstandNaarBakker < 250 meter
          EN AfstandNaarSlager < 250 meter
          EN AfstandNaarGroenteWinkel < 250 meter
          EN AfstandNaarZuivelWinkel < 250 meter )
          OF AfstandNaarSupermarkt < 250 meter ))
          EN AfstandNaarBushalte < 250 meter
          EN ( AfstandNaarBankKantoor < 250 meter
              OF AfstandNaarBankAgentschap < 250 meter
              OF AfstandNaarPostKantoor < 250 meter
              OF AfstandNaarPostAgentschap < 250 meter )
          EN ((( WoningBeganeGrond = ja
              OF WoningMetLift = ja )
          EN AlleVertrekkenGelijkVloers = ja
          EN AantalKamers >= 3
          EN WoonOppervlak >= 60 m2 )
          OF BijzondereWoonVorm = ja )
DAN      WoningGeschiktheid = 1
ANDERS   WoningGeschiktheid = 0

```

De te hanteren condities zullen - afhankelijk van de lokale beleidssituatie - aan verandering onderhevig zijn. Eveneens is het wegens het hanteren van alternatieve beleidsvarianten gewenst de implementatie van de beslissingsregels flexibel te houden. Voor de (eind)gebruiker(s) van *RELEVANT* is het relatief arbeidsintensief telkens de condities te moeten specificeren. Voor de specificatie (en implementatie) van beslissingsregels zijn verschillende technieken en methoden voorhanden, zoals het gebruik van (predikaten)logica, beslissingsnetten, -bomen en -tabellen (zie ook paragraaf 2.3.4). In deze studie is gekozen voor een specificatiemethode die zeer dicht tegen het gebruik van GIS-applicaties aan ligt, namelijk het gebruik van classificatiediagrammen. Classificatiediagrammen spelen een belangrijke rol bij het thematisch in kaart brengen van gegevens. Daarbij wordt een thema via een attributvariabele in kaart gebracht aan de hand van één of meerdere afgebakende klassen. Deze klassen corresponderen met de condities in beslissingsregels, want ze weerspiegelen de betekenis en het belang van de waarde(n) van de betreffende attributvariabele. De condities in een beslissingsregel worden gecombineerd in een booleaanse score op basis van een conjuncte of disjuncte operator. Bij een conjunctieve operator geldt voor elke conditie een minimum score. Indien een conditie op één kenmerk beneden deze score ligt, wordt het alternatief uit de evaluatie verwijderd. Bij een disjunctieve afweging wordt voor elk attribuutkenmerk een maximum grenswaarden vastgesteld. Indien een alternatief aan de grenswaarde voldoet, wordt het alternatief verder in beschouwing genomen. In paragraaf 8.5.3 wordt de objectgeoriënteerde analyse van geschiktheidsmodellen gepresenteerd en wordt geïllustreerd op welke wijze de inbedding van deze modellen in de GIS-applicatie *RELEVANT* heeft plaatsgevonden.

Gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse bij het gebruik van geschiktheidsmodellen

Het bepalen van de geschiktheid van woningen en woonomgeving voor ouderen is, zoals ook door Van der Molen (1993) opgemerkt, een uiterst triviale zaak. Geschiktheid is een uitermate contextgevoelig begrip, dat slechts binnen de context van de

individuele oudere beschouwd dient te worden. Geschiktheid is eigenlijk slechts individueel te definiëren¹³. Ruimtelijk beleid richt zich echter niet altijd direct op individuen, maar groepen individuen en hun geografische herkomst. Tevens zijn bij ruimtelijk beleid diverse beleidsactoren betrokken, zodat consensusvorming een belangrijk onderdeel is van het gehele proces van beleidsontwikkeling. Het vaststellen van de relevante indicatoren voor ruimtelijk-normatieve woonprofielen is sterk afhankelijk van de prioriteiten, die worden gesteld door de beleidsactoren. Inzicht in effecten van wijzigingen in prioriteitstelling van de relevante indicatoren ofwel het wijzigen (aanpassen, veranderen, verwijderen) van condities en combinatiefactoren in de beslissingsregels is essentieel. Een instrument als *RELEVANT* is uitermate geschikt om gevoeligheden en onzekerheden in de prioriteitstelling door te rekenen.

Gevoeligheidsanalyse bij het gebruik van beslissingsregels in geschiktheidsmodellen kan uitgevoerd worden ten aanzien van de aanwezigheid van bepaalde condities (bijvoorbeeld weglaten/toevoegen van een conditie), het type operator en de hoogte van de grenswaarden van condities. In het bijzonder is het gewenst de invloed van de individuele indicatorscores of condities te kunnen bepalen. Een voorbeeld verheldert het één en ander. Wanneer in de beslissingsregel van het geschiktheidsmodel voor *Variante 2* de waarde voor de afstand naar de dichtbijzijnde supermarkt gemeten wordt op 251 meter dan wordt de woning gekwalificeerd als 0 (niet-geschikt), terwijl misschien aan alle andere condities is voldaan. Dit zeer kleine verschil maakt een woning onge-schikt. Om meer genuanceerd met dergelijke aspecten van nauwkeurigheid en gevoeligheid om te kunnen gaan in *RELEVANT* zijn verschillende oplossingen mogelijk. Bijvoorbeeld door methoden van gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse afkomstig van de ontwikkeling en het gebruik van kennis- en expertsystemen te gebruiken, zoals van een onzekerheidsfactor¹⁴ of een uitleg-faciliteit¹⁵. Voor *RELEVANT* is voornamelijk geen van beide methoden van onzekerheidsanalyse geïmplementeerd.

8.5.2 Het gebruik van geschiktheidsmodellen voor ruimtelijke beleidsstrategieën

Met behulp van een geschiktheidsmodel is het mogelijk in *RELEVANT* een beleidsstrategie te specificeren en in beeld te brengen. Een beleidsstrategie is een combinatie van een hoog-laag waardering (twee klassen) van een normatief woonprofiel en een hoog-laag waardering (twee klassen) van een subjectieve woningprofiel. Bijvoorbeeld voor een in het beleidsproces (zie paragraaf 8.2.4) geformuleerde *Beleidsstrategie A* leidt dit tot een beslissingsregel met de onderstaande set van condities en combinatie-regels:

```

ALS      ( subjectieve_waardering <= 9           // 9 = aantal sleutelinformanten
          EN normatief_woonprofiel >= 5 )      // >=5 = zeer geschikt
DAN      Beleidsstrategie_A = 1           // 1 = Ontwikkeling: concentratie
ALS      ( subjectieve_waardering > 9          // 9 = aantal sleutelinformanten
          EN normatief_woonprofiel >= 5 )      // >=5 = zeer geschikt
DAN      Beleidsstrategie_A = 3           // 3 = Handhaving
ALS      ( subjectieve_waardering <= 9           // 9 = aantal sleutelinformanten

```

¹³ Zoals ook Van der Molen (1993) aangeeft bestaat de geschikte woning voor ouderen niet. De groep ouderen is - sociaal-economisch en sociaal-gerontologisch gezien - zeer heterogeen samengesteld met grote verschillen in woonwensen en -behoeften. Beleidsontwikkeling kan echter veelal alleen plaatsvinden aan de hand van normering. Voor het uitvoeren van het huidige ouderenhuisvestingsbeleid, waarin het langer zelfstandig blijven wonen van ouderen in de eigen woonomgeving centraal staat, kunnen bovengenoemde planconcepten, checklisten en eisen-pakketten een belangrijke ondersteunende rol spelen. De lokale situatie en invulling blijft echter richtinggevend en bepalend voor de mate waarin beleidsontwikkeling effect sorteert.

¹⁴ Een onzekerheidsfactor geeft een marge van (on)zekerheid aan rondom de gedefinieerde (minimum en/of maximum) grenswaarden van het attribuut in de condities van een beslissingsregel. Bij het berekenen van onzekerheid in beslissingsregels dienen een restricties in acht te worden genomen: de conditievariabele dient van ratio- of interval meetniveau te zijn. De onzekerheidsfactor kan een positieve of negatieve waarde aannemen (zie bijvoorbeeld Lolonis en Armstrong 1988; Reitsma 1990; Yan *et al.* 1991).

¹⁵ Een ander complementaire methode bij het gebruik van beslissingsregels is de uitlegfaciliteit. Uitlegfaciliteiten zijn standaardfaciliteiten in kennis- en expertsystemen om uitkomsten van redeneerprocessen te kunnen evalueren (zie paragraaf 4.3). Een uitlegfaciliteit maakt het mogelijk om de uitkomst van een beslissingsregel te evalueren aan de hand van de determinante condities. De uitleg geeft een tekstueel over-zicht van de conditievariabelen en hun grenswaarden, die bepalend zijn voor de geschiktheid van een woning c.q. het normatieve woonprofiel. Het gebruik van de uitlegfaciliteit is in deze studie niet verder uitgewerkt (zie bijvoorbeeld Reitsma 1990).

```

        EN normatief_woonprofiel < 5 )           // <5 = gemid. geschikt, ongeschikt
DAN      Beleidsstrategie_A = 5             // 5 = Ontwikkeling: deconcentratie
ALS      ( subjectieve_waardering > 9         // 9 = aantal sleutelinformanten
        EN normatief_woonprofiel < 5 )           // <5 = gemid. geschikt, ongeschikt
DAN      Beleidsstrategie_A = 7             // 7 = Handhaving en bijstelling

```

Voor de beleidsstrategie B is het normatieve woonprofiel aangescherpt:

```

ALS      ( subjectieve_waardering <= 9         // 9 = aantal sleutelinformanten
        EN normatief_woonprofiel >= 3 )       // >=3 = zeer geschikt, gem. geschikt
DAN      Beleidsstrategie_A = 1             // 1 = Ontwikkeling: concentratie
ALS      ( subjectieve_waardering > 9         // 9 = aantal sleutelinformanten
        EN normatief_woonprofiel >= 3 )       // >=3 = zeer en gem. geschikt
DAN      Beleidsstrategie_A = 3             // 3 = Handhaving
ALS      ( subjectieve_waardering <= 9         // 9 = aantal sleutelinformanten
        EN normatief_woonprofiel < 3 )       // <3 = zeer ongeschikt
DAN      Beleidsstrategie_A = 5             // 5 = Ontwikkeling: deconcentratie
ALS      ( subjectieve_waardering > 9         // 9 = aantal sleutelinformanten
        EN normatief_woonprofiel < 3 )       // <3 = zeer ongeschikt
DAN      Beleidsstrategie_A = 7             // 7 = Handhaving en bijstelling

```

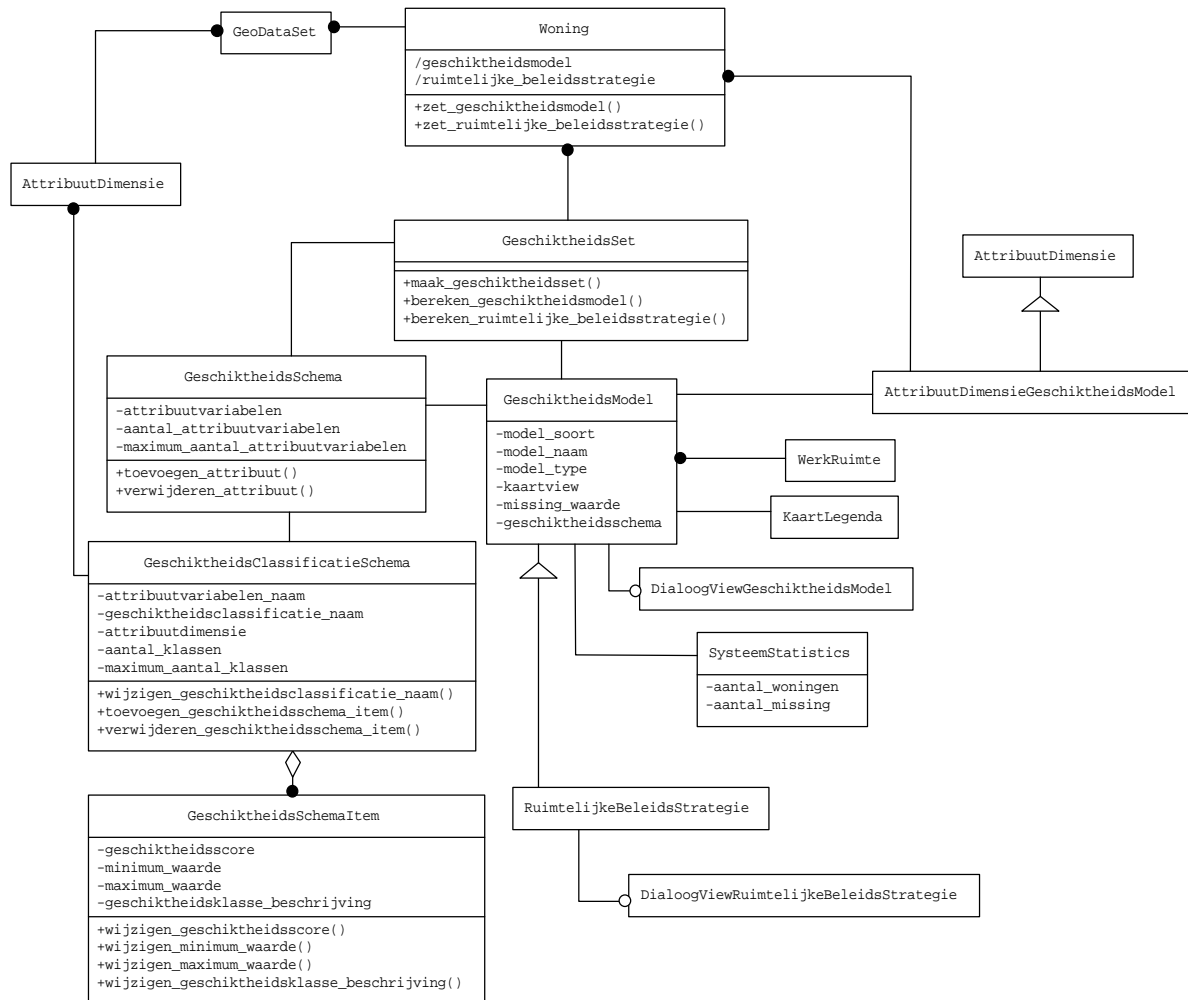
Deze beslissingregels zijn te definiëren met behulp van een geschiktheidsmodel. Voor het werken met ruimtelijke beleidsstrategieën wordt een beroep gedaan op een geschiktheidsmodel en zijn verder geen specifieke gebruikersfuncties ontwikkeld. Het maakt daarbij niet uit welk modeltype de gebruiker kiest; beide modeltypen - het hoogste en laagste scoremodel - geven dezelfde eindresultaten vanwege het gehanteerde classificatie. In beide geschiktheidsschema's zijn de geschiktheidswaarden van de onderscheiden klassen gelijk, zodat het gebruik van zowel het hoogste als het laagste scoremodel hetzelfde resultaat oplevert. De gebruiker hoeft het modeltype dan ook niet te specificeren. Omdat de gebruiker op een wat andere wijze naar een ruimtelijke beleidsstrategie kijkt, is het dialoogformaat van een ruimtelijke strategie specifiek gemaakt (zie paragraaf 8.5.4). Vanwege het feit, dat ruimtelijke beleidsstrategieën met behulp van geschiktheidsmodellen berekend kunnen worden, kan de ruimtelijke beleidsstrategie beschouwd worden als een soort geschiktheidsmodel met enkele specifieke eigenschappen voor het gebruik (zie volgende subparagraaf).

8.5.3 Analyse; objectmodellering geschiktheidsmodel

Voor het werken met geschiktheidsmodellen in *RELEVANT* is een aantal modelcomponenten onderscheiden. De modelcomponenten - modelvariabelen, modelparameters, attribuutvariabelen voor input en output - zijn in onderlinge samenhang in een klassendiagram weergegeven (figuur 8.9). De klasse *GeschiktheidsModel* is de centrale klasse in deze klassendiagram. Objecten van het type *GeschiktheidsSet* verzorgen de berekeningen van de geschiktheidsmodellen. Deze geschiktheidsset bestaat uit de voor het geschiktheidsmodel relevante (woning)attributen en de bewerkingen om een geschiktheidsscore te bepalen. De klasse *GeschiktheidsSet* kan bestaan uit nul, één of meer objecten van het type *Woning*.

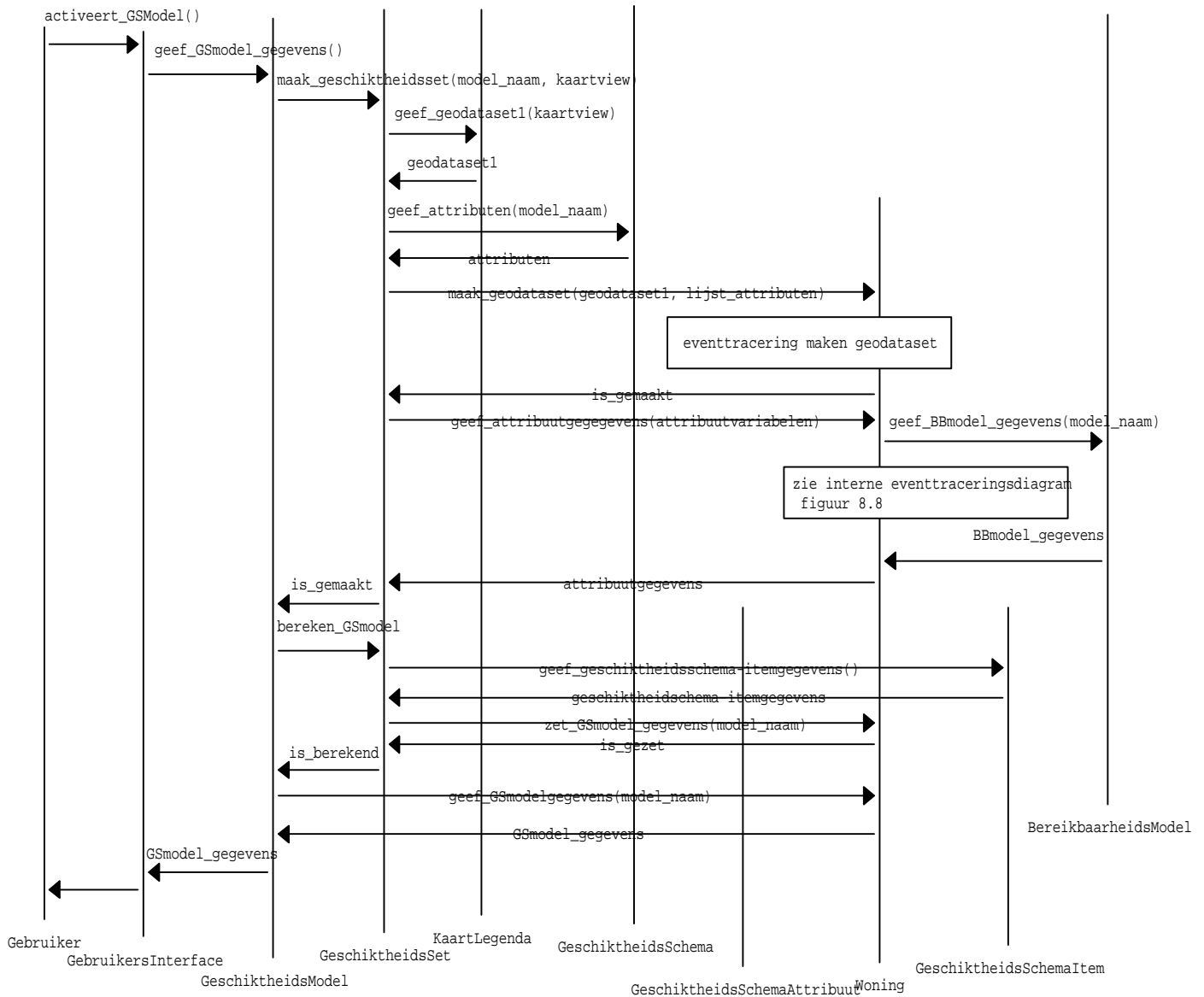
Naast een door de gebruiker gedefinieerde *model_naam* heeft ieder geschiktheidsmodel als attribuut *model_type*. In het attribuut *model_type* wordt opgeslagen of het geschiktheidsmodel wordt berekend op basis van de hoogste score of laagste score van de geschiktheidsscores. In relatie tot de wijze waarop het geschiktheidsschema is samengesteld kan een combinatie van conjuncte (OF-relatie) of disjuncte (EN-relatie) aard zijn. Geschiktheidsmodellen hebben - net als bereikbaarheidsmodellen - een associatie met objecten van het type *Woning*; dat wil zeggen de resultaten van een geschiktheidsmodel worden als attribuut-eigenschappen van het objecttype *Woning* gepresenteerd aan de gebruiker via diverse presentatievormen. Een object van het type *GeschiktheidsModel* heeft een associatie met een object van het type *GeschiktheidsSchema*. Dit object bewaart de gegevens, die nodig zijn om voor het uitvoeren van de berekeningen van het geschiktheidsmodel. Voor ieder attribuut is een associatie met een geschiktheidsschema aanwezig. In het object van het type *GeschiktheidsClassificatieSchema* is de informatie opgeslagen over de samenstelling van het geschiktheidsschema. De geschiktheidsklassen in het geschiktheidsschema zijn als objecten van het type *GeschiktheidsSchemaItem* opgenomen. In deze klasse is het attribuut *geschiktheidsscore* de waarde van het geschiktheidsmodel, de attributen *maximum_waarde* en *minimum_waarde* geven daarbij de klassengrenzen aan.

In de attribuutvariabele `model_soort` van de klasse `GeschiktheidsModel` wordt opgeslagen of het gaat om een geschiktheids-model of een ruimtelijke beleidsstrategie. Objecten van het type `GeschiktheidsModel`, die worden gebruikt voor het werken met ruimtelijke beleidsstrategieën, hebben namelijk enkele specifieke eigenschappen waarmee rekening moet worden gehouden. Eén van deze eigenschappen is het specifieke dialoogvenster en het modeltype (zie paragraaf 8.5.2). Een andere eigenschap is het maximaal aantal attributen van twee, dat in een geschiktheidsschema opgeslagen kan worden. Ook het maximum aantal `GeschiktheidsschemaItems` is - overeenkomstig de kwadranten van het geschiktheidsschema vier. Het systeem dient rekening te houden met deze specifieke eigenschappen van beide soorten geschiktheidsmodellen.



Figuur 8.9 Klassendiagram voor geschiktheidsmodellen

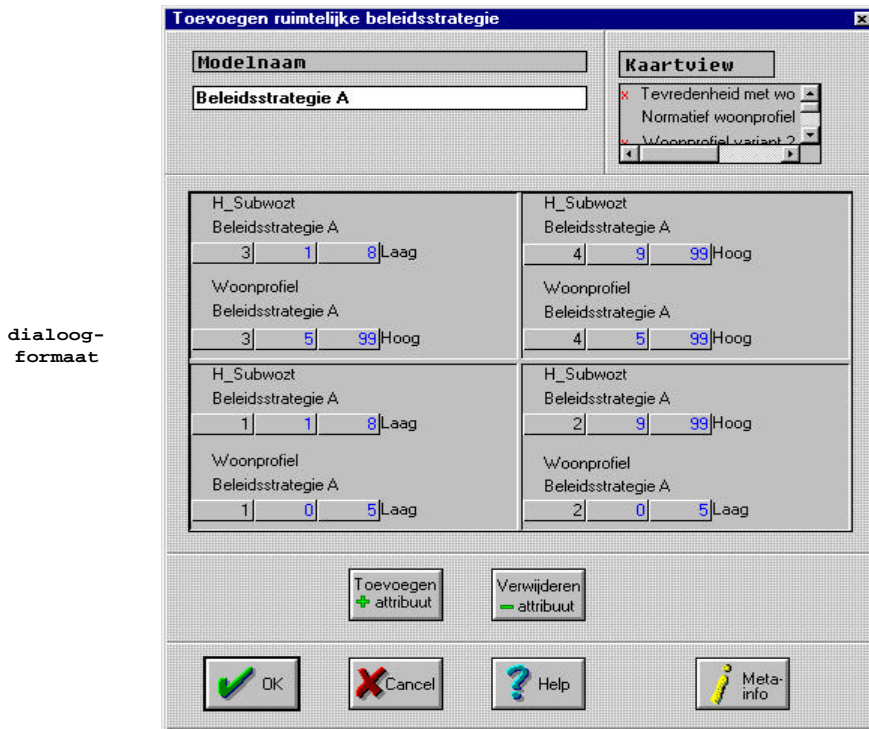
Daarnaast zijn enkele aan het geschiktheidsmodel gerelateerde klassen weergegeven in het klassendiagram. De klasse `KaartLegenda` heeft een associatie met de klasse `GeschiktheidsModel` vanwege de specificatie van de inputgegevens voor het geschiktheidsmodel, die via het kaartbeeld tot stand komt. De gebruiker van *RELEVANT* geeft namelijk via het kaartbeeld aan welke inputgegevens voor de modelberekeningen gebruikt moeten worden. Ieder geschiktheidsmodel is derhalve aan een kaartbeeld gekoppeld, waarin een set van woningen moet zijn opgenomen. Op deze wijze is het mogelijk op via geografische selecties de modelontwikkeling een exploratief-geografisch karakter te geven (zie paragraaf 8.6). De associatie van de klasse `GeschiktheidsModel` met de klasse `WerkRuimte` geeft aan, dat een object van het type `GeschiktheidsModel` persistent bewaard wordt en opvraagbaar is via het object van het type `WerkRuimte`. De associatie met de klasse `DialogViewGeschiktheidsModel` geeft aan dat het object van het type `GeschiktheidsModel` gegevens bevat, die via een specifiek dialoogvenster door de gebruiker



Figuur 8.11 Interne eventtraceringsdiagram voor 'Toevoegen geschiktheidsmodel'

Dialogformaat 'Toevoegen ruimtelijke beleidsstrategie'

Zoals in subparagraaf 8.5.2 is opgemerkt, wijkt het dialogformaat voor het toevoegen van een ruimtelijke beleidsstrategie iets af van het dialogformaat voor het toevoegen van geschiktheidsmodellen. In figuur 8.12 is het dialogformaat voor het toevoegen met ruimtelijke beleidsstrategieën weergegeven. De aanwezige componenten van het geschiktheidsmodel voor het maken van ruimtelijke beleidsstrategieën wijken niet af ten aanzien van het dialogvenster van het geschiktheidsmodel. De keuze-optie voor het modeltype tussen het 'Hoogste score model' en 'Laagste score model' is verdwenen. Daarnaast zijn slechts twee attributen aanwezig, waarvan de vier attributenklassen over vier kwadranten zijn verdeeld. De vier attribuutklassen van attribuut zijn geclassificeerd met een klassescore overeenkomstig de positie in het kwadrant.



Figuur 8.12 Dialogformaat voor de functie 'Toevoegen ruimtelijke beleidsstrategie'

8.6 Beleidsondersteuning ten behoeve van de ouderenhuisvesting in Overvecht; het gebruik van *RELEVANT*¹⁶

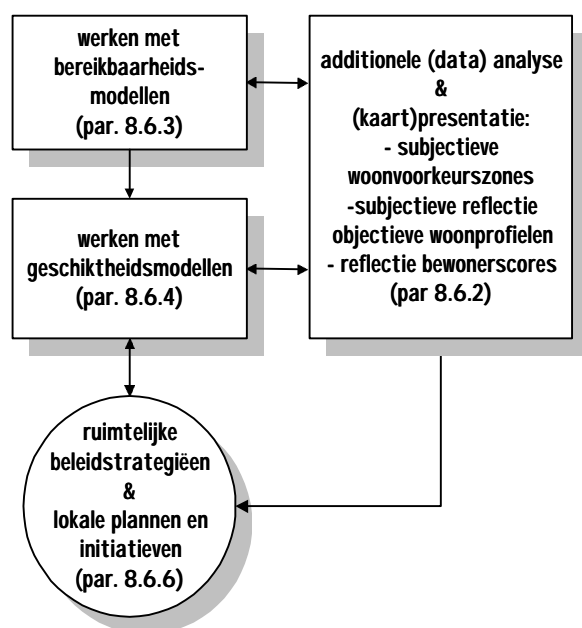
8.6.1 Inleiding

Inzicht in de huidige en toekomstige leef- en woonomgeving van ouderen in Overvecht is voor deze studie op verschillende manieren verkregen; naast het gebruik van beschikbare gegevens- en kennisbronnen¹⁷ zijn additioneel gegevens verzameld via een survey onder ouderen en interviews met sleutelinformanten en is een uitgebreid proces van computergestuurde gegevens-verwerking gehanteerd om woonvriendelijke zones voor ouderen te bepalen in een probleemgericht, interactief beleidsproces. Op basis van de verzamelde gegevens is een integrale ruimtelijke analyse gemaakt van de wijk Overvecht vanuit het perspectief van de ouderenhuisvesting; de woningvoorraad, woonomgeving, verzorgingsstructuur en woonbeleving en -behoeften van ouderen zijn in onderlinge samenhang beschouwd. Daarbij is inzichtelijk gemaakt welke ruimtelijke beleidsstrategieën gevolgd kunnen worden en hoe (lopende) plannen en projecten voor de ouderenhuisvesting in Overvecht kunnen worden geëvalueerd in relatie tot het planconcept van de woonvriendelijke zones voor ouderen. Op deze wijze wordt verduidelijkt waar potenties en belemmeringen aanwezig zijn voor het in stand houden en indien nodig verbeteren van het woon- en leefklimaat voor ouderen.

Het integreren van een diversiteit aan gegevens ter ondersteuning van een interactief beleidsproces vereist een flexibel gegevens-verwerkend systeem. In deze paragraaf wordt het gebruik van *RELEVANT* geïllustreerd ter ondersteuning van het beantwoorden van specifieke beleidsvraagstukken en het ontwikkelen van beleidsstrategieën voor lokaal ouderenhuisvestingsbeleid.

¹⁶ De figuren 8.14 tot en met 8.26, waarnaar wordt verwezen in deze paragraaf, zijn als kleurenfiguur opgenomen in bijlage 9. Een verwijzing naar het paginanummer in bijlage 9 is achter het figuurnummer geplaatst.

¹⁷ Genoemd kunnen worden het gegevensonderzoek Overvecht (Paridaen 1994), een inventarisatie van gesprekken met personen en instellingen in Overvecht (Wijkbureau Overvecht z.j.) en de opgedane kennis en ervaring met betrekking tot gelijksoortig onderzoek in Amsterdam (Raaijmakers *et al.* 1992; Wind *et al.* 1992).



Figuur 8.13 Opzet gebruik RELEVANT

veiligheid) en de lokale plannen en initiatieven. De aan deze (ruimtelijke) analyse ten grondslag liggende gegevens zijn in RELEVANT geïntegreerd en ter beschikking gesteld aan de participanten in het beleidsproces (zie paragraaf 8.2.5). Achtereenvolgens wordt - naar figuur 8.2 - de ouderenpopulatie (de persoonlijke omstandigheden, hun woonsituatie- en -satisfactie, het voorzieningengebruik, de woon- en verhuisbehoefte), de woningvoorraad en de woonomgeving kort beschreven aan de hand van beeldschermpresentaties van RELEVANT.

Ouderen in Overvecht; hun persoonlijke omstandigheden

De oudere bevolking in Overvecht is een heterogeen samengestelde groep gelet op de leeftijd, competentie (inkomen, opleidingsniveau, eenzaamheid en validiteit) en stratificatie (burgerlijke staat en huishoudensgrootte)¹⁸. De demografische ontwikkelingen tot 2000¹⁹ duiden op een afname van de groep jongere ouderen (leeftijdsgroepen 55-64 en 65-79 jaar) en een lichte stijging van de groep 80-plussers (Veltman 1995). Dit betekent, dat de druk op de woningvoorraad en voorzieningen voor ouderen iets afneemt. Tegelijkertijd zal de verwachte daling van het aantal jongbejaarden (55-65 jaar) en stijging van het aantal hoog-bejaarden (80-plus) een negatieve uitwerking hebben op de competentie van de oudere wijkbewoners. Daarnaast zal ook het aantal alleenstaanden en weduwen binnen de groep ouderen iets toenemen. Afname van de demografische druk biedt perspectieven voor een meer kwalitatief beleid ter verbetering van de woningvoorraad, woonomgeving en het voorzieningenpeil in Overvecht. Redenen te meer om aandacht te besteden aan de kwalitatieve aspecten van de woning en woonomgeving. Via een survey onder circa 250 ouderen in Overvecht is derhalve getracht meer inzicht te verkrijgen in de waardering van Overvecht als woon- en leefomgeving en hun woonwensen en -behoeften in de nabije toekomst. De aandacht is daarbij uitgegaan naar diverse aspecten van het wonen en leven van ouderen in Overvecht, in het bijzonder ook de woonwensen, verhuiscapaciteit en zorg-behoeften. Deze inventarisatie heeft enerzijds als doel inzicht te geven in de problemen die ouderen ervaren ten aanzien van hun dagelijkse woon- en leefomgeving.

¹⁸ Gezien het feit, dat in onderhavige studie alleen enige differentiatie naar leeftijd wordt gemaakt zal verder geen beschrijving worden gegeven van de demografische, sociaal-economische en geriatrische kenmerken van ouderen (zie Raaymakers *et al.* 1996; Paridaen 1994).

¹⁹ Het aantal wijkbewoners in Overvecht bedraagt in 1995 circa 31.700 inwoners. Kenmerkend voor Overvecht is het lage aandeel 15-19-jarigen en jonge huishoudens zonder kinderen en het hoge aandeel ouderen (Paridaen 1994). De omvang van de ouderenpopulatie is de afgelopen tien jaar constant gebleven en schommelde tussen de 10.300 en 10.600 (dit is ongeveer 21% van de 55-plussers in de stad Utrecht).

Enkele specifieke aspecten van het werken met RELEVANT worden geïllustreerd; het samenstellen van objectieve woonprofielen en variantprofielen met bereikbaarheids- en geschiktheidsmodellen, het ontwikkelen van ruimtelijke beleidsstrategieën en het inpassen van lokale beleidsplannen en initiatieven in deze strategieën (zie figuur 8.13). Alvorens over te gaan tot het werken met afstands- en geschiktheidsmodellen zijn de onderliggende gegevens geanalyseerd via exploratieve (data)analyse en presentatie. De spreiding van de gegevens is in (geo)-grafische en alfanumerieke vorm verkend door weergave in kaart, tabel, tekst en grafiek. De resultaten van deze (data)analyses zijn input voor het proces van beleidsontwikkeling. Richtinggevend voor de modelontwikkeling en de bijbehorende analyse en presentatie zijn probleem-domeinspecifieke vraagstukken.

8.6.2 Exploratieve (data)analyse

In Raaymakers *et al.* (1996) is vanuit het perspectief van de ouderenhuisvesting een uitvoerige (gegevens)beschrijving gemaakt van de wijk Overvecht wat betreft de stedenbouwkundige en sociaal-ruimtelijke structuur, de demografische ontwikkelingen, de bewoners, de woningvoorraad, de voorzieningen (winkel-, welzijn- en zorgvoorzieningen), de woonomgeving (onderhoud en toegankelijkheid, sociale en verkeers-

Anderzijds is deze inventarisatie input geweest voor beleidsontwikkeling om bestaande problemen op te lossen en om op te verwachten probleemsituaties te kunnen anticiperen. Deze resultaten zijn eveneens input geweest voor de samenstelling van de normatieve woonprofielen en ruimtelijke beleidsstrategieën. Enkele resultaten van deze uitvoerige inventarisatie met betrekking tot de woonsatisfactie worden beschouwd in relatie tot de beleidsondersteunende functie van het concept van de woonvriendelijke zones voor ouderen. In figuur 8.14 (zie pp. 323) zijn enkele kenmerken van de *persoonlijke omstandigheden* van de ondervraagde ouderen in grafische en numerieke vorm weergegeven, zoals het aantal respondenten per buurt (tekst[1]), de leeftijd (histogram[1]), de burgerlijke staat (histogram[2]), het aantal personen per huis-houden (histogram[3]), totale inkomen per maand, (histogram[4]), de opleiding (histogram[5]), eenzaamheid (histogram[6]) en lichamelijke gezondheid (histogram[7]).

Woningvoorraad en tevredenheid met de woning

Figuur 8.15 (zie pp. 324) presenteert een overzicht van de geografische ligging van de woningen (kaart[1]) en het aantal woningen per buurt (zie tekst[1]). De totale woningvoorraad in Overvecht beslaat zo'n 13.800 woningen (zie tekst[1]) met een geringe differentiatie naar eigendomsverhouding (93% huurwoningen, waarvan 79% sociale sector) en woningtype (75% meergezinswoningen of flats). In Overvecht zijn in verhouding met de stad Utrecht veel grote en middelgrote woningen (respectievelijk 59% en 43%).

In figuur 8.15 is de woninggrootte naar het aantal kamers (histogram[1]) en vloeroppervlak (histogram[2]) uiteengezet. De verhouding hoog- en laagbouw (zie histogram[3]) en de aanwezigheid van een lift (zie histogram[4]) geeft tevens een deel van de woondifferentiatie aan in Overvecht. Overigens zijn de oudere wijkbewoners over het algemeen redelijk tevreden (13%) tot zeer tevreden (85%) met hun woning (zie figuur 8.15; histogram[5]). Voor een deel van de hoogbejaarden wordt de toegang tot de woning in de toekomst een probleem vanwege trappen en drempels. Onder andere door een liftenprogramma kan op deze discrepantie worden geanticipeerd (zie verder paragraaf 8.6.5).

Woonsatisfactie en verhuisplannen

Woonsatisfactie is gemeten aan de hand van de waardering van de ouderen van hun tevredenheid van de woonomgeving.

In figuur 8.16, pp. 325 (kaart[1]) is de ruimtelijke spreiding weergegeven van de 246 respondenten en hun algemene waardering voor de wijk als woonomgeving (zie histogram[1]). Overvecht wordt als woonomgeving door de meerderheid van de ouderen erg goed gewaardeerd (zie histogram[1]). Tevens is de tevredenheid met de wijk geïnventariseerd en zijn de aantrekkelijke en minder aantrekkelijke aspecten van het wonen in Overvecht in beeld gebracht (respectievelijk taartdiagram[1] en taartdiagram[2]). Overvecht kent daarbij een relatief groot aantal ouderen huishoudens, dat in eengezinswoningen woont. Gezien mogelijke discrepanties betreffende het grote aantal oudere huishoudens in eengezinswoningen is ook de *verhuisbereidheid* van ouderen in Overvecht gemeten. In figuur 8.16 zijn de verhuisplannen of verhuisbehoefte van de respondenten in Overvecht weergegeven in histogram[2]. Tevens zijn de verhuisredenen weergegeven (taartdiagram[3]). De geringe bereidheid tot verhuizen kan in de toekomst problemen op gaan leveren. Derhalve is tevens onderzocht of en in hoeverre specifieke maatregelen de doorstroming van ouderen vanuit eengezinswoningen naar andersoortige woningen kunnen bevorderen.

Voorzieningenstructuur

De voorzieningenstructuur in Overvecht kan worden beschouwd vanuit het perspectief van de detailhandel, welzijn en zorg. De winkelstructuur in Overvecht bestaat uit een wijkwinkelcentrum en acht buurtcentra. De buurtcentra richten zich primair op de dagelijkse verzorging. De winkelstructuur is in het recente verleden aan verandering onderhevig geweest in zowel kwantitatief als kwalitatief opzicht. De *winkelvoorzieningen* - vooral inzicht in het voortbestaan van winkels voor de eerste levens-behoefte - zijn een belangrijk afwegingskader voor de te ontwikkelen ruimtelijke beleidsstrategieën. Wat betreft de *welzijns-voorzieningen* is het aanbod zeer divers en wordt in de vorm van opbouwwerk, hulpverlening, sociaal-cultureel werk, belangen-behartiging, vormingswerk en educatie aangeboden. Het aantal locaties waar deze voorzieningen in Overvecht worden aangeboden is beperkt; het Dienstencentrum, de wijkwelzijnsorganisatie en de Algemene Hulpdienst van vrijwilligers. De *zorg-voorzieningen* in Overvecht hebben betrekking op de huisarts en fysiotherapeut, de gezins- en thuiszorg en de verzorgings- en verpleeghuizen. In figuur 8.17 (zie pp. 326) is de ruimtelijke verzorgingsstructuur wat betreft de winkel-, de welzijn- en zorgvoorzieningen weergegeven in respectievelijk kaart[1], kaart[2] en kaart[3]. Gezien het belang van de voorzieningen-structuur in het planconcept van de woonvriendelijke zones is de waardering van de nabijheid van voorzieningen en het gebruik dat ouderen maken van voorzieningen richtinggevend voor de samenstelling van de geschiktheidsmodellen. De winkelvoorzieningen krijgen bij ouderen bij het waarderen van nabijheid en het daadwerkelijk gebruik een relatief hoge prioriteit. In het bijzonder scoren de eerste levensbehoefte (zie figuur

8.17; respectievelijk histogram[1] en [2]). De bovenstaande resultaten over het gebruik en de waardering van de voorzieningenstructuur in Overvecht door ouderen zijn richtinggevend geweest voor de samenstelling van de geschiktheidsmodellen (zie verder paragraaf 8.6.4).

Woonomgeving; ruimtelijke hoofdstructuur, sociale en verkeersveiligheid

Overvecht is een typisch 60-70er jaren wijk en lijkt op het eerste gezicht een homogene wijk. Echter de buurten in Overvecht zijn vrij verschillend wat betreft fysieke (en sociale) samenstelling. De ruimtelijke hoofdstructuur kenmerkt zich door groot-schalige stedenbouwkundige structuur met hoog- en laagbouw, afgewisseld door een ruime groenstructuur en een ruim opgezette verkeersinfrastructuur (zie figuur 8.18; kaart[1], pp. 327). De grootschaligheid wordt doorbroken doordat naast hoogbouwflats gebieden met eengezinswoningen zijn aan te treffen. De ruime opzet impliceert, dat relatief grote loopafstanden moeten worden afgelegd om de bouwblokken te bereiken. De ligging aan de noordrand van Utrecht geeft Overvecht daarbij een groen imago. De wijk is afgesloten van andere wijken door enkele fysiek-ruimtelijke barrières (de Vecht en de spoorlijn Utrecht-Hilversum-Amersfoort). De verbindingswegen met de andere wijken zijn gering in aantal met daardoor een beperkte bereikbaarheid voor de voetganger.

Sociale veiligheid is - net als onderhoud en toegankelijkheid (zie ook figuur 8.16) - een belangrijk aspect bij het waarderen van de tevredenheid met de woonomgeving (zie figuur 8.19, pp. 328). Een klein deel van de ouderen voelt zich overdag niet veilig op straat (zie taart[1]). Een groot deel van de ouderen (meer dan twee derde) komt 's avonds niet op straat of voelt zich 's avonds onveilig op straat. Een minderheid heeft 's avonds geen last van gevoelens van onveiligheid (zie taart[2]). Sociale (on)veiligheid wordt vooral ervaren vanwege samenshooling, onoverzichtelijkheid, verlatenheid of een nare ervaring uit het verleden (zie taart[3]). Sleutelinformanten bij de lokale politie bevestigen het beeld, dat bepaalde plekken in Overvecht vanwege onveiligheid door sommige ouderen worden gemeden, waaronder enkele parken en winkelcentra (zie figuur 8.20, pp. 329; kaart[1]). Ook aan de verkeersveiligheid in Overvecht valt - mede vanwege de grootschalige verkeersstructuur - nog het een ander te verbeteren. Er is stedelijk gezien een relatief hoog aantal ongevallen met letsel, met name onder het langzaam verkeer (Paridaan 1994). In de periode 1990-1992 werden in Overvecht 21 verkeersongevallenconcentraties en 11 'black spots' gemeten²⁰. Door sleutelinformanten uit de ouderenpopulatie zijn tevens diverse verkeersonveilige locaties in de wijk aangegeven (zie figuur 8.20; kaart[2]).

Woonvoorkeurszones

Aan de hand van interviews met sleutelinformanten en groepsessies met ouderen zijn zogenaamde *woonvoorkeurszones* of subjectieve woonprofielen in de wijk in kaart gebracht (zie ook paragraaf 8.2.3). In figuur 8.20 zijn de door zo'n 25 sleutelinformanten aantrekkelijke en minder aantrekkelijke gebieden in de wijk in kaart en grafiek weergegeven; de woonvoorkeurszones van informanten uit de ouderenpopulatie (kaart[1]), de andere informanten (kaart[2]) en het totaal (kaart[3]). In kaart[4] zijn de benoemde minder aantrekkelijke woongebieden in Overvecht weergegeven. In het beleidsproces is overeengekomen, dat sprake is van een subjectief woonvoorkeursgebied indien het door negen of meer sleutelinformanten (circa 36%) is benoemd²¹. Er zijn duidelijk twee woonvoorkeurszones te onderscheiden (zie kaart [3]). In de kruistabel in tekst[1] is het aantal in de woonvoorkeursgebieden gesitueerde woningen opgenomen. In paragraaf 8.6.5 worden de subjectieve woonvoorkeursgebieden verder beschouwd en vergeleken met de normatieve woonzones om ruimtelijke beleidsstrategieën te ontwikkelen.

Woonwensen

Lokale beleidsontwikkeling op het terrein van de woonomstandigheden van ouderen is zeker gebaat bij een onderzoek naar de woonwensen en -behoeften van de onderzoekspopulatie. Ook in Overvecht is uitvoerig stil gestaan bij de woonwensen van ouderen in Overvecht. Gezien de hoge woonsatisfactie onder ouderen en de zeer geringe verhuisgeneigdheid onder ouderen in Overvecht wordt hier volstaan met enkele algemene opmerkingen (zie verder Raaymakers *et al.* 1996). Om inzicht te krijgen in mogelijke

²⁰ Verkeersongevallenconcentraties zijn locaties waar in drie jaar tijd 12 of meer verkeersongevallen hebben plaatsgevonden, ongeacht de afloop. Black spots zijn locaties waar in drie jaar tijd zes of meer ongevallen met letsel of dodelijke afloop plaatsvonden.

²¹ De begrenzing van een dergelijke woonvoorkeurszone is enigszins arbitrair. De interpretatie van deze woonvoorkeursgebieden is derhalve indicatief van aard en dient met enige voorzichtigheid plaats te vinden.

investeringen in de woningvoorraad is aan de niet-verhuizers gevraagd of aanpassingen aan hun woning in de toekomst te verwachten zijn. In het bijzonder zijn aanpassingen in de sfeer van de toegankelijkheid naar boven gekomen, zoals het plaatsen van liften en het verwijderen van drempels in woningen. Aan de kleine groep potentiële verhuizers is gevraagd naar de gewenste woonsituatie wat betreft woningtype, verdiepingshoogte, grootte, eigendomssituatie, woonlasten, specifieke woonvormen en de locatie. Wat betreft mogelijke maatregelen voor het stimuleren van doorstroming van ouderen uit eengezinswoningen betekent dit, dat deze maatregelen mogelijk op een zeer kleine groep ouderen effect zullen sorteren. Het feit dat juist de oudere bewoners in eengezinswoningen behoren tot de niet-verhuizers of twijfelaars en circa 41% van de potentiële verhuizers aangeeft buiten Overvecht te willen wonen, lijkt het effect van doorstromingsmaatregelen te verminderen. Bezien is tevens of enige differentiatie in de woonwensen binnen de ouderenpopulatie in Overvecht te onderkennen is. Geconcludeerd is, dat de steekproef te klein is geweest om statistisch significante verbanden in differentiatie van de woonbehoeften in Overvecht te vinden. Voor het werken met woonvriendelijke zones is het verband tussen de nabijheid van voorzieningen en de leeftijd, de lichamelijke gezondheidssituatie en het vervoermiddel vermeldenswaardig.

8.6.3 Het werken met bereikbaarheidsmodellen

Met *RELEVANT* wordt de bereikbaarheid van voorzieningen voor woningen vastgesteld met behulp van een bereikbaarheidsmodel. Zoals in paragraaf 8.4 is uiteengezet, heeft *RELEVANT* een eenvoudig te interpreteren bereikbaarheidsmodel. In een afstandminimalisatiemodel wordt voor elke woning de afstand via de kortste route in het stratenpatroon naar de dichtsbijzijnde voorziening van een bepaald type berekend. De resultaten van een afstandminimalisatiemodel voor de supermarkten in Overvecht zijn in figuur 8.21 (zie pp. 330) weergegeven. Voor iedere woning in Overvecht is de afstand via het stratenpatroon bepaald naar de dichtsbijzijnde supermarkt. De resultaten van de modelberekeningen zijn opgenomen onder attribuutvariabele 'AMSupermarkt' van het objecttype 'Woning' en kunnen worden weergegeven in een tabel (zie tabel[1]). De attribuutwaarden van de berekeningen naar de supermarkten zijn via de (door de gebruiker gespecificeerde) modelnaam 'AMSupermarkt' in de velden van de betreffende tabelkolom weergegeven. Slechts een klein deel van de woningen in Overvecht heeft binnen een loopafstand van 250 meter een supermarkt en voor een groot deel van de woningen is de afstand groter dan 500 meter (zie histogram[1]). Tekst[1] presenteert enkele univariate maten; zo bedraagt de gemiddelde afstand van woning naar supermarkt in Overvecht bijna 500 meter. De ruimtelijke spreiding van de supermarkten, woningen en uitkomst van de modelberekeningen is weergegeven in kaart[1].

8.6.4 Het werken met geschiktheidsmodellen

De resultaten van het in de geschiktheidsmodellen vastgelegde normatieve woonprofiel en de drie bijbehorende varianten (zie paragraaf 8.2.3) laten zien, dat een vijfde van de woningen in Overvecht voldoet aan het normatieve woonprofiel (zie figuur 8.22, pp. 331; kaart[1], tekst[1] en taartdiagram[1]; legenda-eenheid 'Gemiddeld geschikt' is overeenkomstig variant 1 en legenda-eenheid 'Zeer geschikt' correspondeert met het normatieve woonprofiel). De kern van de objectieve woonzones wordt gevormd door de voor ouderen geschikte woningen in gebieden in de omgeving van de winkelcentra. In deze kernzones bedraagt de afstand tot de basisvoorzieningen gemiddeld minder dan 500 meter. Bepalend voor deze ruimtelijke structuur is vooral de spreiding van de supermarkten en financiële dienstverlening. Het openbaar vervoer - de bushaltes - zijn (volgens de normering van 500 meter) goed over de wijk gespreid. Het belang van de kleinere winkels in de normatieve woonprofielen is minimaal, vanwege het feit dat het in Overvecht aan kruideniers ontbreekt. Daarbij komt dat de winkels veelal gesitueerd zijn in één van de buurtcentra waar ook een supermarkt is gevestigd. Ongeveer 20% van de woningvoorraad in Overvecht voldoet aan de gestelde fysieke kenmerken van de woning, die in het normatieve woonprofiel zijn verdisconteerd (zie kruistabel in tekst[1]). Met het aanscherpen van het woonprofiel naar een bereikbaarheid van kernvoorzieningen binnen een gebied van 250 meter - aangeduid met *variant 1* - is slechts een zeer klein van de woning als geschikt te classificeren. Het overgrote deel van de geschikte woningen in de wijk is minder gunstig gesitueerd voor ouderen wat betreft de ligging ten opzichte van de kernvoorzieningen.

Het normatieve woonprofiel, zoals in overleg met ouderen, sleutelinformanten en planners is opgesteld in het beleidsproces, is in een drietal varianten verder aangescherpt. De resultaten van varianten 2 en 3 zijn in figuur 8.23 (zie pp. 332) weergegeven. Wanneer het normatieve woonprofiel verder wordt aangescherpt in varianten 2 en 3 blijkt, dat het aantal woningen in woonvriendelijke zones in Overvecht sterk afneemt. De nabijheid van ontmoetingscentra voor ouderen in variant 2 (figuur 8.23; kaart[1], tekst[1] en taartdiagram[1]) en de bereikbaarheid van huisarts en fysiotherapeut in variant 3 (figuur 8.23; kaart[2], tekst[2] en taart-

diagram[2]) zijn sterk bepalend voor de spreiding en omvang van de woonvriendelijke zones in Overvecht.

Additionele (data)analyse; woningbezetting en geregistreerde ouderenwoningen

Tijdens het beleidsproces zijn vragen gesteld omtrent de verhouding tussen het aantal geschikte woningen volgens de gepresenteerde woonprofielen en bijbehorende varianten en de huidige bewoning door ouderen en de geregistreerde seniorenwoningen in Overvecht. Via de analysefuncties in *RELEVANT* is het mogelijk op relatief eenvoudige wijze de relaties tussen woninggeschiktheid en andere beleidsrelevante indicatoren te bepalen. Zinnvolle informatie wordt verkregen door de woonprofielen te confronteren met de huidige woonbezetting door ouderen. De vraag hoe de ouderenpopulatie zich in kwantitatief en kwalitatief opzicht verhoudt tot de woonvriendelijke zones wordt hier kort beschouwd. In figuur 8.24 (zie pp. 333) is de woninggeschiktheid zoals gedefinieerd volgens het normatieve woonprofiel (inclusief variant 1) en de varianten 2 en 3 uitgezet tegen de bewoning door ouderen gedifferentieerd naar leeftijdsgroep (55-64 jaar in kaart[1], 65-79 jaar in kaart[2] en ouder dan 80 jaar in kaart[3]). In de histogrammen[1], [2] en [3] in figuur 8.24 kan de huidige woningbezetting door ouderen in relatie tot de woonprofielen en varianten worden afgelezen.

8.6.5 Ruimtelijke beleidsstrategieën

Zoals in paragraaf 8.2.4 aangegeven, levert de ruimtelijke reflectie van de normatieve en subjectieve woonprofielen een beeld op van de ruimtelijke beleidsstrategieën van ontwikkeling en handhaving. Het is belangrijk de beleidsstrategieën voor het instandhouden en verbeteren van de woonsituatie van ouderen niet alleen te richten op de bestaande woonvriendelijke zones. Het concept is vooral bedoeld om inzichtelijk te maken op welke plaatsen behoud of aanpassing van de woning, verzorgingsstructuur en/of fysieke en sociale woonomgeving nodig zijn. Het is zeker niet de intentie van het concept, dat ouderen massaal naar de woonvriendelijke zones gaan verhuizen. Dergelijke verhuisbewegingen staan tevens op gespannen voet met de wens van veel ouderen om in de eigen woning te blijven wonen. Zoals in paragraaf 8.5.2 is aangegeven, is de reflectie van normatieve en subjectieve woonprofielen aanleiding tot het formuleren van ruimtelijke beleidsstrategieën.

Een beleidsstrategie is een combinatie van een hoog-laag waardering (twee klassen) van een normatief woonprofiel en een hoog-laag waardering (twee klassen) van een subjectieve woningprofiel, die zijn vastgesteld via de sleutelinformanten - ook wel woonvoorkeurszones genoemd (zie paragraaf 8.6.2; figuur 8.20). Een dergelijke combinatie wordt omgezet naar scores voor een beleidsstrategie. Beide varianten - aangeduid met respectievelijk beleidsstrategie variant A en variant B - liggen in elkaars verlengde, waarbij beleidsstrategie B een aanscherping is van variant A. In figuur 8.25 (zie pp. 334) is de ruimtelijke spreiding van de twee ruimtelijke beleidsstrategieën voor Overvecht gepresenteerd in respectievelijk kaart[1] en kaart[2].

Zoals in paragraaf 8.2.4 is weergegeven, zijn de twee ontwikkelingsstrategieën concentratie en deconcentratie sterk offensief van aard en gericht op de normatieve woonprofielen; het ruimtelijk versterken door respectievelijk het versterken van de woonvriendelijke zones (concentratie) dan wel het versterken van gebieden buiten de woonvriendelijke zones (deconcentratie). De handhavingstrategie richt zich als defensieve strategie vooral op het anticiperen en reageren op bedreigingen, die het kwaliteitspeil van de woonvriendelijke zones aantasten. Deze globale ruimtelijke beleidsstrategieën voor ontwikkeling en handhaving krijgen pas invulling door specifieke beleidsmaatregelen. Gezien de diversiteit en verscheidenheid aan problematiek kunnen de beleidsmaatregelen uitlopen²². De bovengenoemde beleidsopties dienen hun plaats te krijgen binnen de ruimtelijke beleidsstrategieën, dat wil zeggen hun ruimtelijke vertaling, waarbij opgemerkt dient te worden dat ze indicatief van aard zijn. In figuur 8.25 is tevens de waardering opgenomen, die de respondenten hebben gegeven van de woonvriendelijke gebieden in

²² Voorbeelden van mogelijke maatregelen in relatie tot de ruimtelijke beleidsstrategieën kunnen zijn:

- strategische nieuwbouw en modernisering van seniorenwoningen en andere woningen;
- verbetering toegankelijkheid woningvoorraad door liften en woningaanpassing;
- uitbreiding en modernisering van specifieke woonvormen voor ouderen;
- handhaving en verbetering van voorzieningenpeil voor de dagelijkse levensbehoeften;
- verbeteren kwaliteit welzijnsvoorzieningen;
- opheffen wachtlijst voor thuishulp;
- aanpak achterstallig onderhoud groenvoorzieningen en bestrating;
- aanpak van sociaal onveilige plekken;
- creëren van veilige oversteekplaatsen bij gevaarlijke kruisingen en wegen.

Overvecht (zie kaart[3] en histogram[1]). De Klop e.o. wordt als gebied het meest positief gewaardeerd. Het Grootwinkel-centrum en Overkapel e.o. zijn eveneens vrij positief gewaardeerd, maar niet aangemerkt als woonvoorkeurszone. Berberhof, Theemsdreef en Arnodreef e.o. zijn relatief minder positief beoordeeld en alleen Berberhof is als woonvoorkeurs-zone aangemerkt. Deze ruimtelijke beleidsstrategieën zijn richtinggevend voor de ruimtelijke besluitvorming rondom enkele lokale plannen en initiatieven. Hiermee krijgen de woonvriendelijke zones hun betekenis ten behoeve van de plan- en besluitvorming.

Afstemming met lokale plannen en initiatieven

Bij het uitvoeren van ruimtelijke beleidsstrategieën is het gewenst aansluiting te vinden bij lokale beleidsplannen en initiatieven (zie figuur 8.2). Door de lokale beleidsplannen en initiatieven ruimtelijk weer te geven in relatie tot de ruimtelijke beleidsstrategieën ontstaat een geïntegreerd beeld van mogelijke (nieuwe) oplossingsrichtingen voor beleid en besluitvorming. Naast het liftenprogramma van de woningbouwverenigingen zijn het gemeentelijk nieuwbouwprogramma, het verkeersbeleidsplan en het plan herstructurering verzorgingshuizen vanuit de verzorgingssector de meest relevante ruimtelijk plannen met betrekking tot de ouderenhuisvesting in de wijk Overvecht²³. Voor een liftenprogramma van de woningcorporaties en de gemeentelijke strategische nieuwbouw is bezien of deze opties voor ouderenhuisvestingsbeleid aansluiting vonden bij de ruimtelijke beleidsstrategieën. Gezien de betrokkenheid van deze partijen in de ouderenhuisvesting (zie figuur 8.1) laat de toepassing van het concept woonvriendelijke zones in relatie tot deze plannen een duidelijke brede en integrale ondersteunende functie van het concept zien.

Het liftenprogramma van de corporaties

Het liftenprogramma is een gezamenlijk initiatief van de woningcorporaties, waarmee wordt beoogd de reguliere flats beter toegankelijk te maken voor de minder validen door de plaatsing van hefplateaus. Doel van het corporatieprogramma is het verbeteren van de verhuurbaarheid van de appartementen in de flats voor ouderen. Het concept van de woonvriendelijke zones biedt een aanvullend ruimtelijk beleidskader om een dergelijk programma op een meer strategische wijze uit te voeren. Bezien is in hoeverre het liftenprogramma conform de normatieve woonprofielen wordt uitgevoerd²⁴. In figuur 8.26 (zie pp. 335) is het liftenprogramma - in de vorm van de complexen die zullen worden voorzien van hefplateaus - uiteengezet tegen de ligging van de complexen in de woonvriendelijke zones. Hieruit blijkt dat iets meer dan de helft van de liften gepland is in gebieden waar één of meerdere voor ouderen relevante voorzieningen voor de dagelijkse levensbehoeften binnen een loopafstand van 500 meter ontbreken (zie kaart[1] en kruistabel in tekst[1]). Gegeven deze situatie is de (beleids)aanbeveling voor corporaties; voor minder mobiele ouderen biedt het programma meer soelaas indien de liften geplaatst worden in hoogbouwflats die gesitueerd zijn in deze zones of wanneer tevens het voorzieningspeil in deze gebieden zou worden verbeterd.

Nieuwbouwprogramma

Een reflectie van het nieuwprogramma in Overvecht in relatie tot de woonvriendelijke zones is om diverse redenen interessant. Een gunstige ligging biedt mogelijkheden om het nieuwbouwplan af te stemmen op de behoeften van ouderen middels het type woning, mogelijkheden voor woningaanpassing en het inpassen van additionele voorzieningen. Tevens kunnen de in het plan opgenomen seniorenwoningen geëvalueerd worden op hun ligging. De vijf woningbouwprojecten in Overvecht zijn in kaart gebracht en vergeleken met de woonvriendelijke zones (zie figuur 8.26; kaart[2] en kaart[3]). Alle geplande projecten zijn gesitueerd in de woonvriendelijke zones voor ouderen en bieden als zodanig zeer goede mogelijkheden voor het plannen van woningen voor ouderen. Daarbij kunnen accenten worden aangebracht; de Berberhof biedt vanwege de ligging in één van de zes kerngebieden bijzonder interessante perspectieven voor de ouderenhuisvesting. Marokkodreef en de locatie Charlotte de Bourbon hebben op basis van de ligging in/nabij een woonvriendelijke zone in iets mindere locatie. Het project aan de Humbardreef heeft vanwege de ligging minder aandacht vanuit de optiek van de ouderenhuisvesting.

²³ Op terrein van de sociale veiligheid spelen projecten als de vestiging van een nieuwe wijkpost voor de politie, een inbraakpreventie-programma en een pilotproject toezichthouders. Op het gebied van welzijn spelen aspecten van verschillend schaalniveau; van het instellen van een spreekuur voor ouderen in de wijkwinkels tot huiskamerprojecten en een dienstennetwerk voor ouderen. Het plan 'herstructurering verzorgingshuizen' is tenslotte een gemeentelijk plan op het gebied van zorg en hulpverlening voor ouderen, dat van invloed is op de toekomstige situatie van de ouderenhuisvesting in Overvecht.

²⁴ Ten tijde van uitvoering van het onderzoek (Raaymakers *et al.* 1996) is de planvorming rond het liftenprogramma (STUW 1996) al gevorderd, zodat slechts achteraf kon worden bezien of het programma conform de onderzoeksresultaten kon worden uitgevoerd.

8.7 Afsluiting

8.7.1 Resumerende opmerkingen

Voor het maken en uitvoeren van ouderenhuisvestingsbeleid is het essentieel vroegtijdig inzicht te hebben in structuren, processen en dynamiek, die in de straten, buurten en wijken van de stedelijke en landelijke woonomgevingen plaatsvinden.

Dit vraagt om beleidsontwikkeling en ruimtelijke planning dat gericht is op het nemen van maatregelen, waarmee kan worden geanticipeerd op de dynamiek in de bestaande ruimtelijke en functionele structuur van het woon- en leefklimaat. Voor een effectieve en efficiënte anticipatie op ontwikkelingen in buurt en wijk dienen planners, beleidmakers en politici voortdurend over adequate gegevens te beschikken omtrent de toestand in de dagelijkse woonomgeving van ouderen. De GIS-applicatie *RELEVANT* is een instrument waarmee de gewenste beleidsontwikkeling kan worden ondersteund via de op gebruiker afgestemde en beleidsgerichte functies voor inventarisatie en presentatie. Het gebruik van een dergelijk geïntegreerd informatie-systeem zal het beleidsproces structureren, inzichtelijk maken en -mogelijk - versnellen. De verwachting is gerechtvaardigd, dat daardoor ook de benodigde publieke consensus over te nemen beleidsmaatregelen tot stand kan komen. In deze paragraaf is een belangrijke aanzet gegeven om lokale beleidsontwikkeling, -uitvoering en -monitoring in de ouderenhuisvesting te kunnen ondersteunen met een computergestuurd systeem. De functie en (meer)waarde van *RELEVANT* dient in het licht van normering en consensusvorming tussen diverse relevante beleidsactoren in de lokale ouderenhuisvesting te worden gezien. De geschikte woning of woonomgeving voor ouderen bestaat niet. De groep ouderen is daarvoor te heterogeen.

GIS en modellen voor ouderenhuisvesting; meerwaarde?

Er is een duidelijke meerwaarde te verwachten van de integratie van bereikbaarheids- en beslissingsmodellen in specifieke GIS-applicaties voor de ouderenhuisvesting, zoals is gebleken uit de in dit hoofdstuk uiteengezette toepassing:

1. Het planconcept 'woonvriendelijke zones voor ouderen' is geschikt om via een GIS-applicatie te operationaliseren. Via netwerk-analyse worden eenvoudig te interpreteren normatieve bereikbaarheidsmodellen toegankelijk gemaakt en via een op classificatieschema's gebaseerde beslissingsregels in kaart gebracht;
2. Het integreren van uiteenlopende indicatoren van ruimtelijke en niet-ruimtelijke aard geeft een integraal beeld van de ouderenhuisvestingsproblematiek en ondersteunt en structureert daarmee het formuleren van ruimtelijke beleidsstrategieën;
3. De integratie van normatieve concepten en de reflectie daarvan met subjectieve woonprofielen en bewonersscores van ouderen en sleutelinformanten via de ruimtelijke component levert belangrijke nieuwe inzichten op voor beleids-ontwikkeling.

Tenslotte kan opgemerkt worden, dat de woonvriendelijke zones voor ouderen niet exclusief bestempeld dienen te worden voor ouderen. Een hoge ruimtelijke concentratie van ouderen werkt stigmatiserend. Ook voor andere bevolkingsgroepen zijn deze gebieden aantrekkelijk om te wonen.

Objectoriëntatie en *RELEVANT*: meerwaarde?

RELEVANT is ontwikkeld vanuit het in hoofdstuk 6 gepresenteerde objectgeoriënteerde raamwerk. Het raamwerk fungeert als generieke set van componenten van functies voor het gebruikersgecentreerd ontwikkelen van GIS-applicaties voor locatie-planning. Door de inpassing van probleemdomainspecifieke gegevens en functies (waaronder functies voor het werken met bereikbaarheids-, geschiktheids- en ruimtelijke aggregatiemodellen) in dit applicatierraamwerk is *RELEVANT* in zijn huidige vorm ontstaan. Zoals uit de problematiek in het probleemdomin blijkt, is flexibiliteit betreffende de aanpasbaarheid en uitbreidbaarheid van *RELEVANT* zeker geen overbodige luxe. Het objectgeoriënteerde raamwerk biedt flexibiliteit, die nodig is om *RELEVANT* op termijn te kunnen integreren en uitbreiden met nieuwe probleemdomin-specifieke gegevens en modellen - en indien gewenst - aan te passen aan zich veranderende omstandigheden. De belangrijkste voordelen van een objectgeoriënteerde aanpak in de context van *RELEVANT* laten zich daarbij als volgt samenvatten:

1. Objectgeoriënteerde analyse geeft inzichtelijk weer hoe modellen en GIS-functies kunnen samenwerken en geschikt zijn om GIS-functies en modellen te integreren via het principe van hechte koppeling;
2. *RELEVANT* is een GIS-applicatie, die nieuwe functionaliteiten zal krijgen. De objectgeoriënteerde benadering waarborgt de mogelijkheid de functionaliteit te verbeteren en uit te breiden.

8.7.2 *RELEVANT* op termijn²⁵

Tijdens het (intensieve) gebruik van *RELEVANT* zijn inzichten ontstaan, die nieuwe functionele gebruikerswensen hebben opgeroepen. Tegelijkertijd is eerder geconstateerd dat de beleidsvraagstukken in de ouderenhuisvesting aan verandering onderhevig zijn, zodat gerust gesteld kan worden dat een GIS-applicatie als *RELEVANT* nooit af is. Voorts zijn diverse andere probleemdomainspecifieke dimensies te onderscheiden, die een rol spelen bij beleidsontwikkeling in de lokale ouderenhuis-vesting. Enkele voorbeelden van (potentiële) aanpassing en uitbreiding van (de functionaliteit van) *RELEVANT* zijn hieronder derhalve kort uiteengezet.

Aanpassing: bereikbaarheid (met in achtneming van barrières)

Het concept van de woonvriendelijke zones is gebaseerd op de bereikbaarheid van voorzieningen. Door ontwikkelingen als teleshopping en nieuwe mobiele voorzieningen voor ouderen (de introductie van kleinschalige medische apparatuur voor de thuiszorg) neemt een deel van het belang van de fysieke bereikbaarheid van voorzieningen voor ouderen af. Tegelijkertijd heeft buiten winkelen een belangrijke kwalitatieve waarde, hetgeen de integratie en zelfredzaamheid van ouderen positief beïnvloedt. Een normatief bereikbaarheidsmodel geeft daarbij de moeite van een verplaatsing weer. Of het doel van de verplaatsing wordt bereikt, wordt buiten beschouwing gelaten. De vraag blijft of met de verplaatsing ook de gewenste goederen en diensten voor ouderen kunnen worden verkregen in de context van hun validiteit, draagkracht, et cetera. Meer inzicht in het ruimtelijk keuze-gedrag van ouderen - zoals multi-purposegedrag en de vervoerswijzekeuze - in relatie tot de normatieve bereikbaarheidsmodellen is derhalve gewenst. Ook de aanwezigheid van fysieke-ruimtelijke barrières is in belangrijke mate van invloed op de het ruimte-gebruik (mobiliteit) door ouderen (Raaijmakers *et al.* 1992; Raaymakers *et al.* 1996; Wind *et al.* 1992). Bijvoorbeeld in Raay-makers *et al.* (1996) zijn aan de hand van vraaggesprekken met de politie en de survey onder ouderen diverse fysieke-ruimtelijke barrières in Overvecht naar voren gekomen. Door deze barrières te benoemen, veelal sociaal- en verkeersonveilige locaties, ontstaat een 'betere' maat van de bereikbaarheid van kernvoorzieningen voor ouderen.

Uitbreiding: scenariomodellen

Het werken met scenario's biedt voor beleidsontwikkeling in de lokale ouderenhuisvesting mogelijkheden om effecten van potentiële beleidsmaatregelen en ontwikkelingen te verkennen. In de ouderenhuisvesting zijn de instrumentele plannings-variabelen gevarieerd. Naast scenario's ten aanzien van de bereikbaarheid van kernvoorzieningen (wat zijn de effecten van het verplaatsen van het steunpunt van ouderen?) en het samenstellen van normatieve woonprofielen (wat is het effect van het opnemen, verwijderen, of wijzigen van een variabele in een geschiktheidsmodel?), vervullen scenario's vooral een belangrijke functie bij het formuleren van ruimtelijke beleidsstrategieën. Nadat scenario's zijn ontwikkeld vindt evaluatie plaats op basis van (nieuwe) beleidscriteria. De diverse technieken van multicriteria-analyse en multidoelstellingsmethoden vormen een geschikt hulpmiddel om scenario's te evalueren op hun geschiktheid op basis van additionele beleidsrelevante en implementatiegevoelige criteria, zoals kostenbatenanalyse. Daarmee worden de scenario's op gestructureerde wijze gewogen en kan op eenduidig en inzichtelijke wijze consensus worden bereikt over het meest gewenste scenario.

Onderhoud en uitbreiding: monitoring

RELEVANT moet worden onderhouden; de woningvoorraad en woonomgeving zijn voortdurend aan veranderingen onderhevig. Het bijhouden van de veranderingen en het effect op de woonvriendelijke zones dient periodiek plaats te vinden. Voor beleidsontwikkeling is het evident inzicht te hebben in de effecten van potentiële beleidsmaatregelen en ontwikkelingen in de tijd. Het is zaak de effecten van planimplementatie - na het uitvoeren van beleidsmaatregelen - in de tijd te blijven volgen om de effectiviteit van het beleid te kunnen vaststellen. Monitoring van de woonprofielen maakt het mogelijk de effecten van genomen beslissingen te volgen en indien gewenst bij te sturen. Ook de effecten van exogene ontwikkelingen op de woon- en leefsituatie van ouderen zullen via monitoring kunnen worden bijgehouden. Ten behoeve van de monitoring van ontwikkelingen in de ouderenhuisvesting dienen -

²⁵ *RELEVANT* versie 1.0 (Grothe *et al.* 1996b) is ontwikkeld voor de Dienst Volkshuisvesting van de gemeente Utrecht. Inmiddels heeft de Stichting Sociale Gerontologie van de Vrije Universiteit Amsterdam in opdracht van de gemeente Amsterdam een ontwikkelingstraject in gang gezet voor de ontwikkeling van *RELEVANT* versie 2.0. Op basis van de opgedane bevindingen met *RELEVANT* versie 1.0 in Overvecht (zie Raaymakers *et al.* 1996) is *RELEVANT* versie 2.0 een GIS-applicatie met aangepaste en uitgebreide functionaliteit.

vanwege het integrale karakter - ook ontwikkelingen in daaraan gerelateerde sectoren in beschouwing te worden genomen. Bijvoorbeeld de integratie met de multidimensionele gegevens uit verwante lokale signaleringssystemen voor woning- en buurtbeheer ligt zeer voor de hand (zie Hoenderdos 1994; Smeets en Nuyten 1992). Daarmee worden de algemene ontwikkelingen van sociaal-economische, fysiek-technische en demografische aard in de wooncomplexen en buurten beschouwd.

Integratie met complementaire modellen en systemen

Inzicht in de kwantiteit en kwaliteit van de bestaande woningvoorraad voor ouderen is in deze studie verkregen door gegevens van uiteenlopende aard en ruimtelijke schaalniveaus geïntegreerd te beschouwen. De integratie van de gegevens heeft in belangrijke mate plaatsgevonden via de inbedding van (enkele) modellen in een GIS-applicatie. *RELEVANT* is ontwikkeld vanuit het perspectief van de ouderenhuisvesting. De lokale problematiek van de woon- en leefomgeving van ouderen omvat echter meer dan alleen het huisvestingsperspectief. Een integraal perspectief voor ouderenbeleid vereist een multidisciplinaire aanpak, zowel vanuit huisvesting, welzijn en zorg alsook vanuit de meer fysiek-technische invalshoek (zoals stedenbouwkundige inrichting, verkeerstechnische ontsluiting). Dit impliceert dat modellen uit deze disciplines ook een rol kunnen spelen tijdens de beleidsontwikkeling. Bijvoorbeeld vanuit het perspectief van de welzijn- en zorgsector zijn modellen ontwikkeld voor afstemmen van de vraag naar en het aanbod van verzorgingsplaatsen. Door deze modellen te bezien in het licht van de ouderenhuisvesting kan verder afstemming plaatsvinden met de zorgsector. Vanuit de problematiek bezien zijn er diverse aanknopingspunten voor verdere integratie en toepassing van modellen voor de ondersteuning van lokale beleidsontwikkeling voor *integraal* ouderen-beleid. Vanuit dit perspectief zijn diverse mogelijkheden aanwezig om modellen, methoden en technieken voor beleidsondersteuning op te nemen in *RELEVANT*, zoals modellen voor bevolkingsvoorberekening, financiële modellen voor het door-rekenen van investeringsbeslissingen, et cetera. *RELEVANT* is daarbij niet alleen inzetbaar ter ondersteuning van het lokale ouderenhuisvestingsbeleid, maar kan bredere toepassing krijgen in de lokale beleidsontwikkeling.

9 RETROSPECTIEVE EN PROSPECTIEVE EVALUATIE

9.1 Resumé

In toenemende mate spelen generieke en specifieke GIS-applicaties een ondersteunende rol bij locatieplanning in de publieke en private sector. Een specifieke GIS-applicatie is een applicatie, waarin multidimensionele gegevens en beslissingsondersteunende modellen en technieken zijn geïntegreerd in een op het (eind)gebruik afgestemd systeem. De ontwikkeling van GIS-applicaties is een iteratief proces, waarbij de dynamiek van verschijnselen en processen uit het probleemdomen wordt vertaald naar een representatie in de computer. Uitgangspunt voor ontwikkeling van GIS-applicaties is het model dat de gebruiker heeft van het probleemdomen. Het model representeert de locatonele dynamiek van verschijnselen en processen van het ruimtelijk systeem. Vanuit diverse ruimtelijke disciplines zijn benaderingen ontstaan, die vanuit een bepaald perspectief een modelmatige beschrijving geven van ruimtelijk vestigings- en verplaatsingsgedrag. Deze benaderingen zijn in deze studie onder de noemer van *modellen van locatieplanning* belicht. De positie en rol van deze modellen in het plannings- en beslissingsproces zijn daarbij tevens aan de orde gesteld, evenals de rol van informatie en informatiesystemen (hoofdstuk 2). Via het integreren van deze modellen met GIS-functies voor de opslag, opvraag en presentatie van geo-informatie is een belangrijke meerwaarde voor locatieplanning te behalen en omgekeerd. Vooral in de complementaire relatie tussen functionaliteiten van GIS en locatie- en keuzemodellen ligt de meerwaarde voor het oplossen van complexe locatievraagstukken. *Geografische informatiesystemen* zijn in hoofdstuk 3 eerst beschouwd aan de hand van het proces van computerrepresentatie, bestaande in de fasen conceptuele representatie, gegevensmodellen, gegevensstructuren en -architecturen. Vervolgens zijn definities, blikvelden, de generieke GIS-markt en algemene GIS-functionaliteiten kritisch belicht. Tot slot is in dit hoofdstuk de aandacht uitgegaan naar de integratie van GIS en modellen vanuit reeds opgedane (onderzoeks)ervaringen. Daarbij zijn de functionele meerwaarde van integratie en de technische koppeling aan de orde gesteld. Belangrijk uitgangspunt voor deze studie is dan ook de constatering, dat sprake is van een 'missing link' tussen GIS en modellen. Diverse redenen zijn hiervoor aangevoerd. Eén van de redenen betreft het ontbreken van een conceptueel kader voor de functionele en technische inbedding van modellen in generieke GIS.

In deze studie heeft deze inkadering plaatsgevonden door enerzijds de theorie en concepten van decision support systemen te beschouwen (vooral wat betreft de functionele inbedding) en anderzijds een beroep te doen op objectoriëntatie als paradigma voor applicatieontwikkeling (vooral voor technische inbedding).

In hoofdstuk 4 is gestart met een beschouwing van de aan *decision support systemen* ten grondslag liggende theorie en concepten. De integratie van uiteenlopende type modellen en de ondersteuning van alle fasen van een beslissingsproces staat in de DSS-benadering centraal, waarmee in het bijzonder niet-gestructureerde problemen moeten worden opgelost. De menselijke factor komt bij de ontwikkeling en het gebruik van DSS heel nadrukkelijk aan bod; verschillende rollen van diverse typen gebruikers en ontwikkelaars zijn onderscheiden. Aan de problematiek rondom het ontwikkelen en gebruik van DSS ligt het concept *flexibiliteit* ten grondslag; DSS zijn voortdurend aan verandering onderhevig. Verandering manifesteert zich vanuit diverse invalshoeken: vanuit de werkelijkheid, de perceptie van de probleemdomen, de beslissingsomgeving en de informatie-technologie. Om aan de veranderingen te kunnen voldoen is flexibiliteit bij systeemontwikkeling gewenst, zo niet vereist. Flexibiliteit manifesteert zich door de mogelijkheden om zonder al te grote inspanningen specifieke DSS-applicaties aan te passen en uit te breiden. Flexibiliteit is derhalve ook het sleutelwoord bij systeemontwikkeling van specifieke GIS-applicaties voor locatieplanning, waarbij de integratie en koppeling van modellen en GIS centraal staat. Objectoriëntatie is in deze studie geïntroduceerd als het paradigma, dat een wezenlijke bijdrage kan leveren om te komen tot de vereiste flexibiliteit.

In hoofdstuk 5 zijn eerst de basisprincipes van *objectoriëntatie* gezien; de centrale concepten voor objectmodellering en de daaruit voortvloeiende aspecten van implementatie. De beoogde (theoretische) voordelen van het toepassen van objectoriëntatie voor gebruiker en ontwikkelaar zijn vervolgens in beeld gebracht. Vervolgens is het proces van objectgeoriënteerde applicatieontwikkeling globaal toegelicht. Aan de hand van de Object Modelling Technique - de in deze studie toegepaste objectgeoriënteerde methodiek - is ingegaan het proces en de gehanteerde methoden en technieken van objectgeoriënteerde applicatieontwikkeling. De Object Modelling Technique maakt het daarbij mogelijk de fasen van analyse, ontwerp- en implementatie via een eenvoudige representatie op eenduidige en visuele wijze in beeld te brengen. Ook de drie invalshoeken die in het algemeen worden onderkend bij objectoriëntatie en GIS zijn daarbij aan de orde gesteld: het objectgeoriënteerd modelleren, de object-georiënteerde database managementsystemen en objectgeoriënteerde programmeertalen. Tot slot is de objectgeoriënteerde aanpak in het (toekomst)perspectief van de geo-informatietechnologie en Open GIS geplaatst; aspecten als open standaarden, client/servertechnologie, objecttechnologie en het Open GIS Operabiliteit Specificatie zijn daarbij aan de orde gekomen. Vanuit domeinkennis over locatieplanning, GIS en DSS is in hoofdstuk 6 een raamwerk gepresenteerd voor de objectgeoriënteerde ontwikkeling en het gebruik van GIS-applicaties voor locatieplanning. Daarbij is de aandacht vooral uitgegaan naar de

conceptualisatie, analysefase en het systeemontwerp in het proces van objectgeoriënteerde systeemontwikkeling. De fasen van objectontwerp en implementatie zijn slechts kort belicht. In de fasen van conceptualisatie en analyse vindt de vertaling plaats van het probleemdomen naar objectgeoriënteerde concepten. Voor een generiek raamwerk voor het ontwikkelen van GIS-applicaties van locatieplanning zijn drie kennisdomeinen bezien;

1. Het probleemdomen van locatieplanning is beschouwd vanuit een conceptueel raamwerk voor het representeren van ruimtelijke interactiesystemen en modellen van locatieplanning;
2. Het wiskundig kennisdomein is geraadpleegd voor ruimtelijke representatie en netwerkanalyse;
3. Het cartografisch kennisdomein is beschreven voor de kaartinteractie en kaartpresentatie.

Vanuit een korte beschrijving van deze kennisdomeinen is een objectgeoriënteerde analyse gepresenteerd van generieke componenten van specifieke modelgebaseerde GIS-applicaties voor locatieplanning. Dit raamwerk bestaat uit statische en dynamische beschrijvingen van bovengenoemde onderwerpen: probleemdomenspecifieke modellen van locatieplanning, beschrijvingen van ruimtelijke representatie en het uitvoeren van netwerkberekeningen, cartografische interactie en presentatie en bestandsbeheer. Dit raamwerk is zeker niet allesomvattend; flexibiliteit impliceert een op bouwstenen gebaseerde en stapsgewijze ontwikkeling met mogelijkheden voor onderhoud en beheer. Flexibiliteit betekent dat het aanpassen, verwijderen en toevoegen van bouwstenen van het systeem relatief eenvoudig is. Een dergelijke flexibiliteit is nodig om de dynamiek in het probleemdomen, zowel wat betreft de bestuurde omgeving als beslissingsomgeving, te kunnen (blijven) representeren.

In twee case studies is vervolgens geïllustreerd welke mogelijkheden de objectgeoriënteerde benadering biedt voor uitbreiding en aanpassing van de bouwstenen uit het raamwerk voor de ontwikkeling van twee specifieke GIS-applicaties. In deze case studies is de inbedding van probleemspecifieke gegevens en modellen uiteengezet voor één toepassing in de private en één toepassing in de publieke sector. De toepassing van locatieplanning in de private sector betreft de winkelplanning in de levensmiddelen-detailhandel (hoofdstuk 7). De toepassing in de publieke sector laat de integratie van GIS en modellen voor ondersteuning van lokaal ouderenhuisvestingsbeleid zien (hoofdstuk 8).

Door inzicht te geven in de wijze waarop objectgeoriënteerde concepten worden aangewend voor de ontwikkeling (en het gebruik) van GIS-applicaties voor de ondersteuning van locatieplanning, is een bijdrage geleverd met een wetenschappelijk én een maatschappelijk karakter. Allereerst hebben de - nog steeds - beperkte integratie en hechte koppeling van modellen van locatieplanning en GIS centraal gestaan; achtergronden, mogelijkheden en toepassingen zijn beschreven. Ten tweede is deze integratie met behulp van een objectgeoriënteerde methodiek geïllustreerd, waardoor een hechte en tegelijkertijd flexibele koppeling tussen GIS en modellen mogelijk wordt. Daarnaast vloeit een meerwaarde van GIS-applicaties voor locatieplanning voort uit de integratie en koppeling van modellen en GIS. In de vorm van relevante en gerichte gegevens wordt het oplossen van locatievraagstukken ondersteund, zodat beleid en beslissingen op meer gestructureerde en evenwichtige wijze kunnen worden gemaakt. De maatschappelijke relevantie ligt daarmee in het verlengde van de wetenschappelijke bijdrage.

In de volgende paragraaf worden aan de hand van de centrale onderzoeksvragen de opgedane bevindingen geëvalueerd. Op basis van deze retrospectieve beschouwing blijven nog een reeks onderzoeksvragen over. In paragraaf 9.3 worden enkele van deze onderzoeksvragen nader bezien aan de hand van een prospectieve evaluatie. Daarbij wordt tevens vooruit gekeken naar ontwikkelingen op het terrein van objectgeoriënteerde systeemontwikkeling van GIS-applicaties.

9.2 Retrospectieve evaluatie

In deze studie heeft de volgende vraagstelling centraal gestaan: *Op welke wijze kunnen objectgeoriënteerde concepten worden aangewend voor de ontwikkeling en het gebruik van GIS-applicaties ter ondersteuning van locatieplanning?* De vraagstelling is op een beschrijvende wijze benaderd. Aan de hand van een beschrijving van achtergronden, concepten, ontwikkelingen en toepassingen op het multidisciplinaire terrein van locatieplanning, GIS, DSS en objectoriëntatie is inzicht gegeven in de problematiek. Geïllustreerd is hoe objectgeoriënteerde concepten kunnen worden toegepast voor de ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning. Naast het beschouwen van de sterk complementaire relatie tussen de uiteenlopende invalshoeken zijn tevens kritische kanttekeningen geplaatst. Ten aanzien van een aantal kritische kanttekeningen zijn oplossingen aangedragen. De bevindingen, die daarbij in de loop van deze studie zijn opgedaan, zijn in deze paragraaf weergegeven aan de hand van de vier centrale onderzoeksvragen, waarmee een antwoord wordt gegeven op de centrale vraagstelling.

Welke elementen zijn te onderscheiden in een geïntegreerd instrumenteel raamwerk van informatiesystemen voor locatieplanning?

Het antwoord op deze vraag is uiteengezet in hoofdstuk 2. De centrale componenten van informatiesystemen en applicaties zijn gegevens en functies, die in onderlinge samenhang meerwaarde opleveren ten behoeve van het ondersteunen van beleidsontwikkeling en besluitvorming. Gegevens voor locatieplanning representeren verschillende attribuutdimensies van de objecten, die een rol spelen in locatieplanning. Dit zijn veelal objecten met een ruimtelijke component, ook wel geo-objecten genoemd. Deze geo-objecten zijn de bouwstenen voor het beschrijven van vestigings- en verplaatsingsgedrag met behulp van modellen en (daarvan) afgeleide planningsindicatoren. Voor de interactie met gegevens en verwerking tot planningsindicatoren worden functies aangeroepen; uiteenlopende modellen en technieken met een beslissingsondersteunend karakter. Dit karakter varieert afhankelijk van het type model, haar eigenschappen, toepassing en rol. Dit betekent dat een probleemgerichte aanpak voorop staat; afhankelijk van de inhoudelijke problematiek, de methodische aanpak, de beschikbare gegevens en kennis krijgt een dergelijk model invulling en vervult het een taak in het planningsproces. Voor locatieplanning kan een beroep worden gedaan op een scala aan benaderingen en daaruit voortvloeiende soorten modellen van locatieplanning. Uiteenlopende typen modellen voor het beschrijven van vestigings- en verplaatsingsgedrag worden in de diverse ruimtelijke disciplines gehanteerd. In onderhavige studie zijn keuzemodellen - in het bijzonder multi-attribuut preferentiemodellen en beslissingsmodellen - nader beschouwd.

Dit vanwege een gedragsmatige onderbouwing in een ruimtelijke keuzetheorie, die uitgaat van het ruimtelijk keuzegedrag van individuele actoren.

In een geïntegreerd instrumenteel raamwerk van informatiesystemen voor locatieplanning spelen in het bijzonder twee typen informatiesystemen, te weten GIS en DSS, een belangrijke rol. De integratie van concepten van GIS en DSS richt zich op het ontsluiten en toegankelijk maken van gegevens en modellen in een computergestuurde specifieke applicatie, waarmee zowel het iteratieve proces van modelbouw kan worden ondersteund als het modelgebruik (via planningsindicatoren) in locatieplanning. Het gebruik van gegevens en modellen is sterk contextafhankelijk, zodat stringente richtlijnen voor toepassing niet concreet te geven zijn. Dit impliceert dan ook probleemgericht werken. Uitgangspunt daarvoor is het kunnen integreren van gegevens en modellen van/voor locatieplanning, waarmee een probleemgerichte aanpak kan worden ondersteund.

Op welke wijze spelen concepten van geografische informatiesystemen en beslissingsondersteunende systemen een rol bij de ondersteuning van locatieplanning?

Het antwoord op deze vraag is uiteengezet in hoofdstukken 3 en 4. Concepten van GIS zijn vanuit diverse invalshoeken belicht; vanuit het klassieke ANSI-raamwerk van computerrepresentatie; vanuit enkele definities en blikvelden; vanuit de marktontwikkelingen van generieke GIS; vanuit de functionaliteit in de vorm van opslag, opvraag, analyse en presentatie; en vanuit het gebruik voor de ondersteuning van locatieplanning. Geconstateerd is dat generieke GIS statische computerrepresentaties zijn met krachtige functies voor de opslag, opvraag en presentatie van geo-informatie. Een belangrijk gegeven voor de toepassing van GIS in locatieplanning is de nog steeds grotendeels aanwezige 'missing link'; het ontbreken van een hechte integratie en koppeling tussen de vereiste keuzemodellen van vestigings- en verplaatsingsgedrag in of met generieke GIS-applicaties. Diverse discrepanties zijn gesignaleerd en in beeld gebracht. Via de integratie van modellen van vestigings- en verplaatsingsgedrag met GIS-functionaliteit zijn voor de gesignaleerde discrepanties oplossingen aangedragen en uitgewerkt. Ondanks de constatering, dat generieke GIS via zogenaamde overlay- en matrixanalyse een bijdrage leveren aan de ondersteuning van locatieplanning, is een meerwaarde vooral gelegen in de integratie van de in hoofdstuk 2 besproken keuzemodellen. De functionele meerwaarde is gelegen in de complementariteit en sterk afhankelijk van het type model. Ook over de wijze waarop de koppeling plaatsvindt zijn uitspraken gedaan; volledige integratie of hechte koppeling biedt het meeste perspectief voor flexibiliteit, die nodig is vanwege de veelvuldige interactie tussen de verschillende functionaliteiten (en systeemcomponenten). Volledige integratie heeft derhalve de voorkeur vanuit het oogpunt van interactiviteit en dynamische koppeling.

De DSS-benadering biedt diverse handreikingen voor de inbedding van modellen in GIS-applicaties en het gebruik ervan in locatieplanning. Opnieuw zijn diverse concepten de revue gepasseerd; de definities, de karakteristieken, de functionele systeemcomponenten en de menselijke factor. De DSS-benadering levert concepten aan voor de ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning. Zo staat het structureren van de probleemoplossing en daarmee het verhelfen van het planningsproces voorop. DSS levert ook een bijdrage aan het verminderen van de kloof tussen het 'maken' en 'gebruiken' van modellen door toegankelijkheid en gebruikersvriendelijkheid voorop te stellen. Essentieel is daarbij de transparante gebruikersinterface van het systeem zodat duurzaam gebruik is gewaarborgd. Naast het belang van een laagdrempelige dialoogsysteem - en natuurlijk een gegevensbank - is de modellenbank een evident onderdeel van een DSS. De modellenbank is de systeemcomponent waarmee uiteenlopende typen beslissingsondersteunende modellen, methoden en technieken kunnen worden gebouwd en geïntegreerd.

De term flexibiliteit is hierbij veelvuldig hoorbaar; de modellenbank is bij uitstek de systeemcomponent, die aan veranderingen onderhevig zal zijn. De DSS-ontwikkelomgeving is afgestemd op bovenstaande DSS-eigenschappen en biedt specifieke rollen en bijbehorende instrumenten voor diverse soorten ontwikkelaars (en gebruikers). Het DSS-ontwikkelproces is bij voorkeur iteratief, incrementeel en adaptief en kent een voortdurende interactie en terugkoppeling met de (eind)gebruiker(s). Kritische kanttekeningen zijn tevens op hun plaats; de waarde van een DSS wordt mede bepaald door het soort beslissingsproces.

De effectiviteit is niet bij voorbaat vast te stellen en er is sprake van een blijvend spanningsveld betreffende de toepassing van gestructureerde modellen voor ongestructureerde beslissingsproblemen. Het is echter juist in de complementaire relatie en de daaruit voortvloeiende synergie-effecten tussen bovengenoemde concepten van GIS en DSS, waarmee een meerwaarde voor het ontwikkelen en gebruik van GIS-applicaties voor locatieplanning kan worden verkregen. Daarbij worden vanuit de DSS-benadering nadrukkelijk eisen gesteld aan de te ontwikkelen applicaties vanuit de systeemarchitectuur, het ontwikkelproces, de betrokken gebruikers en ontwikkelaars, de inbedding van het systeem in een planningsproces en het toegankelijk maken van beslissingsondersteunende modellen. GIS zijn getypeerd als statische systemen met functionaliteit voor het opslaan, bewerken, analyseren en presenteren van geo-informatie. Deze GIS-functies leveren vanuit de bijbehorende ruimtelijke representatie in relatie tot modelfuncties een meerwaarde op. In de twee case studies is deze functionele meerwaarde geïllustreerd.

Op welke wijze kan een objectgeoriënteerde ontwikkeling van GIS-applicaties voor locatieplanning plaatsvinden?

Het antwoord op deze vraag is uiteengezet in hoofdstuk 5. Objectgeoriënteerde principes zijn geïntroduceerd. Vooralnog bestaat geen overeenstemming over concepten, hetgeen tot uiting komt in de uiteenlopende implementaties van objectgeoriënteerde principes in programmeertalen, databases en het bestaan van diverse methodieken. Diverse directe en indirecte voordelen zijn te onderscheiden voor zowel gebruiker(s) en ontwikkelaar(s). Het uniforme gebruik van objectgeoriënteerde principes vereenvoudigt de overgang van analyse naar ontwerp en van ontwerp naar implementatie, hetgeen de communicatie tussen gebruikers en ontwikkelaars vergemakkelijkt. Daarnaast zijn voor de gebruiker(s) indirecte voordelen te verwachten vanwege de betere mogelijkheden voor applicatieontwikkeling ten aanzien van onderhoud, aanpasbaarheid, uitbreidbaarheid en hergebruik. Voor de ontwikkelaar(s) zijn derhalve veel directe voordelen te behalen door het gebruik van concepten als object-identiteit, overerving, boodschappen, inkapseling en veelvormigheid. Inzichtelijkheid, onderhoud en flexibiliteit zijn de centrale termen waarmee uiteindelijk een hogere kwaliteit van het eindproduct bereikt kan worden. De abstractiemechanismen van geografische representatie - classificatie, generalisatie, aggregatie en associatie - zijn nadrukkelijk in objectgeoriënteerde concepten ondergebracht. Het proces van systeemontwikkeling wijkt bij objectoriëntatie wat betreft de grote lijnen niet wezenlijk af van het traditionele proces van systeemontwikkeling. Wat betreft invulling is het gebruik van methoden en technieken en instrumenten voor systeemontwikkeling wel enigszins specifiek te noemen. Diverse objectgeoriënteerde methodieken zijn ontwikkeld en (veelal nog) in ontwikkeling. OMT is de methodiek die in deze studie - in aangepaste vorm - is toegepast. Objectgeoriënteerde applicatie-ontwikkeling sluit daarbij nauw aan bij een aantal principes en uitgangspunten, die een rol spelen bij het ontwikkelen en gebruik van DSS.

Objectgeoriënteerdheid houdt in, dat een systeem is opgebouwd uit kleine, afgebakende programma's of bouwstenen zoals ook vanuit de DSS-benadering wordt gepropageerd in de context van de modellenbank. Ook incrementele en evolutionaire ontwikkeling en aanpakken gebaseerd op prototyping - zoals evident bij DSS - vinden aansluiting bij de OO-benadering.

Voor het objectgeoriënteerd ontwikkelen van GIS-applicaties zijn drie invalshoeken onderscheiden. Naast objectgeoriënteerd modelleren en programmeren zijn ontwikkelingen met objectgeoriënteerde DBMS onderscheiden. Geconcludeerd is dat deze drie aspecten sterk in elkaar verlengde liggen, maar als zodanig wat betreft grootschalige (markt)implementatie vooralnog niet op elkaar zijn afgestemd. Zo bevindt het gebruik van O(OD)BMS zich (nog) in een aanvangsstadium met een gering aantal (geografische) toepassingen; dit geldt eigenlijk ook voor het objectgeoriënteerd modelleren. In generieke GIS zijn inmiddels wel objectgeoriënteerde ontwikkeltools aanwezig, echter is geconstateerd dat deze ontwikkeltools duidelijke beperkingen kennen. In hoofdstuk 5 zijn ook enkele relevante IT-ontwikkelingen - in het bijzonder ontwikkelingen betreffende open standaarden in relatie tot client/server technologie - beschreven, die een belangrijke impact zullen hebben voor de toekomstige ontwikkeling van GIS-applicaties. GIS-applicaties zijn aan het evolueren van monolithische applicaties met een bedrijfseigen karakter naar applicaties in een open omgeving. In deze open omgeving bestaan applicaties uit drie (of meer) lagen, waarin een gegevenslaag, functionaliteitslaag en presentatielaag zijn onderscheiden. De gepresenteerde drielagen-architectuur is terug te vinden in drie systeemcomponenten van een DSS, te weten de gegevensbank, de modellenbank en het dialoogsysteem. Om applicaties in een open omgeving te laten functioneren zijn afspraken nodig over de wijze waarop de communicatie tussen deze lagen plaatsvindt. De internationale ontwikkeling van de Open Geodata Interoperabiliteit Specificatie - een belangrijk standaardisatie-initiatief op het gebied van de geo-informatie - zal daartoe kunnen gaan bijdragen. Deze standaard moet ertoe gaan leiden, dat universele

componenten worden ontwikkeld, die met elkaar kunnen communiceren door gespecialiseerde diensten aan elkaar te verlenen. Daarmee is geconstateerd, dat applicatieontwikkeling in toenemende mate gebaseerd zal zijn op een combinatie van programmeren, genereren, configureren en assembleren. Objectoriëntatie zal aan de basis staan van de generieke applicaties en componenten, waarmee specifieke GIS-applicaties zullen worden gebouwd.

Welke generieke bouwstenen zijn - via objectgeoriënteerde analyse - te onderscheiden voor de ontwikkeling van specifieke GIS-applicaties voor locatieplanning?

Het antwoord op deze vraag is uiteengezet in hoofdstuk 6. Voor locatieplanning zijn diverse bouwstenen onderscheiden, die voor hergebruik in aanmerking komen. Deze bouwstenen krijgen hun fundament vanuit een domeinanalyse in combinatie met functionele decompositie. Bij generieke bouwstenen van GIS-applicaties voor locatieplanning gaat het om diverse aspecten, die zich kenmerken vanwege de mogelijkheid van hergebruik. Bouwstenen voor GIS-applicaties kenmerken zich door hun generieke karakter en mogelijkheden voor hergebruik. De in deze studie onderscheiden bouwstenen voor een GIS-applicatieraamwerk zijn divers: bouwstenen in de vorm van gebruikersfuncties, diverse soorten klassen en hun -structuren, scenario's, operatie-specificaties en subsystemen; De volgende generieke bouwstenen zijn daarbij uitgewerkt:

- diverse use cases en scenario's voor het werken met modellen in GIS-applicaties zijn generiek toepasbaar en maken het integreren van modellen in GIS-applicaties inzichtelijk;
- een objectmodel voor representatie van ruimtelijke objecten en dynamisch model voor representatie van GIS-bewerkingen in GIS-applicaties, zoals kaartpresentatie en -interactie en netwerkanalyse;
- een generiek objectmodel voor de representatie van modellen van locatieplanning en een dynamisch model voor het uitvoeren van modelberekeningen.

Deze bouwstenen zijn visueel uitgedrukt in de vorm van objectgeoriënteerde specificaties (object, dynamische en functionele modellen uit de OMT-methodiek). De belangrijkste bevindingen ten aanzien van het vinden en maken van deze bouwstenen zijn als volgt samen te vatten:

- Het specificeren van gebruikersfuncties bij de ontwikkeling van GIS-applicaties is gewenst voor een gebruikersgecentreerde aanpak. De set gebruikersfuncties en de daaruit voortvloeiende scenario's voor het werken met modellen in GIS-applicaties is generiek toepasbaar en maakt het integreren van modellen in GIS-applicaties inzichtelijk;
- Domeinanalyse staat aan de basis van een robuuste ruimtelijke klassenstructuur. Domeinanalyse zal niet alleen het geografisch probleemgebied omvatten, maar zal zich in eerste instantie richten op de kennisdomeinen, die concepten aandragen voor de ruimtelijke representatie. De voordelen van domeinanalyse zullen zich bij hergebruik en systeemonderhoud manifesteren;
- Naast domeinanalyse wordt de ruimtelijke klassenstructuur (in mindere mate) mede bepaald door de gebruiker(s) gevraagde functionaliteit. Dit betekent, dat naast domeinanalyse functionele decompositie via gebruikersfuncties ook een belangrijke rol vervult bij het creëren van een herbruikbare ruimtelijke klassenstructuur;
- De hechte koppeling van GIS-functies met modellen van locatieplanning via objecten is een geschikte manier om interactieve dynamische integratie tot stand te brengen;
- GIS-applicaties zijn interactieve systemen; dynamische modellering in de analysefase van het ontwikkelproces speelt derhalve een belangrijke rol in het gehele ontwikkelproces;
- Objectgeoriënteerde GIS-applicaties bestaan uit een grote hoeveelheid verschillende specificaties. Om overzicht te kunnen behouden, hergebruik te bevorderen en systeemonderhoud goed te kunnen uitvoeren, is een visuele taal zoals OMT goed te hanteren om modelspecificaties vast te leggen (bij voorkeur op geautomatiseerde wijze);
- Voor de ontwikkelaar van GIS-applicaties levert de objectgeoriënteerde benadering belangrijke voordelen op. In het verlengde daarvan liggen de indirecte voordelen voor de gebruiker. Directe voordelen voor gebruiker worden vooral verkregen door de 'naadloze' ontwikkeling; vanwege de semantische overeenkomsten tussen het probleemgebied en de wijze waarop de objecten uit het probleemgebied met behulp van abstractiemechanismen en overeenkomstige concepten van object-oriëntatie worden geïmplementeerd. Objecten vormen namelijk de organiserende principes bij kennisrepresentatie en zijn de bouwstenen van objectgeoriënteerde applicaties. Objectoriëntatie biedt daarmee de mogelijkheden voor een gebruikersgecentreerde aanpak.

Een objectgeoriënteerde aanpak laat zien, dat via mogelijkheden voor uitbreiding, aanpassing en hergebruik van de bouwstenen, flexibiliteit voor de ontwikkeling van modelgebaseerde GIS-applicaties voor locatieplanning kan worden bewerkstelligd.

Hoe verhoudt een objectgeoriënteerde systeemontwikkeling zich tot het gebruik van GIS-applicaties in locatieplanning?

In hoofdstuk 7 en 8 is het antwoord op deze vraag gegeven. Uit de probleembeschrijving en de toepassing blijkt het multi-

dimensionele, integrale, dynamische en interactieve karakter van ruimtelijke planningsproblemen. Dit komt tot uitdrukking in de hoeveelheid, diversiteit en complexiteit van gegevens en modellen en in de verschillende betrokkenen bij het ontwikkelen en gebruik van informatiesystemen voor locatieplanning. Een complete en heldere probleembeschrijving en domeinanalyse is de basis om te kunnen werken aan een duurzame oplossing, waarin theorie, concepten, gegevens, modellen en applicatie via een probleemgerichte aanpak invulling krijgen.

De toepassing van objectoriëntatie voor GIS-applicaties begint met het (her)gebruik van verschillende typen ruimtelijke objecten voor uiteenlopende applicaties. Een belangrijk deel van de meerwaarde van objectgeoriënteerde applicatieontwikkeling is dan ook gelegen in de totstandkoming van een herbruikbare klassenstructuur. Temeer vanwege het feit, dat een klassen- en object-structuur in geografische probleemdomen van locatieplanning doorgaans relatief weinig aan verandering onderhevig is, waardoor veranderingen vooral optreden in de functionaliteit van objecten ofwel hun gedrag. Deze constatering kan worden gestaafd door erop te wijzen, dat de case studies in onderhavig studie - en in ruimtelijk onderzoek in het algemeen - gebaseerd zijn op het vinden van de effecten van gedrag van objecten en minder op het ontstaan en verdwijnen van respectievelijk bestaande en nieuwe typen objecten. Daarbij komt dat een iteratieve en op objecten gebaseerde ontwikkeling van applicaties aansluiting vindt bij het stapsgewijze proces van modelontwikkeling. Bij het op evolutionaire wijze ontwikkelen van applicaties wordt telkens een deel van het systeem ontwikkeld en getest. Modelontwikkeling en -gebruik is eveneens een iteratief proces bestaande uit diverse (deel)stappen, die iteratief worden doorlopen tot dat een getoetst en valide model is ontstaan. Vanwege de grote mate van onafhankelijkheid van de objecten is het eenvoudig mogelijk het proces van modelontwikkeling te ondersteunen; de probeemdomeinspecifieke modellen kunnen worden gewijzigd door modelcomponenten toe te voegen, te verwijderen of te veranderen. Ook modelintegratie, het aan elkaar koppelen van complementaire en in elkaars verlengde liggende modellen, wordt hierdoor eenvoudig mogelijk. Dit is in de twee case studies gedemonstreerd. Door 'klein' te beginnen is het mogelijk iteratief en stapsgewijs modellen te ontwikkelen - inclusief hun implementatie in een computergestuurd systeem - en het systeem kan doorgroeien naar een systeem voor het oplossen van integrale ruimtelijke probleemsituaties (zie verder paragraaf 9.3.3).

De toepassingen in de case studies laten zien, dat hechte gegevens- en modelintegratie noodzakelijk is om een efficiënte probleemgerichte ondersteuning te kunnen bieden bij locatieplanning. Door de case studies af te sluiten met een introductie van mogelijke (model)uitbreidingen voor de GIS-applicaties is een voorschot genomen op verder onderzoek en toepassing, die onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn wanneer het gaat om specifieke GIS-applicaties. De geschetste specifieke GIS-applicaties zijn nooit af. Probleemgerichtheid en gebruikersparticipatie staan daarbij voorop.

9.3 Prospectieve evaluatie

9.3.1 Verdere integratie van 'nieuwe' gegevensdimensies in GIS

Naast de meer gangbare thematische en ruimtelijke attribuutdimensie zullen in toenemende mate de temporele, grafische, meta- en fonetische dimensies invulling krijgen in specifieke geografische multimedia-applicaties. Deze attribuutdimensies zullen de communicatie bij ruimtelijke locatievraagstukken kunnen verbeteren en de informatieoverdracht kunnen versnellen.

De technologie voor de inwinning en bewerken van de ruimtelijke component van gegevens wordt steeds geavanceerder en komt breder beschikbaar. De monitoring van het aardoppervlak met behulp van vliegtuiglaserscanning en remote sensing (hoge resolutie) satellietbeelden is een toenemende bron van geo-informatie voor GIS. De invoering van global positioningsystemen is eveneens een versnelde groei aan het doormaken en biedt als gegevensinwinningsmethode duidelijke mogelijkheden in locatie-planning (zie Timmermans 1998). Bij het werken met GIS-applicaties in locatieplanning speelt niet alleen het heden maar ook het verleden een belangrijke rol. Het opslaan van de temporele component maakt, dat situaties uit het verleden worden opge-slagen en opvraagbaar blijven. Hier wordt gesproken van 'digitale duurzaamheid'. Het belang van digitale duurzaamheid is van velerlei aard; vanuit de (trend)analyse van patronen in ruimte en tijd worden zowel ruimtelijke monitoring als ruimtelijke toekomstverkenningen en scenariostudies mogelijk gemaakt. Metagegevens of 'gegevens over de gegevens' worden eveneens beschouwd als elementaire aspecten van GIS-applicaties. De ontwikkeling van omvattende meta-informatiesystemen, metadata-bases en clearinghouses voor geo-informatie en geodatasets zijn in volle gang (Grothe 1996; 1997). Multidimensionele visualisatie van gegevens in bewegend beeld en geluid in multimediasystemen vinden ook langzamerhand hun toepassing in relatie tot GIS (Kraak 1998). Het geïntegreerd ter beschikking stellen van tekst, schema's, tekeningen, plattegronden, foto, film en geluid via multimedia GIS-applicaties zal een nieuwe dimensie geven aan het gebruik van GIS-applicaties voor locatieplanning. Naast foto's, film en geluid is vanuit de CAD-

wereld de ontwikkeling van 3D GIS op gang gekomen. De derde dimensie van gegevens beperkt zich niet alleen tot 3D-objecten, ook tot 3D-operaties met in het verlengde applicaties van virtual reality. De eerste voorbeelden van succesvol maatschappelijk gebruik van deze aanverwante toepassingsgebieden zijn reeds zichtbaar (Didde 1997). De beschikbaarheid van grote hoeveelheden complexe gegevens vraagt om onderzoek naar de integratie van GIS en deze 3D-technieken, die filtering, patroonherkenning, dynamische visualisatie, et cetera mogelijk maken. Ook de beleids- en beslissingsondersteunende rol van deze nieuwe gegevensdimensies zal onderzocht moeten worden in het bijzonder in relatie tot het gebruik van specifieke GIS-applicaties. De beschikbaarheid van deze multidimensionele geo-informatie vraagt eveneens om ontwikkeling en toepassing van instrumenten voor de opslag van deze complexe objecten, zoals objectrelationele en object-georiënteerde DBMS. De objectgeoriënteerde methode biedt de mogelijkheid om de integratie van diverse gegevenstypen op inzichtelijke wijze in een uniform gegevensmodel tot stand te brengen.

9.3.2 Generieke geo-objecten voor integrale locatieplanning

Het oplossen van de steeds complexere locatieproblematiek vraagt in toenemende mate om een integrale aanpak; vanuit de diverse invalshoeken, disciplines en benaderingen wordt de problematiek van locatieplanning geïdentificeerd, beschreven en begrepen. Ervaring met dergelijke integrale benaderingen is - in het bijzonder vanuit het perspectief van geïntegreerde informa-tiesystemen - vooralsnog beperkt (Jackson 1994). Dat wil zeggen ruimtelijke subdomeinen als wonen, werken, mobiliteit, land-bouw, recreatie en toerisme, verkeer, transport, water, milieu, cultuur-historie, et cetera worden veelal afzonderlijk bestudeerd op hun macro- en microstructuur en gedrag. De ontwikkeling van integrale of cumulatieve toepassingen zijn vooralsnog beperkt vanwege het ontbreken van een effectief koppelingsmechanisme. Daarnaast vereist een integrale benadering van de ruimtelijke problematiek een uniforme aanpak: vanwege de diversiteit aan disciplines met ieder een eigen taal is het spreken van dezelfde (modellerings)taal een vereiste. In het ontbreken van een effectief koppelingsmechanisme en gebruik van een uniforme model-leringstaal zit een belangrijk deel van de bovengenoemde discrepantie van de integrale benadering. Om de modellen van diverse disciplines te kunnen koppelen en de modelbouwers en -gebruikers dezelfde taal te laten spreken, biedt objectoriëntatie een mogelijke benadering; "The OOM and simulation approach can be tested within any of the Regional Science subdomains, and could well be used to improve our understanding of the underlying processes where the interactions have become too complex to describe analytically. If successful at the subdomain level, these models can become modules in more comprehensive and more strongly integrated models, thereby promoting cumulative science." (Jackson 1994, pp. 365). Bij het werken met GIS-applicaties staat de representatie van de geografische werkelijkheid in (geo-)objecten centraal. Via de unieke identiteit is het mogelijk de levensloop van geo-objecten vast te leggen. Dit betekent dat geo-objecten, die een multidimensionele rol spelen in uiteenlopende ruimtelijke processen, via de unieke identiteit geïntegreerd kunnen worden in uiteenlopende toepassingen. Indien daarbij afspraken worden gemaakt voor een 'intersectorale' uitwisseling, is het mogelijke complexe(re) systemen te representeren.

Het koppelen van dergelijke subdomeinmodellen vereist een koppelingsmechanisme, hetgeen kan worden gevonden in object-identiteit. Dezelfde unieke geo-objecten spelen namelijk een rol in uiteenlopende ruimtelijke subdomeinen; een persoon of huishouden woont, werkt, recreëert, migreert, vervuult, et cetera. Door de unieke identiteit van geo-objecten is het mogelijk modellen waarin deze objecten een rol spelen te koppelen. Door een uniforme modelleringstaal te hanteren is het relatief eenvoudig de overeenkomsten tussen uiteenlopende subdomeinmodellen te ontdekken. Eenzelfde tendens is aan te treffen onder de noemer 'business modelling'; het onderscheiden van bedrijfsobjecten als generieke bouwstenen voor applicatieontwikkeling, zijnde de representaties van bedrijfsdomeinzaken als bijvoorbeeld product, klant en voorraad. Voor geografische probleem-domeinen zijn eveneens 'bedrijfsobjecten' te onderkennen, zoals huishoudens, migratiestromen, productieregio's, verzorgings-gebied, woon-werkverkeer, koopstromen, et cetera. Door het (verder) ontwikkelen en implementeren van klassenraamwerken voor geografische bedrijfsobjecten wordt het mogelijk geografische subdomeinen te integreren, zodat nieuwe inzichten kunnen ontstaan in het integrale functioneren van de geografische werkelijkheid.

9.3.3 Integratie GIS met 'beproefde' en 'nieuwe' modellen

Idealiter zijn GIS-applicaties op de wensen van de (eind)gebruiker(s) toegesneden. "Customisation is based on the direct involvement of the end user in systems design and development. It is his view of the problem and his experience in many aspects of the management and decision making process that the system is designed to support. Then this must be central to a system's implementation to provide the basis for user acceptance". (Fedra 1994, pp. 46). Via de integratie van voor de probleemsituatie

specifieke beslissingsondersteunende technieken en GIS wordt een meerwaarde voor planning en besluitvorming verkregen. Via objectgeoriënteerde principes is de inbedding van enkele beproefde en toegepaste modelmatige benaderingen in GIS-applicaties voor locatieplanning geïllustreerd. Het verder uitbouwen (aanpassen en uitbreiden) van deze bouwstenen en inpassing in nieuwe applicaties (via hergebruik) ligt voor de hand. Hiertoe is in de case studies een aanzet gedaan. Tevens is aangegeven, dat onderzoek naar meerwaarde van integratie met andere beproefde en nieuwe modelmatige benaderingen gewenst is. Object-technologie en objectgeoriënteerde GIS bieden mogelijkheden voor de inbedding van 'beproefde' en 'nieuwe' technieken, die in toenemende mate hun inbedding zullen vinden in specifieke GIS-applicaties. Naast de inbedding van de in deze studie kort besproken typen keuzemodellen van locatieplanning, zijn ook 'intelligente' benaderingen genoemd (zie paragraaf 2.2.2).

Vooraf ook vanwege de toenemende reken- en visualisatiecapaciteiten van computers ontstaan mogelijkheden voor het toetsen en gebruik van 'nieuwe' technieken voor interactieve dynamische simulatie en optimalisatie. In deze studie zijn enkele statische modellen geïntegreerd opgenomen in een specifieke GIS-applicatie. Gezien het dynamische karakter van het vestigings- en verplaatsingsgedrag in de geografische werkelijkheid, is het verdisconteren van dynamische aspecten in GIS-applicaties een logische volgende stap. Het opnemen van dynamische modellen in GIS-applicaties maakt interactieve simulatie en optimalisatie mogelijk. Bij dynamische modellen wordt de dynamiek van het ruimtelijk systeem in de tijd gesimuleerd. Nader onderzoek naar de toepasbaarheid van deze technieken in locatieplanning is wenselijk; de aandacht dient daarbij onder andere ook uit te gaan naar de waarde van de technieken in empirische ruimtelijke probleemsituaties. Door daarvoor specifieke GIS-applicaties te ontwikkelen, wordt interactieve simulatie en optimalisatie mogelijk met meerwaarde in de vorm van het structureren en leren over het ontstaan en verdwijnen van ruimtelijke structuren en processen.

9.3.4 Participatieve beleidsontwikkeling en besluitvorming

In hoofdstuk 2 is aangegeven, dat locatievraagstukken zich kenmerken door een multidisciplinaire karakter, de complexiteit en dynamiek en een veelal onzekere omgeving. Bij het oplossen van een locatievraagstuk speelt een groot aantal interdependente factoren een rol en zijn vaak diverse actoren betrokken. Dit heeft gevolg voor de wijze waarop oplossingen voor locatievraagstukken gevonden kunnen worden en naar draagvlak gezocht wordt bij de verschillende betrokkenen. Deze maatschappelijk-politieke context leidt daarbij tot vormen van participatieve en communicatieve vormen van ruimtelijke planning, inhoudelijk en procesmatig. In deze besluitvormingstrajecten participeren doorgaans veel actoren in een min of meer geregisseerd debat (Geurts en Pranger 1997). De context van complexe problemen, diverse actoren en snelle(re) besluitvormingstrajecten maken het voor de actoren een moeilijke opgave. Daarbij komt dat de perceptie van het probleem(domein) en de informatieniveau varieert, hetgeen leidt tot communicatieproblemen. Geurts en Pranger (1997) spreken daarbij zelfs van communicatiekloven, die vaak aanwezig zijn tussen de diverse betrokkenen. Essentieel voor het vinden van oplossingen is het dichten of op zijn minst verkleinen van de communicatiekloof. Instrumenten van 'participatieve beleidsanalyse' worden voorgesteld om interactieve besluitvormings-trajecten te ondersteunen, zoals spelsimulatie, systeemdynamica, multicriteria-analyse en scenario-ontwikkeling. Instrumenten voor groepsbesluitvorming, zoals Group DSS (zie paragraaf 4.4.1), decision rooms en beleidslaboratoria, kunnen worden daarbij ingezet. In onderhavige studie is de GIS-applicatie *RELEVANT* ingezet in een participatief beleidsproces. *RELEVANT* krijgt interactief input van de beleidsactoren en geeft output aan de beleidsactoren, waaronder ouderen, beleidsmakers, sleutelfiguren en bestuurders. De verdere adoptie van GIS zit voor een deel in de wijze waarop technieken en instrumenten van participatieve beleidsanalyse kunnen worden ingebed om communicatie-intensieve beleids- en besluitvormingsprocessen te ondersteunen. Integratie van technieken van participatieve beleidsanalyse in specifieke GIS-applicaties kunnen daarbij een belangrijke rol spelen.

9.3.5 Trends vanuit de informatietechnologie

Ontwikkelingen uit het recente GIS-verleden tonen aan, dat de ontwikkeling en het gebruik van GIS niet los kan worden gezien van de ontwikkelingen in de informatietechnologie. De ontwikkeling en het gebruik van generieke en specifieke GIS-applicaties staan in belangrijke mate onder invloed van ontwikkelingen in de informatietechnologie. Enkele trends en hun invloed op de ontwikkeling en het gebruik van generieke en specifieke GIS-applicaties zullen hier - voor zover nog niet beschouwd - kort aan een prospectieve evaluatie worden onderworpen.

Van bedrijfseigen naar open GIS

Zoals in hoofdstuk 5 is aangegeven, staan de ontwikkelingen in de geo-IT sterk in het teken van open systemen en open GIS.

Daarmee treedt de komende jaren een verschuiving op van generieke en specifieke GIS-applicaties met een gesloten, bedrijfs-eigen karakter naar applicaties met een open structuur via een universele toegang. De eerste voortekenen van de evolutie naar open GIS-applicaties zijn reeds zichtbaar. Op de GIS-markt zijn inmiddels producten verkrijgbaar, die gebaseerd zijn op de drielagen-architectuur. Zo zijn meer recentelijk de enkele gangbare relationele DBMS uitgebreid en geschikt gemaakt voor de opslag, het onderhoud en beheer van geo-objecten. Deze kunnen via een onafhankelijke presentatielaag worden aangeropen. Voor het vormgeven van de presentatielaag zijn sinds kort GIS-ontwikkelkits met presentatiecomponenten te verkrijgen.

Deze GIS-ontwikkelomgevingen zijn een eerste aanzet voor het ontwikkelen van GIS-applicaties op basis van de methode van assembleren met componenten. Applicatieontwikkeling zal daardoor evolueren van programmeren, genereren en configureren naar het assembleren van componenten. Gezien echter het specifieke karakter van modelgebaseerde GIS-applicaties zullen deze applicaties slechts voor een deel uit te assembleren componenten (kunnen) bestaan. Objectgeoriënteerde ontwikkeling blijft nodig om componenten die niet op de markt verkrijgbaar zijn te kunnen assembleren. Objectgeoriënteerde ontwikkeling is namelijk een essentiële voorwaarde om tot componenten (software) te komen (Vandenbulcke 1998).

Deze tendens naar het gebruik van objectrelationele DBMS en (presentatie)componententechnologie zal versneld worden doorgevoerd, wanneer de Open GIS Interoperabiliteit Specificatie op grote(re) schaal zal worden ingevoerd en toegepast. Dit zal implicaties hebben voor het proces van applicatieontwikkeling en de inrichting van de geo-informatievoorziening in veel organisaties en bedrijven. Onderzoek naar de effecten van de verschuiving van programmeren naar assembleren en het gebruik van bedrijfseigen naar open applicaties is zeer gewenst. De verdere vervolmaking van de open systeembenadering en bijbehorende lagenarchitectuur vereist verdere specialisatie van ontwikkelaars (meer lagen betekent meer ontwikkelomgevingen) en zal ongetwijfeld een grotere vraag naar en druk op applicatieontwikkeling genereren. Voor de gebruikers betekent deze ontwikkeling, dat de problemen van applicatie-integratie en interorganisatorische gegevensuitwisseling tot het verleden gaan behoren. Het staat vast dat open GIS leidt tot grotere concurrentie tussen leveranciers van generieke GIS-applicaties. Onderzoek naar de organisatorische effecten van de introductie van open GIS zal inzicht moeten verschaffen naar de effectiviteit en efficiëntie van deze ingrijpende, maar zeer noodzakelijke ontwikkeling.

Geodatawarehousing

Een IT-ontwikkeling die mede zal bijdragen tot betere gegevensontsluiting en toenemend gegevensgebruik bij beslissers is datawarehousing. Een datawarehouse is een "geïntegreerde, subjectgeoriënteerde en tijdsafhankelijke gegevensverzameling, die niet of nauwelijks aan verandering onderhevig is en die het beslisproces van managers kan ondersteunen." (Den Daas 1996, pp. 3). Een datawarehouse is gericht op een bepaald aandachtsgebied waarover beslissingen genomen worden. Daarvoor vindt integratie plaats van diverse (eiland)gegevensverzamelingen, naamconventies, gegevensdefinities, gegevensdomeinen, et cetera. Doordat voor alle gegevens ook de temporele dimensie wordt vastgelegd, wordt ook de historie opgeslagen en bewaard. Het datawarehouse bevat 'informatieele' gegevens en de beslissers maakt gebruik van het datawarehouse door gerichte vragen te stellen.

Om gerichte vragen te kunnen stellen (en beantwoorden) worden termen als EIS (zie paragraaf 4.4.1), OLAP ('OnLine Analytical Processing' ofwel het interactief bevragen met behulp van onder andere statistische en presentatietechnieken) en 'data mining' (gebruik van multivariate statistische technieken, optimalisatiemodellen en 'intelligente' technieken, zoals genetische algoritmen en neurale netwerken) gehanteerd. Voor het ontwikkelen van een datawarehouse zijn diverse activiteiten en bijbehorende instrumenten nodig, die een proces van dataselectie, -opschoning, -verrijking, codering, analyse en rapportage ondersteunen. Specifieke technologische (ontwikkel)instrumenten zorgen ervoor, dat datawarehouses in een organisatie geïmplementeerd kunnen worden. De integratie van ruimtelijke component van gegevens is daarbij reeds in gang gezet (zie Scheer 1997) en speciale GIS-ontwikkelinstrumenten voor het inbedden van de ruimtelijke component in datawarehouses zijn op de markt verkrijgbaar. De afstemming met en inbedding van GIS-technieken in datawarehouse-omgevingen en de koppeling met specifieke GIS-applicaties zal zeker verder (moeten) plaatsvinden om beslissers toegang te geven tot informatiele geodata (zie Misseyer te verschijnen).

Internet en clearinghouses

Het wereldwijde computernetwerk Internet zal als katalysator sterk bijdragen tot het gemeenschappelijk gebruik van geo-informatie en de verdere ontwikkeling van GIS-applicaties. Gezien de omvang en potentie van Internet wat betreft knooppunten, gebruikers en inhoud vervullen browsers, filters, search engines, applets, agents en clearinghouses een belangrijke rol bij het communiceren met en via Internet. Internet zal in de toekomst, zo is de verwachting, tevens het medium zijn waarlangs de (functionele) bouwstenen van 'open' GIS-applicaties met elkaar kunnen gaan communiceren. GIS-functionaliteit zal in de toekomst niet meer lokaal bij de eindgebruiker, maar decentraal bij de leverancier worden aangeropen. Na afloop van gebruik van een GIS-component kan de

eindgebruiker 'afrekenen' met de leverancier.

Internet is/wordt tevens het medium voor interorganisatorische gegevensuitwisseling en communicatie ten behoeve van het gemeenschappelijk gebruik van geo-informatie en GIS-applicaties. Specifieke GIS-applicaties worden in toenemende mate toegankelijk gemaakt via Internet. Daarbij maakt de gebruiker(s) vooral decentraal gebruik van geo-informatie, waarbij gegevensuitwisseling, gezamenlijk interactief gegevensgebruik en communicatie worden vereenvoudigd en versneld. Een belangrijke ontwikkeling is het clearinghouse voor geo-informatie. Via clearinghouses op Internet krijgt de zeer grote groep gebruiker(s) wereldwijd toegang tot de beschikbare meta-informatie over geo-informatie bij uiteenlopende organisaties, instellingen en bedrijven (zie Grothe 1996). In navolging van het National Spatial Data Infrastructure of NSDI in de Verenigde Staten (Tosta 1995) wordt in Nederland en Europa gewerkt aan de ontwikkeling van respectievelijk een 'Nationaal Clearinghouse Geo-Informatie' (Ravi 1996) en de 'European Spatial Metadata Infrastructure' (Abreu *et al.* 1998). Naast clearinghouses voor geo-informatie, wordt ook gewerkt aan de totstandkoming van een clearinghouse voor de uitwisseling en vergelijking van inter-nationale onderzoeksresultaten op het terrein van ruimtelijk-, vervoers- en milieu-economische vragen en oplossingsrichtingen (Nijkamp 1996). Via meta-analyse en het ontwikkelen van een meta-kader voor internationaal vergelijkend onderzoek is het mogelijk de overdraagbaarheid van onderzoeksresultaten naar verwante en grotendeels gelijke verschijnselen te stimuleren. Ontsluiting via Internet van een dergelijk clearinghouse versnelt en verbetert niet alleen vergelijkend wetenschappelijk onderzoek, maar overbrugt daarmee ook een deel van de (informatie)kloof tussen wetenschappelijk onderzoek en de praktijkgerichte toepassing. Het gebruik van Internet zal gaan bijdragen aan de 'awareness' door de relatief eenvoudige toegang tot alle relevante informatie over geodatasets, de bouwstenen voor het ontwikkelen van GIS-applicaties en wetenschappelijke onderzoeksresultaten voor het uitvoeren van GIS-projecten.

9.3.6 Afsluiting

Het gebruik van de GIS-applicaties is geen strikte voorwaarde voor het oplossen van complexe vraagstukken in locatieplanning; "Although we can create simple models of how decisions ought to be made in an ideal world, in practice decision-making is a long and complex process in which it is virtually impossible to know in advance everything that will ultimately be important - most problems are ill-structured." (Goodchild 1997, pp. 3). De computer is slechts een hulpmiddel voor mensen en organisaties om een snelle verwerking van gegevens mogelijk te maken, hetgeen ingegeven wordt door de beperkte reken- en opslagcapaciteiten van de mens. In hoeverre de gegenereerde gegevens daadwerkelijk worden aangewend voor een effectieve ondersteuning van het besluitvormingsproces is een vraag die in deze studie onbeantwoord is gebleven. Er is impliciet verondersteld, dat toegang tot gegevens door het hanteren van verschillende typen gegevens en modellen in relatie tot kennis, expertise en intuïtie leidt tot betere en effectievere besluitvorming. Gelijkertijd geniet deze veronderstelling een brede maatschappelijke ondersteuning.

In eerdere studies is geconstateerd, dat GIS als ondersteunend instrument voor productie, planning en besluitvorming in het gebruikerstijdperk is aanbeland. Dit tijdperk kenmerkt zich onder meer door de nadrukkelijke vraag naar beslissingsondersteunende functionaliteit in zowel de publieke en private sector (zie Grothe *et al.* 1994; Grothe en Scholten 1996). Deze vraag vloeit voor een belangrijk deel voort uit de behoefte om steeds complexere ruimtelijke vraagstukken, die worden gekenmerkt door hun dynamiek in ruimte en tijd, op te kunnen lossen. Gezien ontwikkelingen in zowel de publieke sector (bijvoorbeeld integraal (leef)omgevingsbeleid) als de private sector (toenemende concurrentie en schaalvergroting) lijkt het integrale gebruik van modellen in beslissingsondersteunende systemen zeer gewenst. Voorwaarde voor een verdere adoptie is de ontwikkeling van specifieke applicaties en aandacht voor integratie van beslissingsondersteunende technieken.

De functionaliteit van de generieke GIS-applicaties neemt de laatste jaren echter nauwelijks toe. De ontwikkeling van generieke GIS-applicaties zit vooral op het raakvlak met de informatietechnologie en gegevensuitwisseling. Het betreft vooral de toegankelijkheid (GUI en WUI), de gegevensopslag (object relationele databases), (inter)nationale communicatie (Intra-, Extra- en Internet) en de gegevensuitwisseling en interoperabiliteit (open gegevensformaten) van generieke GIS-applicaties. Uit al deze ontwikkelingen kan geconstateerd worden, dat de technologie in steeds mindere mate een probleem vormt voor het gebruik en adoptie van GIS; "For further development, technology will not be an limiting factor. Geographical information systems will be open en will continue te evolve harmonise with our ever changing needs. All depends on our ability to understand spatial processes, and to translate them into computer algorithms and computer environments for use by different kind of people, including decision makers!" (Scholten en LoCashio 1997, pp. 12). Dit betekent, dat een verschuiving van de aandacht plaats zal (moeten) vinden van de (informatie)technologie naar de gebruik(er)somgeving. Dit is overeenkomstig de hierboven geschetste vraag vanuit de markt naar meer beslissingsondersteunende functionaliteiten van GIS. Een objectgeoriënteerde aanpak zoals is geïllustreerd in deze studie kan en zal een belangrijke bijdrage gaan leveren aan deze ontwikkeling.

SUMMARY

CHOICE FOR SPACE, SPACE FOR CHOICE

The development of GIS-applications for locational planning; an object-oriented analysis

At an increasing rate, Geographic Information Systems (GIS) play an important role in locational planning in the context of various private and public application fields. A specific GIS-application for locational planning, otherwise known as a 'spatial decision support system', is a tool that integrates multidimensional data types with decision support models in a user-defined environment. The development of these spatial decision support systems is an iterative process, in which the dynamics of the spatial problem domain are translated into representational form in a computer system. Thus the starting point for the development of a GIS-application is the experienced problem in the real world and the user's model of that problem domain.

The user's model represents the dynamics of the features and processes in the locational system.

Diverse model-based approaches from several spatial disciplines are available to tackle the dynamics in locational planning. These approaches are elaborated upon in this study in chapter 2 and referred to as spatial interaction and spatial choice models for locational planning. Locational planning and decision making greatly benefit from integrating these models with the functionalities available in GIS. This is achieved on account of the complementary relation between models of location and relocation and GIS. Nonetheless, the question presently subject to discussion is how to integrate the model-based approach with the GIS-based approach. This question is also referred to as the 'missing link hypothesis'. One of the reasons the question of the missing link exists is the lack of a conceptual framework for the coupling of models and GIS. All this is elaborated upon in chapter 3. In this study, two approaches have been used to propose the necessary framework: the theories of Decision Support Systems and the theories of object-oriented modeling. First, in chapter 4 the theory of Decision Support Systems (DSS) is adopted as an approach to frame and establish the development and the use of specific model-based GIS-applications for locational planning. A primary starting point in DSS theory is the integration of diverse types of decision-support techniques with modeling approaches, in all phases of the decision-making process. Two more characteristics of DSS are that 1) they are used for solving ill-structured problems; and 2) the human factor is an important issue in the development and use of DSS.

With regard to the human factor, several types of users and developers are incorporated in this study, each with specific roles. The concept of 'flexibility' is the basis for development and use of DSS. DSS are subject to change due to four influences: the dynamics in the geographical real world; subjective perception of the problem domain; the decision support environment and lastly, information technology. In order to cope with these changes, flexibility in application development is required. Flexibility means that applications are adaptable and extendable without large investments.

The second approach in this study to provide a framework relating locational planning models to GIS, next to the DSS approach, is the concept of object orientation (chapter 5). The use of object-oriented concepts in application development offers several potential advantages. The first advantage to mention is that object orientation can provide the flexibility required in (DSS) application development and use. Objects are the organizing principles of user-knowledge and, at the same time, objects are the building blocks for developers. Object orientation offers the same abstraction mechanisms used to represent knowledge about problem domains and to make GIS-applications. With object orientation, a user-oriented approach is at hand. This is the second advantage to highlight. Application development involving the end-users can be achieved in an iterative and incremental manner. For the developer, several extra advantages of object-oriented application development appear: reusability, inheritance, encapsulation and object independence. In this study, the potential benefits are discussed for the user and for the developer from applying object-oriented concepts to GIS-applications.

Beyond these advantages, three other aspects of object orientation are discussed in the context of GIS; object-oriented modeling, object-oriented database management systems and object-oriented programming. Finally, the object-oriented GIS-approach is also discussed in the broader context of object technology, the Open GIS Consortium and Open GIS. For these reasons, concepts of object orientation are applied to develop a framework for building GIS-applications for locational planning through the integration of spatial data, GIS-functionality and spatial interaction and choice models.

In chapter 6, the application development process is illustrated with a strong emphasis on the analysis phase of object-oriented modeling cycles. The Object Modeling Technique (OMT) is used in this study to support the process of object-oriented GIS-application development. OMT is an object-oriented methodology that guides the process of translation from domain analysis and functional decomposition to object models and dynamic models. In other words, the use of OMT makes it possible to express the phases of analysis, design and execution in simple and uniform representations. To recapitulate, the framework in this study therefore consists of representations of reusable, adaptable and extendible building blocks, object models and dynamic models. The framework is based on the domain knowledge of locational planning, DSS and GIS. This framework is used to structure

object-oriented development of GIS-applications for locational planning. The framework has its challenges. Flexibility implies development based on building blocks and step-by-step development. The need for maintenance and management is included. Flexibility means that changes to the system must be relatively simple to achieve, changes such as adapting, removing and adding building blocks when the need arises. Such flexibility is necessary in order to represent the problem domain effectively, incorporating both the directed environment as well as the decision-making environment. This framework is applied to in two case studies of locational planning. Object-oriented analysis is illustrated for the development of model-based GIS-application. The studies are presented to illustrate the possibilities offered by an object-oriented approach in expanding and adapting the building blocks in the framework. The embedding of problem-specific data and models are explicitly described. In addition, the particular advantages of GIS-applications in solving specific planning problems are also presented. One case study takes place in locational planning in the private sector: solving supermarket location planning problems (chapter 7). The second case study is applied to the public sector: local policies and planning for housing the elderly (chapter 8). Finally, evaluation of the experimental results are reviewed in relation to the principal research questions in chapter 9. On the basis of this retrospective review, a series of research question remain untouched. Some of these latter questions are examined in the light of prospective evaluation. In this manner, future developments, chances and threats, are speculated upon in relation to object-oriented GIS-application development.

A contribution to regional science and to society is offered in this illustration of how to use object-oriented concepts in developing (and using) GIS-applications for locational planning. In the first place, the (still) limited integration and tight coupling between locational planning models and GIS is the central issue: history, possibilities and applications are described. In the second place, this integration is illustrated with the assistance of an object-oriented method, which allows for a tight and yet simultaneously flexible coupling between GIS and the models. In addition, the benefits of GIS-applications for locational planning are evident in the integration and coupling of models and GIS. Complex locational issues are resolved with the use of relevant and applicable data. This leads to the making of more structured and balanced decisions and policies. The societal value is thus an extension of the scientific contribution.

The central issue in this study is: *in what way can object-oriented concepts be applied to develop and use GIS-applications to support locational planning?* This research question is dealt with in a descriptive manner. The following aspects are reviewed: backgrounds, concepts, developments and applications of the multidisciplinary fields of locational planning, GIS, DSS and object orientation. Specifically described is how object-oriented concepts can be applied to the development of GIS-applications for locational planning. In addition to showing the complementary relation between these fields, several critical aspects have been remarked upon. Solutions are proposed with regard to some of these critical remarks. The results gained in this study are reflected upon in answer to the four central research questions. These questions are discussed in order to answer the main issue of this study.

Which elements can be considered in an integral instrumental framework of information systems for locational planning?

The answer to this question is elaborated upon in chapter 2. The main components of information systems for locational planning are spatial data and (spatial) functions, which, when related to each other, provide added value for solving locational problems. Several attribute dimensions of objects for locational planning are important. These geo-objects and their attribute data are building blocks for the development of planning indicators. Functions are necessary for transforming attribute data of geo-objects to relevant information for planning and decision making. Functions can consist of a variety of methods and models for supporting decision making. The character of decision support depends on the type of model, the model's characteristics, the application and the role in the planning or decision-making process. This implies a problem-oriented approach. Depending on the locational problems, the methodological approach, the available data and the knowledge, a problem-oriented model is developed and applied in the decision-making process. The use of these models is context dependent. Therefore strict guidelines for the application of these types of models are not available.

Considering the multidimensional character of locational planning, two types of information systems are evident: GIS for spatial data integration and visualization and DSS for model building and use in decision making. Iterative model building, and ultimately model use, can be effectively supported through the integration of models in accessible computer-based applications. An integrated instrumental framework for the use of models in locational planning is presented. Special attention is given to location and choice models that describe the location and relocation behavior of individual actors. Several types of models of location and relocation from different disciplines and origin are available. In this study, multi-attribute preference models and decision models are elaborated upon. These types of models have their foundation in theories of individual choice behavior.

How do concepts of geographical information systems and decision support systems play a role in locational decision support?

The answer to this question is elaborated upon in chapters 3 and 4. Concepts of GIS are illustrated using the classical ANSI-framework of computer representation, GIS definitions and views, the generic GIS-software market, the functionality of GIS and the use of GIS for solving locational problems. Generic GIS are characterized by static computer representation with powerful functions for the storage, structuring, query, analysis and presentation of spatial data. GIS are specially characterized by their ability for spatial data analysis.

However, a 'missing link' between GIS and model-based analysis is revealed; an efficient and effective coupling mechanism between locational modeling and analysis tools and generic GIS is missing. Several discrepancies are brought to light. Through the integration of models of location and relocation and GIS-functionality benefits can be achieved and discrepancies solved. Besides generic GIS functions of matrix- and overlay-analysis, the added value is particularly found in the integration and coupling of GIS with multi-attribute preference models and decision models, discussed in Chapter 2. The extra functionality depends on the complementary relation between the model and GIS and differs according to the type of model. An essential additional aspect of user interface: it must be transparent and with a low user threshold to ensure lasting usage. Considering the frequent interactions (of data sharing and transmission) between GIS and model components, strong preference is stated that the coupling between model and GIS should be complete, or at least tight.

The DSS approach offers a framework for embedding models in integrated geographical information systems and their use in locational planning. Several issues of DSS are reviewed: definitions, concepts, characteristics, functional system components, technical concepts and the human factor. Critical remarks have also been made. The value of DSS depends on the type of the decision-making process, the effectiveness of which cannot be determined beforehand, and tension exists regarding the application of structured models for unstructured decision problems.

In spite of this, the DSS approach offers an important benefit for the use of GIS-applications for locational planning; the problem-solving process is clarified by structuring decision problems using (integrated) models. DSS also contribute to decrease the gap between creating and using models; essential to this contribution is the DSS user interface which is characterized by an accessible and user-friendly interface for sustainable use. The model base is a technical DSS component consisting of a system of model building blocks that can be used to develop and integrate models. Furthermore the DSS development environment offers tools for different types of developers. The development process is preferably iterative, incremental and adaptive and is characterized by continuous interaction and feedback from the end users.

It is specifically the complementary relation and the resulting synergy-effects between the concepts of GIS and DSS that offers the added value for building and using GIS-applications for locational planning and decision making. The DSS approach offers concepts from the point of view of system architecture, system components, development process, the involvement of users and developers, making decision support models accessible and embedding an information system into the planning processes. GIS are characterized as static systems for storage, structuring, analysis and presentation of spatial data. With respect to models, these GIS-functions offer added value. In two case studies this added value is illustrated.

How can object-oriented development of GIS-applications be applied to locational planning?

The answer to this question is elaborated upon in chapter 5. Several benefits of object-oriented GIS-application development can be distinguished for users and developers. The uniform use of object-oriented concepts simplifies the transition between the stages in the application development process from conceptualization, through analysis and design, to implementation. This simplifies the communication between users and developers and among the different developers. Object-oriented applications consist of small building blocks, or of small defined programs, as are propagated in the (model base of the) DSS approach. Additionally, evolutionary and/or incremental application development and prototyping approaches - evident in DSS development theory - are propagated in object-oriented system development.

The object-oriented system development process does not basically differ from the traditional system development process. However the use of object-oriented methods, techniques and instruments for system development is specific. Various object-oriented methodologies - most of them still in a stage of transition and development - exist. The methodology OMT is applied (in interpreted form) in this study.

Three angles have been considered in the development of object-oriented GIS-applications. The first is object-oriented modeling, the second is object-oriented programming, and the third is the development and application of object-oriented databases in the context of geographical information systems. These three aspects of object-oriented application development are in line, but not always naturally geared to one another. For instance widespread use of object-oriented databases is still in its infancy with only a

few geographical applications; this is also the case with the application of object-oriented modeling. Due to the (recent) availability of specific object-oriented programming languages in generic GIS, object-oriented programming is, at the moment, the most frequently encountered of these three angles.

At the same time, other relevant IT-developments for GIS are considered as well. Specifically open standards, object technology and client server technology are significant from a (technical) system development point of view. GIS-applications are evolving from monolithical proprietary systems to open environments that are based on and integrated with conventional IT-standards. Special attention has been paid to a (three-)layered structure of information systems; a database layer, a functionality and a presentation layer. These layers consists of interacting components that communicate through providing specialized services to each other. The international development of a (object oriented) geodata standard - the Open Geodata Interoperability Specification (OGIS) - will contribute to the implementation of object-oriented layered applications. Object orientation will be a foundation for future development of generic and specific GIS-applications and components.

Using object-oriented analysis, which generic building blocks can be distinguished for building specific GIS-applications for locational planning?

The answer to this question is elaborated upon in chapter 6. Building blocks for object-oriented application development are diverse. Several aspects of (object oriented) system development can be considered as generic building blocks, such as use cases, spatial objects, object models of application domains, scenarios, a subsystem architecture, operation specifications, etc. These building blocks can be characterized by their reusability. For locational planning various building blocks have been developed with the purpose of reuse; several generic GIS-functions exist for map interaction and presentation and network analysis and generic specifications for model building and model use. Tight coupling of GIS-functions and model functions exists in object-oriented specifications, such as data input for models through functions of map interaction and presentation and network analysis functions. These object-oriented specifications are visually presented in object, dynamic and functional models of OMT.

The main conclusions concerning the object-oriented buildings blocks for building specific GIS-applications for locational planning are:

1. The specification of the desired functions of the prospective user (also referred to as 'use cases') for the development of specific GIS-applications supports a user centered approach to application development. The set of use cases and the resulting scenario's for spatial model building is generically applicable for the integration of spatial location models in GIS-applications;
2. Domain analysis forms the foundation of a robust class structure. Domain analysis not only focuses on the geographical problem domains, but rather initially on the general knowledge domains that supply concepts for spatial representation, such as cartography, mathematics, geography and regional science and additionally disciplines involved with informatics. The benefits of domain analysis manifest themselves with reuse and during system maintenance;
3. Robust object models (class structures) mainly depend on domain analysis. However, functional decomposition is necessary to complete the object model with the dynamics necessary to represent user interaction with tightly coupled GIS-functions and spatial model functions.
4. GIS-applications are interactive systems; the analysis stage of application development is in large part spent on dynamic modeling activities;
5. Building blocks for GIS-applications are generic, reusable and diverse; these buildings blocks can be considered as a collection of the following: use cases, various types of classes (and class structures), various types of scenario's, operation specifications and subsystem architectures;
6. Object-oriented GIS-applications consist of various types of specifications. In order to maintain flexibility in application development and use, it is advisable to adopt a visually oriented system development methodology - such as OMT - to define the specifications of building blocks; and
7. The main benefits of object orientation are for the developer(s). Only indirect benefits are derived for the user.

The object-oriented approach exemplifies that flexibility of specific GIS-applications for locational planning can be accomplished through the possibilities of extension, adaptation and reuse of building blocks.

What is the relation between object-oriented application development and the use of GIS-applications in locational planning?

The answer to this question is elaborated upon in chapters 7 and 8. The application of object orientation for building GIS-applications starts with the (re)use of various types of spatial objects. An important part of the value of reuse in object-oriented application development is due to class structures. Class (and object) structures in locational planning are relatively static; the real

world dynamics are mainly represented in the functionality or the behavior of objects. At the same time, the iterative incremental development of object-oriented GIS-applications is in line with the gradual process of spatial model building. Incremental development is characterized by a step by step approach by developing a part of the system as in the (spatial) model building process. Because of the independence of objects in object-oriented applications it is relatively easy to support the process of model building; problem domain models can be easily adapted through extension, deletion or change of objects and their relations. The applications in the two case studies show how the spatial model building process can be integrated in object-oriented application development process in order to develop applications for solving real world location problems.

LITERATUUR

- ABEL, D.J. (1989), SIRO-DBMS: a database toolkit for geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 3, pp. 103-115.
- ABREU, J., H.J. SCHOLTEN & A. LOCASHIO (1998), European Spatial Metadata Infrastructure - The Geographic Information Gateway on the Internet. In: R.J. Peckham, ed., *Proceedings of the 4th EC-GIS Workshop, Budapest June 24-26*.
- ACHABAL, D.D., W.L. GORR & V. MAHAJAN (1982), MULTILOC: a multiple store location decision model. *Journal of Retailing* 58, pp. 5-25.
- ALAGIC, S. & Z. GALIC (1990), Object-oriented geo-information processing in Modulex. In: J. Bézivin, B. Meyer & J. Nerson, eds., *Technology of object-oriented languages and systems*. Paris: Angkor, pp. 393-406.
- ALTER, S.L. (1977), A taxonomy of decision support systems. *Sloan Management Review* 19, pp. 39-56.
- AMSTRONG, M.P. (1987), Distance imprecision and error in spatial decision support systems. *Proceedings International Geographic Information Systems Symposium (IGIS)*. Arlington: NASA.
- AMSTRONG, M.P., P.J. DENSHAM & D.A. BENNETT (1989), Object oriented locational analysis. *Proceedings GIS/LIS '89*, pp. 717-726. Orlando.
- AMSTRONG, M.P. & P.J. DENSHAM (1990), Database organization strategies for spatial decision support systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 4, pp. 3-20.
- AMSTRONG, M.P., S. DE, P.J. DENSHAM, P. LOLONIS, G. RUSHTON & V.K. TEWARI (1990), A knowledge-based approach for supporting locational decision-making. *Environment and Planning B* 17, pp. 341-364.
- AMSTRONG, M.P., G. RUSHTON, R. HONEY, B. DALZIEL, P. LOLONIS, S. DE & P.J. DENSHAM (1991), Decision support for regionalization: a spatial decision support system for regionalizing service delivery systems. *Computers, Environment and Urban Systems* 15, pp. 37-53.
- ANSELIN, L. (1993), Exploratory spatial data analysis and geographic information systems. West Virginia University (Research paper 9329).
- ANSELIN, L. & E.G. ARIAS (1983), A multi-criteria framework as a decision support system for urban growth management applications: central city redevelopment. *European Journal of Operational Research* 13, pp. 300-309.
- ANSELIN, L., R.F. DODSON & S. HUDAK (1993), Linking GIS and spatial data analysis in practise. *Geographical Systems* 1, pp. 3-23.
- ANSELIN, L. & A. GETIS (1993), Spatial statistical analysis and geographic information systems. In: M.M. Fischer & P. Nijkamp, eds., *Geographic information systems, spatial modelling and policy evaluation*, pp. 35-49. Berlin: Springer-Verlag.
- ANTENUCCI, J.C. (1991), GIS: a guide to the technology. New York: van Nostrand Reinhold.
- APPLEBAUM, W. (1968), Guide to store location research with emphasis on supermarkets. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- ARENTZE, T.A., A.W.J. BORGERS & H.J.P. TIMMERMANS (1994), Multi-stop based measurements of accessibility in a GIS environment. *International Journal of Geographical Information Systems* 8, pp. 343-356.
- ARENTZE, T.A., A.W.J. BORGERS & H.J.P. TIMMERMANS (1996a), Integrating GIS into the planning process. In: M.M. Fischer, H.J. Scholten & D. Unwin, eds., *Spatial analytical perspectives in GIS*, pp. 187-198. London: Taylor and Francis (GISDATA SERIES 4).
- ARENTZE, T.A., A.W.J. BORGERS & H.J.P. TIMMERMANS (1996b), Design of a view-based DSS for location planning. *International Journal of Geographical Information Systems* 10, pp. 219-236.
- ARENTZE, T.A., A.W.J. BORGERS & H.J.P. TIMMERMANS (1996c), An efficient search strategy for site selection decision in an expert system. *Geographical Analysis* 28, pp. 126-146.
- ARNOLD, S.J., T.H. OUM & D.J. TIGERT (1983), Determinant attributes in retail patronage: seasonal, temporal, regional and international comparisons. *Journal of Marketing Research* 20, pp. 149-157.
- AYBET, C. (1986), Computer-aided evaluation of the housing environment. *Computer, Environment and Urban Systems* 10, pp. 197-210.
- BAILEY, T.C. & A.G. MUNFORD (1991), A case study employing GIS & spatial interaction models in location planning. In: J.J. Harts, H.F.L. Ottens & H.J. Scholten, eds., *EGIS'91 Proceedings Second European Conference on Geographical Information Systems*. Utrecht: EGIS Foundation, pp. 55-65.
- BARRA, T. DE LA (1990), Integrated landuse and transport modelling. Cambridge: Cambridge University Press.
- BARRA, T. DE LA, B. PÉREZ & N. VERA (1984), TRANUS-J, putting large models into small computers. *Environment and Planning B* 11, pp. 87-101.
- BATEY, P. & P. BROWN (1995), From human ecology to customer targeting: the evolution of geodemographics. In: P. Longley & G. Clarke, eds., *GIS for business and service planning*. Cambridge: GeoInformation International, pp. 77-103.
- BATTY, M. (1976), Urban modelling: algorithms, calibrations and predictions. London: Cambridge University Press.
- BATTY, P. (1992a), Exploiting relational database technology in a GIS. *Computers and Geosciences* 18, pp. 453-462.
- BATTY, M. (1992b), Urban modelling in computer-graphic and geographic information system environments. *Environment and Planning B* 19, pp. 663-688.

- BATTY, M. (1993a), Using geographic information systems in urban planning and policy-making. In: M.M. Fischer & P. Nijkamp, eds., *Geographic information systems, spatial modelling and policy evaluation*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 51-69.
- BATTY, P. (1993b), Object orientation: some objectivity please. In: *Proceedings of GIS93 Conference*. Birmingham.
- BATTY, M. & S. MACKIE (1972), The calibration of gravity, entropy and related models of spatial interaction. *Environment and Planning A* 8, pp. 205-233.
- BATTY, M. & Y. XIE (1994a), Modelling inside GIS: Part 1. Model structures, exploratory spatial data analysis and aggregation. *International Journal of Geographical Information Systems* 8 pp. 291-307.
- BATTY, M. & Y. XIE (1994b), Modelling inside GIS: Part 2. Selecting and calibrating urban models using ARC/INFO. *International Journal of Geographical Information Systems* 8, pp. 451-470.
- BAXTER, R.S. & G. LENZI (1975), The measurement of relative accessibility. *Regional Studies* 9, pp. 15-26.
- BEAUMONT, J.R. (1987), Quantitative methods in the real world: a consultant's view of practice. *Environment and Planning A* 19, pp. 1441-1448.
- BEAUMONT, J.R. (1989a), Towards an integrated information system for retail management. *Environment and Planning A* 21, pp. 299-309.
- BEAUMONT, J.R. (1989b), An overview of decision support systems for retail management. *Journal of Retailing* 64, pp. 361-373.
- BEAUMONT, J.R. (1991a), Spatial decision support systems: some comments with regard to their use in market analysis. *Environment and Planning A* 23, pp. 311-318.
- BEAUMONT, J.R. (1991b), An introduction to market analysis. Bath: University of Bath (CATMOG series 53).
- BEAUMONT, J.R. & K. INGLIS (1989), Geodemographics in practice: developments in Britain and Europe. *Environment and Planning A* 21, pp. 587-604.
- BEMELMANS, T.M.A. (1979), Management-informatie: een vertrouwenskwestie. *Informatie* 21, pp. 616- 619.
- BEMELMANS, T.M.A. (1994), *Bestuurlijke informatiesystemen en automatisering*. Deventer: Kluwer.
- BERNHARDSEN, T. (1992), *Geographic information systems*. Norway: Asplan Viak.
- BERTIN, J. (1983), *Semiology of graphics*. Madison: University of Wisconsin Press.
- BERTUGLIA, C.S., G.P. CLARKE & A.G. WILSON, eds. (1994), *Modelling the city: performance, policy and planning*. London: Routledge.
- BESTUURSINFORMATIE UTRECHT (1993), *Ouderen wonen in Utrecht*. Utrecht: Gemeente Utrecht.
- BETTMAN, J.R. (1970), Information processing models of consumer behavior. *Journal of Marketing Research* 7, pp. 370-376.
- BHATNAGAR, S.C. & B.H. JAJOO (1987), A DSS generator for district planning. *Information and Management*, pp. 43-49.
- BIDGOLI, H. (1990), *Decision support systems: principles and practice*. St. Paul: West Publishing Company.
- BIJL, D. (1996), Client/Server, een overzicht. *Informatie* 38, pp. 6-12.
- BIRKIN, M., G.P. CLARKE, M. CLARKE & A.G. WILSON (1987), *Geographical information systems and model-based locational analysis; ships in one night or the beginnings of a relationship?* Leeds: School of Geography, University of Leeds (Working paper 498).
- BIRKIN, M. & M. CLARKE (1989), The generation of individual and household incomes at the small area level using synthesis. *Regional Studies* 23, pp. 535-548.
- BIRKIN, M., G. CLARKE, M. CLARKE & A.G. WILSON (1990), Elements of a model-based GIS for the evaluation of urban policy. In: L. Worral, ed., *GIS: developments and applications*. London: Belhaven Press, pp. 132-162.
- BIRKIN, M. & F. FOULGER (1992), Sales performance and sales forecasting using spatial interaction modelling: the W H Smith approach. Leeds: School of Geography, University of Leeds (Working Paper 92/21).
- BIRKIN, M., M. CLARKE & F. GEORGE (1995), The use of parallel computers to solve non-linear spatial optimisation problems: an application to network planning. *Environment and Planning A* 27, pp. 1049-1086.
- BIRKIN, M., G. CLARKE, M. CLARKE & A.G. WILSON (1996), *Intelligent GIS, location decisions and strategic planning*. Cambridge: Geoinformation International.
- BLAHA, M., W. PREMERLANI & J. RUMBAUGH (1988), Relational database design using an object oriented methodology. *Communications of the ACM* 31, pp. 414-427.
- BODE, T., B. BREUNIG & A.B. CREMERS (1994), First experiments with GEOSTORE, an information system for geologically defined geometries. In: J. Nievergelt, T. Roos, H. Schek & P. Widmayer, eds., *IGIS'94 Geographic Information Systems*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 35-44 (Lecture Notes in Computer Science no. 884).
- BOERSMA, S.K.Th. (1989), *Beslissing ondersteunende systemen, een praktijkgerichte ontwikkelingsmethode*. Schoonhoven: Academic Service.

- BOERSMA, S.K.Th., R.J. JORNA & J.L. SIMONS (1994), Kennissystemen: informatiesystemen van de toekomst. *Bedrijfskunde* 65, pp. 352-363.
- BONCZEK, R.H., C.W. HOLSAPPLE & A.B. WHINSTON (1981), *Foundations of decision support systems*. Orlando, Florida: Academic press.
- BOOCH, G. (1994), *Object oriented analysis and design with applications*. Redwood City, CA: Benjamin/Cummings.
- BOOCH, G., J. RUMBAUGH & I. JACOBSON (1998), *The unified modeling language user guide*. Reading MA: Addison-Wesley.
- BOOGAARD, M. (1994), *Defusing the software crisis, information systems flexibility through data independence*. Amsterdam: Tinbergen Institute (Tinbergen Institute Research Series 79).
- BORGERS, A. & H.J.P. TIMMERMANS (1987), Choice model specification, substitution and spatial structure effects, a simulation experiment. *Regional Science and Urban Economics* 17, pp. 29-47.
- BORGERS, A.W.J. & H.J.P. TIMMERMANS (1988), A context sensitive model of spatial choice behaviour. In: R.G. Golledge & H. Timmermans, eds., *Behavioural modelling in geography and planning*. London: Croom-helm, pp.159-178.
- BORGERS, A. & H. TIMMERMANS (1991), A decision support and expert system for retail planning. *Computers, Environment and Urban Systems* 15, pp. 179-188.
- BORLAND (1994), *Borland C++ version 4.5 User's Guide*. Scotts Valley: Borland.
- BOSMA, P.H. (1994), *Onderzoek naar GIS(se) technologie ten behoeve van vestigingsplaatsonderzoek*. Amsterdam: Vrije Universiteit (doctoraalscriptie Econometrie).
- BOSMAN, A. (1988), Modellen van en in decision support systemen. In: G. van der Meulen, red., *Informatica en ruimtelijke besluitvorming*. Eindhoven: Technische Universiteit, Faculteit Bouwkunde (serie Bouwstenen 11).
- BOULOGNE, R. (1985), *Determinanten van het ruimtelijk keuzegedrag*. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam.
- BOVY, P.H.L. & G.R.M. JANSEN (1976), *Een reistijdmodel voor stedelijke wegnetten, principes en werkwijze*. Delft: ISO.
- BRAIL, R.K. (1990), Integrating urban information systems and spatial models. *Environment and Planning B* 17, pp. 417-427.
- BREHENY, M.J. (1987), The context for methods: the constraints of the policy process on the use of quantitative methods. *Environment and planning A* 19, pp. 1449-1462.
- BREHENY, M.J. (1988), Practical methods of retail location analysis. In: N. Wrigley, ed., *Store choice, store location and market analysis*. Routledge: New York, pp. 39-86.
- BROWN, P.J.B. (1991), Exploring geodemographics. In: I. Masser & M. Blakemore, eds., *Handling Geographical Information*. London: Longman, pp. 221-258.
- BROWN, S. (1992a), Retail location: a micro-scale perspective. Aldershot: Avebury.
- BROWN, S. (1992b), The wheel of retail gravitation? *Environment and Planning A* 24, pp. 1409-1429.
- BRUINSMA, F.R. (1994), *De invloed van transportinfrastructuur op ruimtelijke patronen van economische activiteiten*. Utrecht: Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap/Vakgroep Ruimtelijke Economie Vrije Universiteit (Nederlandse Geografische Studies 175).
- BURBY, R.J. & W.M. ROHE (1990), Providing for the housing needs of the elderly. *Journal of American Planning Association* 56, pp. 324-340.
- BURROUGH, P. (1986), *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford: Oxford University Press.
- BURROUGH, P. (1992a), The development of intelligent geographical information systems. *Journal of Geographical Information Systems* 6, pp. 1-11.
- BURROUGH, P.A. (1992b), Are GIS data structures too simple minded? *Computers and Geosciences* 18, pp. 395-400.
- BURROUGH, P.A. (1995), *The EGII policy document: towards a European geographic information infrastructure*. Luxembourg: GI2000.
- BURROUGH, P.A. & A.U. FRANK (1995), Concepts and paradigms in spatial information: are current geographical information systems truly generic? *International Journal of Geographical Information Systems* 9, pp. 101-116.
- BURROUGH, P.A. & A.U. FRANK, eds. (1996), *Geographic objects with indeterminate boundaries*. London: Taylor and Francis (GISDATA SERIES 2).
- CAN, A. (1993), Residential quality assessment - alternative approaches using GIS. In: M.M. Fischer & P. Nijkamp, eds., *Geographic information systems, spatial modelling and policy evaluation*. Berlin: Springer Verlag, pp. 199-212.
- CANNAN, S.J. & G.A.M. OTTEN (1996), SQL, ontwikkeling en toekomst. *Informatie* 38, pp.13 -17.
- CARVER, S.J. (1991), Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 5, pp. 321-340.
- CASPERS, J. (1996), Kampen en basiserken in de wereld van objecten. *Informatie* 38, pp.14 -16.
- CASTLE, G.H., ed. (1993), *Profiting from a geographic information system*. Fort Collins: GIS World.

- CATTELL, R.G.G. (1991), Object data management, object-oriented and extended relational database systems. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- CATTELL, R.G.G., ed. (1994), The object database standard: ODMG-93 (Release 1.1). San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- CATTENSTART, F. (1997), Open boundaries in GIS: OpenGIS and the SDO and SDE implementation. Manchester: University of Manchester (UNIGIS MsC-thesis).
- CBS - Centraal bureau voor de Statistiek (1992), Jaarboek inkomen en consumptie. 'S-Gravenhage: SDU Uitgeverij.
- CHANCE, A., R.G. NEWELL & D.G. THERIAULT (1990), An object-oriented GIS: issues and solutions. In: J.J. Harts, H.F.L. Ottens & H.J. Scholten, eds., EGIS'90 Proceedings First European Conference on Geographical Information Systems. Utrecht: EGIS Foundation, pp. 179-188.
- CHANCE A., R.G. NEWELL & D.G. THERIAULT (z.j.), Smallworld GIS: an overview of Smallworld Magik (Technical paper 5).
- CHEN, J., R.T. NEWKIRK, G. DAVIDSON & P. GONG (1994), The development of a knowledge-based geographical information system for the zoning of rural areas. *Environment and Planning B* 21, pp. 179-190.
- CHRISMAN, N.R. (1991), The error component in spatial data. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*, pp. 165-174. London: Longman.
- CHURCH, R.L. & P. SORENSEN (1994), Integrating normative location models into GIS: problems and prospects with the p-median model. Santa Barbara: NCGIA (NCGIA Technical Report 94-5).
- CHUVIECO, E. (1993), Integration of linear programming and GIS for land-use modelling. *International Journal of Geographical Information Systems* 5, pp. 71-83.
- CLARKE, B. & P.N. FINLAY (1989), A typology of decision support systems. *Journal of Applied Systems Analysis* 16, pp. 89-98.
- CLARKE, G.P. & A.G. WILSON (1986), Performance indicators within a model-based approach to urban planning. Leeds: School of Geography, University of Leeds (Working paper 446).
- CLARKE, M. (1990a), Geographical information systems and model based analysis: towards effective decision support systems. In: H.J. Scholten & J.C.H. Stillwell, eds., *Geographical information systems for urban and regional planning*. Dordrecht: Kluwer, pp. 165-175.
- CLARKE, M. (1990b), Spatial Decision Support Systems: a case of the GIS tail wagging the analytical dog? In: P. Densham & M.F. Goodchild, eds., *Spatial decision support systems, scientific report for the specialist meeting*. Santa Barbara: NCGIA (NCGIA Technical paper 90-5).
- CLARKE, M. (1990c), Regional science and industry: from consultancy to technology transfer. *Environment and Planning B* 17, pp. 257-268.
- CLARKE, M. & G. CLARKE (1995), The development and benefits of spatial decision support systems. In: P. Longley & G. Clarke, eds., *GIS for business and service planning*, pp. 227-245. Cambridge: GeoInformation International.
- CLARKE, M. & A.G. WILSON (1987), Towards an applicable human geography: some developments and observations. *Environment and Planning A* 19, pp. 1525-1541.
- CLARKE, M. & S. OPENSHAW (1987), The AGW spatial interaction workstation. *Environment and Planning A* 19, pp. 1261-1268.
- CLERQ, F. LE (1990a), Information supply to strategic planning. *Environment and Planning B* 17, pp. 429-440.
- CLERQ, F. LE (1990b), Information management within the planning process. In: H.J. Scholten & J.C.H. Stillwell, eds., *Geographical information systems and urban and regional planning*. Dordrecht: Kluwer, pp. 59-68.
- CLEMENTINI, E. & P. DI FELICI (1990), An extensible class library for geographic applications. In: J. Bézivin, B. Meyer & J. Nerson, eds., *Technology of object-oriented languages and systems*. Paris: Angkor, pp. 613-623.
- CLEMENTINI, E., P. DI FELICI & G. TORLONE (1993), Experimenting the usability of an OODBMS for the representation of topology in GISs. In: J.J. Harts, H.F.L. Ottens & H.J. Scholten, eds., *EGIS'93 Conference Proceedings Fourth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*. Utrecht/Amsterdam: EGIS Foundation, pp. 1421-1430.
- COAD, P. & E. YOURDON (1990), Object oriented analysis. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- COAD, P. & E. YOURDON (1991), Object oriented design. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- COELMAN, B. (1993), Grafische presentatie en manipulatie met de SV-atlas. *Geografie* 2, pp. 8-11.
- COLEMAN, D., P. ARNOLD, S. BODOFF, C. DOLLIN, H. GILCHRIST, F. HAYES & P. JEREMAES (1994), Object-oriented development, the fusion method. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- COLLINS, A. (1989), Store location planning: its role in marketing strategy. *Environment and Planning A* 21, pp. 625-628.
- COMMISSIE MODERNISERING OUDERENZORG (1994), Ouderenzorg met toekomst. Rijswijk: Ministerie van WVC.
- COOK, S. & J. DANIELS (1994), Designing object systems - Syntropy. New York: Prentice Hall.
- COOPER, L.G. & M. NAKANISHI (1988), Market share analysis. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- COPAS, C. & D. MEDYCKYJ-SCOTT (1991), Is there life after modelling? Putting the support back into decision making with GIS. In: J.J. Harts, H.F.L. Ottens & H.J. Scholten, EGIS'91 Proceedings First European Conference on Geographical Information Systems. Utrecht: EGIS Foundation, pp. 216-225.
- COPPOCK, J.T. & D.W. RHIND (1991), The history of GIS. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*. London: Longman, pp. 21-43.
- COTTRELL, J. (1973), An environmental model of performance measurement in a chain of supermarkets. *Journal of Retailing* 49, pp. 51-63.
- COUCLELIS, H. (1986a), A theoretical framework for alternative models of spatial decision and behavior. *Annals of the Association of American Geographers* 76, pp. 95-113.
- COUCLELIS, H. (1986b), Artificial intelligence in geography: conjectures on the shape of things to come. *The Professional Geographer* 38, pp. 1-10.
- COUCLELIS, H. (1991), Requirements for planning-relevant GIS: a spatial perspective. *Papers in Regional Science* 70, pp.9-19.
- COWEN, D.J. (1988), GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54, pp. 40-46.
- CRAIG, C.S., A. GHOSH & S. MCLAFFERTY (1984), Models of the retail location process: a review. *Journal of Retailing* 60, pp.5-36.
- CRAMER, J.S. (1989), *Econometric applications of maximum likelihood methods*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CRAMER, J.S. (1991), *The logit model, an introduction for economists*. London: Edward Arnold.
- CROSSLAND, M.D., B.E. WYNE & W.C. PERKINS (1995), Spatial decision support systems: an overview of technology and a test of efficacy. *Decision Support Systems* 14, pp. 219-235.
- CUTTER, S.L. (1985), *Rating places: a geographer's view on quality of life*. Washington DC: Resource Publication in Geography, Association of American Geographers.
- DANGERMOND, J. & J.P. LAUZON (1996), ESRI's approach to interoperability. *Arc News* 17, pp. 36-37.
- DATE, C.J. (1995), *Introduction to database systems*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- DAVID, R., I. RAYNAL, G. SCHORTER & V. MANSART (1993), Geo₂: Why objects in a geographical DBMS. In: D. Abel & B.C. Ooi, eds. *Advances in spatial databases*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 264-276 (Lecture Notes in Computer Science no. 692).
- DAVIES, R.L. (1977), Store location and store assessment research: the integration of some new and traditional techniques. *Transactions of the Institute of British Geographers* 2, pp. 141-157.
- DAVIES, R.L. & D.S. ROGERS (1985), *Store location and store assessment research*. Chichester Sussex: John Wiley.
- DAVIS, G.B. & M.H. OLSEN (1987), *Management informatiesystemen*. Schoonhoven: Academic Service.
- DAVIS, J.R. & I.W. GRANT (1987), ADAPT: a knowledge-based decision support system for producing zoning schemes. *Environment and planning B* 14, pp. 53-66.
- DAVIS, J.R., P.T. COMPAGNONI & P.M. NANNINGA (1987) Roles for knowledge-based systems in environmental planning. *Environment and Planning B* 14, pp. 239-254.
- DENSHAM, P.J. (1991), Spatial decision support systems. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*. London: Longman, pp. 403-412.
- DENSHAM, P.J. (1994), Integrating GIS and spatial modelling: visual interactive modelling and location selection. *Geographical Systems* 1, pp. 203-219.
- DENSHAM, P.J. & G. RUSHTON (1988), Decision support systems for locational planning. In: R.G. Colledge & H. Timmermans, eds., *Behavioural modelling in geography and planning*. London: Croom-helm, pp.65-90.
- DENSHAM, P.J. & G. RUSHTON (1996), Providing spatial decision support for rural public service facilities that require a minimum workload. *Environment and Planning B* 23, pp. 553-574.
- DENSHAM, P.J. & M. GOODCHILD (1989), Spatial decision support systems: a research agenda. In: *Proceedings GIS/LIS '89*. Orlando, Florida: pp. 707-716.
- DENSHAM, P.J. & M. GOODCHILD (1990), *Spatial decision support systems; scientific report for the specialist meeting*. U.S.A.: National Center for Geographic Information and Analysis (Technical Paper Series 90-5).
- DENSHAM, P.J. & M.F. GOODCHILD (1994), *Research Initiative 6: spatial decision support systems closing report*. U.S.A.: National Center for Geographic Information and Analysis.
- DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT (1987), *Handling geographic information*. London: Her Majesty's Stationary Office.
- DERR, K.W. (1995), *Applying OMT, a practical step-by-step guide to using the object modelling technique*. New York: Sigs Books.
- DESANCTIS, G. (1984), Computer graphics as decision aids: directions for research. *Decision Sciences* 15, pp. 463-487.

- DESANCTIS, G. & B. GALLUPE (1989), Group decision support systems: a new frontier. In: R.H. Sprague Jr. & H.J. Watson, eds., *Decision support systems: putting theory into practice*. London: Prentice-Hall, pp. 259-271.
- DESBARATS, J. (1983), Spatial choice and constraints on behavior. *Annals of the Association of American Geographers* 73, pp. 340-357.
- DIAMOND J.T. & J.R. WRIGHT (1988), Design of an integrated spatial information system for multiobjective land-use planning. *Environment and Planning B* 15, pp. 205-214.
- DIENST VOLKSHUISVESTING UTRECHT (1993), *Grijs wonen, wijs wonen*. Utrecht: Gemeente Utrecht.
- DIJKSTRA, E.W. (1959), A note on two problems on connection with graphs. *Numerische Mathematik* 1, pp.269-271.
- DIDDE, R. (1997), Virtuele werkelijkheid geeft handen en voeten aan herinrichting Nederland. *VI-Matrix* 5 (3), pp. 16-19.
- DING, Y. & P.J. DENSHAM (1996), Spatial strategies for parallel spatial modelling. *International Journal of Geographical Information Systems* 10, pp. 669-698.
- DISSEL, H. VAN, H. BORGMAN & J. VAN NUNEN (1992), Executive informatie systemen: een belofte zonder toekomst? *Database Magazine*, pp 22-26.
- DOBSON, J. (1998), GIS standards advance slowly. *GIS World* 11, pp. 32-33.
- DOLK, D.R. (1988), Model management systems for operations research: a prospectus. In: G. Mitra, ed., *Mathematical models for decision support*, pp. 348-373. Berlin: Springer (NATO ASI series F48).
- DONK, B. VAN DE, A. RAAJMAKERS & F. WIND (1993), *Ouder worden in Zuilen*. Delft: RIW.
- DONOVAN, J.J. (1994), *Business re-engineering with information technology*. PTR: Prentice Hall.
- DOORN, J. VAN & F. VAN VUGHT (1978), *Planning, methoden en technieken voor beleidsondersteuning*. Assen: van Gorcum.
- DORLING, D. & S. OPENSHAW (1992), Using computer animation to visualise space-time patterns. *Environment and Planning B* 19, pp. 639-650.
- DOUVEN, W. (1996), *Improving the accessibility of spatial information for environmental management. An application to pesticide management*. Amsterdam: Vrije Universiteit (proefschrift).
- DOUVEN, W., M. GROTHE, P. NIJKAMP & H.J. SCHOLTEN (1993). Urban and regional planning models and GIS. In: I. Masser & H. Onsrud, eds., *Diffusion and use of geographic information technologies*. Dordrecht: Kluwer.
- DRUMMOND, J. (1992), Beheersing van fouten binnen GIS. *Kartografisch Tijdschrift* XVIII, pp. 13-22.
- DUFFY, D. (1996), Objectgeoriënteerde software ontwikkeling in C++ , van chaos naar klassen. Schoonhoven: Academic service.
- DUNN, C.E. & D. NEWTON (1992), Optimal routes in GIS and emergency planning applications. *Area* 24, pp. 259-267.
- EASTMAN, J.R., P.A.K. KYEM & J. TOLENDANO (1993), A procedure for multi-objective decision making in GIS under conditions of conflicting objectives. In: J.J. Harts, H.F.L. Ottens & H.J. Scholten, eds., *EGIS'93 Conference Proceedings Fourth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*. Utrecht/Amsterdam: EGIS Foundation, pp. 438-447.
- EBERT, S.L. & T.A. SLOCUM (1992), EXPLOREMAP: An exploration system for chloropleth maps. *Annals of the Association of American Geographers*, pp. 275-288.
- EGENHOFER, M.J. (1992), Why not SQL! *International Journal of Geographical Information Systems* 6, pp.71-85.
- EGENHOFER, M.J. & A.U. FRANK (1988), Object oriented modelling: a powerful tool for GIS. In: A.U. Frank & M.J. Egenhofer, eds., *Object Oriented database technology for GIS: Seminar Workbook NCGIA*. Santa Barbara: NCGIA.
- EGENHOFER, M.J. & J.R. HERRING (1991), High-level spatial data structures for GIS. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*. Essex: Longman, pp. 227-237.
- EGENHOFER, M.J. & A.U. FRANK (1992), Object oriented modelling for GIS. *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association* 4, pp. 3-19.
- EGENHOFER, M.J., A.U. FRANK & J.J. JACKSON (1987), A topological data model for spatial databases. In: O. Gunther, ed., *Advances in spatial databases*. Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 271-286 (Lecture Notes in Computer Science no. 409).
- EGTEN, C.A. VAN (1994), *Kwaliteit van bestuurlijke informatie in een organisatie*. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- ESRI - Environmental Systems Research Institute (1996), *Avenue, customization and application development for Arcview*. Redlands: ESRI.
- ESRI - Environmental Systems Research Institute (1995), *Spatial Database Engine (SDE)*. Redlands: ESRI (ESRI White Paper series).
- EUROPEAN SCIENCE FOUNDATION (1993), *GISDATA, Geographic information systems, data integration and data base design*. Strasbourg: ESF (Newsletter 1).
- EWEG, R. VAN (1994), *Computer supported reconnaissance planning, implementing a planning methodology with a geographical information system in Noord-Brabant, The Netherlands*. Wageningen: Landbouwniversiteit Wageningen.
- FEDRA, K. (1994), *GIS and environmental modelling*. IIASA: Laxenburg.

- FEDRA, K. & R.F. REITSMA (1990), Decision Support and Geographical Information Systems. In: H.J. Scholten & J.C.H. Stillwell (eds.), *Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning*, Kluwer Dordrecht, pp. 175-188.
- FEIGENBAUM, E.A. & P. MCCORDUCK (1983), *De vijfde generatie, de strijd om de zelfdenkende computer*. Amsterdam: Elsevier.
- FERRAND, N. (1995), Multi-reactive agents paradigm for spatial modelling. Paper presented at the GISDATA Specialist Meeting on GIS and Spatial Models: New potential for new models?, Stockholm 14-18 June 1995.
- FISCHER, M.M. (1995), Spatial interaction models and the role of geographic information systems. Paper presented at the GISDATA Specialist Meeting on GIS and Spatial Models: New potential for new models?, Stockholm 14-18 June 1995.
- FISCHER, M.M. & P. NIJKAMP (1993), Design and use of geographic information systems and spatial models. In: M.M. Fischer & P. Nijkamp, eds., *Geographic information systems, spatial modelling and policy evaluation*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 1-13.
- FISCHER, M.M. & S. GOPAL (1993), Neurocomputing - a new paradigm for geographic information processing. *Environment and Planning A* 25, pp. 757-760.
- FISCHER, M.M., H.J. SCHOLTEN & D. UNWIN (1996), Geographic information systems, spatial data analysis and spatial modelling: an introduction. In: M.M. Fischer, H.J. Scholten & D. Unwin, eds., *Spatial analytical perspectives in GIS*, pp. 3-20. London: Taylor and Francis (GISDATA SERIES 4).
- FISHER, P.F. (1989), Expert system applications in geography. *Area* 21, pp. 279-287.
- FLORIJN, G. & M. VAN ELSWIJK (1996), OO-ontwerptrends: designpatterns. *Informatie* 38, pp. 22-26.
- FLOWERDEW, R. & W. GOLDSTEIN (1989), Geodemographics in practice: developments in North America. *Environment and Planning A* 21, pp. 605-616.
- FOKKEMA, T., J. DE JONG GIERVELD & P. NIJKAMP (1996), Big cities, big problems: reason for the elderly to move? *Urban Studies* 33, pp. 353-377.
- FORD, F.N. (1985), Decision support systems and expert systems: a comparison. *Information and Management* 8, pp. 21-26.
- FOTHERINGHAM, A.S. (1983), A new set of spatial interaction models: the theory of competing destinations. *Environment and Planning A* 15, pp. 15-36.
- FOTHERINGHAM, A.S. (1986), Modelling hierarchical destination choice. *Environment and Planning A* 18, pp. 401-418.
- FOTHERINGHAM, A.S. (1988), Consumer store choice and choice set definition. *Marketing Science* 7, pp. 299-310.
- FOTHERINGHAM, A.S. (1991), Statistical modelling of spatial choice: an overview. In: A. Ghosh & C.A. Ingene, eds., *Spatial analysis in marketing: theory, methods and applications*. London: JAI Press, pp. 95-117.
- FOTHERINGHAM, A.S. (1992), Exploratory spatial data analysis and GIS. *Environment and Planning A* 24, pp. 1675-1678.
- FOTHERINGHAM, A.S. (1993), On the future of spatial analysis: the role of GIS. *Environment and Planning A Anniversary Issue*, pp. 30-34.
- FOTHERINGHAM, A.S. (1995), GIS-based spatial modeling: a step forwards or a step backwards? Paper presented at the GISDATA Specialist Meeting on GIS and Spatial Models: New potential for new models?, Stockholm 14-18 June 1995.
- FOTHERINGHAM, A.S. & P.A. ROGERSON, eds. (1994), *Spatial analysis and GIS*. London: Taylor & Francis.
- FOTHERINGHAM, A.S. & M.E. O'KELLY (1989), *Spatial interaction models: formulations and applications*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- FOTHERINGHAM, A.S. & P.A. ROGERSON (1993), GIS and spatial analytical problems. *International Journal of Geographical Information Systems* 7, pp. 3-19.
- FOTHERINGHAM, A.S. & R. TREW (1993), Chain image and store-choice modeling: the effects of income and race. *Environment and Planning A* 25, pp.179-196.
- FOTHERINGHAM, A.S., M. CHARLTON & C. BRUNSDON (1996), The geography of parameter space: an investigation of spatial non-stationarity. *International Journal of Geographical Information Systems* 10, pp. 605-627.
- FOWLER, M. (1997), *Analysis patterns, reusable object models*. Reading: Addison-Wesley.
- FRANK, A.U. (1988), Requirements for a database management system for GIS. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54, pp. 1557-1564.
- FRANK, A.U. (1992), Spatial concepts, geometric data models and data structures. *Computers and Geosciences* 18, pp. 409-417.
- FRANK, A.U. & D.M. MARK (1991), Language issues for geographical information systems. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*. London: Longman, pp. 147-163.
- FRANK, A.U. & M.J. EGENHOFER (1992), Computer cartography for GIS: an object oriented view on display transformation. *Computers and Geosciences* 18, pp. 975-987.

- GAMMA, E., R. HELM, R. JOHNSON & J. VLISSIDES (1995), *Design patterns, elements of reusable object-oriented software*. Reading: Addison-Wesley.
- GATRELL, A.C. (1983), *Distance and space: a geographical perspective*. Oxford: Oxford University Press.
- GATRELL, A.C. (1991), Concepts of space and geographical data. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*. London: Longman, pp. 119-134.
- GAUTSCHI, D.A. (1981), Specification of patronage models for retail center choice. *Journal of Marketing Research* 18, pp. 162-74.
- GEERTMAN, S. (1996), Ruimtelijke planning en geografische informatie. Zoektocht naar een geo-IT methodologie. Assen: van Gorcum.
- GENSCH, D.H. (1985), Empirically testing a disaggregate choice model for segments. *Journal of Marketing Research* 12, pp. 462-467.
- GENSCH, D.H. & W.W. RECKER (1979), The multinomial, multiattribute choice model. *Journal of Marketing Research* 16, pp. 124-132.
- GEOFFRION, A.M. (1987), An introduction to structured modeling. *Management Science* 33, pp. 547-588.
- GETIS, A. (1993), GIS and modeling prerequisites. In: A.U. Frank & I. Campari, eds., *Spatial information theory, a theoretical basis for GIS*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 322-340 (Lecture Notes in Computer Science no. 716).
- GINZBERG, M.J. & E.A. STOHR (1982), Decision support systems: issues and perspectives. In: M.J. Ginzberg, W. Reitman, & E.A. Stohr, eds., *Decision support systems*. New York: North-Holland, pp. 9-31.
- GIS WORLD (1994), *International GIS Sourcebook*. Fort Collins, USA: GIS World Inc.
- GEURTS, J.L.A. & R. PRANGER (1997), Een index-centre voor Brabant. Meten, begrijpen en verbeteren. In: *Brabant Manifest 2050; Brabant ongemonteerd*.
- GHOSH, A. (1984), Parameter nonstationarity in retail choice models. *Journal of Business Research* 12, pp. 425-436.
- GHOSH, A. & C.S. CRAIG (1983), Formulating retail location strategy in a changing environment. *Journal of Marketing* 47, pp. 56-68.
- GHOSH, A. & C.S. CRAIG (1984), A location-allocation model for facility planning in competitive environments. *Geographical Analysis* 16, pp. 39-56.
- GHOSH, A. & C.S. CRAIG (1986), An approach to determining optimal locations for new services. *Journal of Marketing Research* 13, pp. 354-362.
- GHOSH, A. & S.L. MCLAFFERTY (1982), Locating stores in uncertain environments: a scenario planning approach. *Journal of Retailing* 58, pp. 5-22.
- GHOSH, A. & S.L. MCLAFFERTY (1987), *Location strategies for retail firms and service firms*. Lexington, Massachusetts: Lexington Books.
- GHOSH, A. & G. RUSHTON, eds. (1987), *Spatial analysis and location-allocation modelling*. New York: Von Nostrand Reinhold.
- GOLLEDGE, R.G. & H. TIMMERMANS (1990), Applications of behavioural research on spatial problems I: cognition. *Progress in Human Geography* 14, pp. 57-99.
- GOLLEDGE, R.G., M.P. KWAN, T. GÄRLING (1994), Computational process modelling of household travel decisions using a geographical information system. *Papers in Regional Science* 73, pp. 99-117.
- GOODCHILD, M.F. (1984), ILACS, a location-allocation model for retail site selection. *Journal of Retailing* 60, pp. 84-100.
- GOODCHILD, M.F. (1987), A spatial analytical perspective on geographical information systems, *International Journal of Geographical Information Systems* 1, pp. 327-334.
- GOODCHILD, M.F. (1992a), Geographical data modeling. *Computers and Geosciences* 18, pp. 401-408.
- GOODCHILD, M.F. (1992b), Geographical information science. *Journal of Geographical Information Systems* 6, pp. 31-45.
- GOODCHILD, M.F. (1992c), Research Initiative 1: accuracy of spatial databases closing report. U.S.A.: National Center for Geographic Information and Analysis.
- GOODCHILD, M.F. (1997), Commentary on: GIS Application Research: History, Trends and Developments by Henk J. Scholten and Andrea LoCashio. In: GISDATA, European Science Foundation Social Science Programme, Geographic Information Research at the Millennium, GISDATA Final Conference, Le Bischenberg, France, 13-17 September 1997, pp. 38 -51.
- GOODCHILD, M. & S. GOPAL, eds. (1989), *Accuracy of spatial databases*. London: Taylor and Francis.
- GOODCHILD, M., & R. HAINING & S. WISE and 12 others (1992), Integrating GIS and spatial data analysis: problems and possibilities. *Journal of Geographical Information Systems* 6, pp. 407-423.
- GOOR, A.R. VAN (1984), Effectiviteitsmeting in de detailhandel, een toepassing in de levensmiddelenbranche. Leiden: Stenfert Kroese.
- GOOR, G.P.M. VAN DEN, S. BRINKKEMPER & S. HONG (1993), Objectgeoriënteerde ontwerpmethoden. *Informatie* 35, pp. 840-851.
- GORRY, G.A. & M.S. SCOTT-MORTON (1971), A framework for management information systems. *Sloan Management Review* 13, pp. 56-70.

- GORRY, G.A. & M.S. SCOTT-MORTON (1989), A framework for management information systems. *Sloan Management Review* 13, pp. 49-61.
- GOULD, R. (1988), *Graph theory*. Menlo: Benjamin Cummings.
- GRAHAM, I. (1994), *Object oriented methods*. Reading: Addison-Wesley.
- GRAHAM, I. (1995), *Migrating to object technology*. Reading: Addison-Wesley.
- GROTHER, M. (1995), Geografische informatiesystemen verkend. *Economisch Bulletin* 26, pp. 4-6.
- GROTHER, M. (1996), Veel is er nog niet 'clear' aan het Nationaal Clearinghouse. *VI-Matrix* 4 (8), pp. 6-9.
- GROTHER, M. (1997), Sleutelrol voor meta-informatie in provinciaal eindgebruikers-GIS. *VI-Matrix* 5 (1), pp. 46-48.
- GROTHER, M. & H.J. SCHOLTEN (1990), The application of network analysis: theory versus practise. In: Harts, J.J., H. Ottens & H.J. Scholten, *Proceedings EGIS'90*, Amsterdam, pp. 410-417.
- GROTHER, M., A. HEINHUIS & H.J. SCHOLTEN (1991), Can GIS aid the elderly? In: *Proceedings Arc/Info User Conference 1991*. Rotterdam: Logisterion.
- GROTHER, M. & W. BLOM (1992), GIS measures elderly housing and neighbourhoods. *GIS Europe* 1, pp. 20-24.
- GROTHER, M., P. NIJKAMP & H.J. SCHOLTEN (1992), Ruimtelijke beslissing-ondersteunende systemen voor evaluatie- en optimalisatie vraagstukken in de detailhandel. In: P.H.J. Hendriks & H.J.P. Timmermans, red., *Beslissing-ondersteuning en geografische informatiesystemen*. Amsterdam: SISWO, pp. 11-30. (SISWO publikatie 367).
- GROTHER, M. & H.J. SCHOLTEN (1993), Modelling catchment areas, towards the development of spatial decision support systems for facility location planning. In: M.M. Fischer & P. Nijkamp, eds., *Geographic information systems, spatial modelling and policy evaluation*. Berlin: Springer Verlag, pp. 263-280.
- GROTHER, M., M. HILFERINK & H.J. SCHOLTEN (1994), *De ontwikkeling van een multifunctioneel marktpenetratie model*. Amsterdam: Vakgroep Ruimtelijke Economie, Vrije Universiteit Amsterdam.
- GROTHER, M. & H.J. SCHOLTEN (1994), The development of retail store location analysis and decision support systems. *Faculteit der Economische Wetenschappen en Econometrie, Vrije Universiteit Amsterdam (Research Memorandum 1994-17)*.
- GROTHER, M., H.J. SCHOLTEN & M. VAN DER BEEK (1994), GIS, noodzaak of Luxe?: Een verkenning naar het gebruik van geografische informatiesystemen bij private ondernemingen in Nederland. Utrecht: Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap/Vakgroep Ruimtelijke Economie Vrije Universiteit Amsterdam (*Nederlandse Geografische Studies* 183).
- GROTHER, M. & H.J. SCHOLTEN (1996), GIS in de publieke sector, een inventarisatie naar gebruik van geo-informatie en GIS bij de Nederlandse overheid. Utrecht: Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap/Vakgroep Ruimtelijke Economie Vrije Universiteit Amsterdam (*Nederlandse Geografische Studies* 204).
- GROTHER, M., P. NIJKAMP & H.J. SCHOLTEN (1996a), Monitoring residential quality for the elderly using a geographical information system. *International Planning Studies* 1, pp. 219-235.
- GROTHER, M., M. HILFERINK & M. VAN DER BEEK (1996b), RELEVANT, een geografisch informatiesysteem voor de ouderenhuisvesting. Amsterdam: Stichting Sociale Gerontologie/Vakgroep Ruimtelijke Economie, Vrije Universiteit Amsterdam (Handleiding versie 1.0).
- GRUPE, F.H. (1990), Geographic information systems: an emerging component of decision support. *Journal of Information Systems Management* 7, pp. 74-78.
- GUARISO, G. & H. WERTHNER (1989), *Environmental decision support systems*. Chichester: Ellis Horwood.
- GUPTA, A., T.E. WEYMOUTH & R. JAIN (1991), An extended object oriented data model for large image databases. In: O. Gunther & H.J. Schek, eds., *Advances in spatial databases*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 45-61 (*Lecture Notes in Computer Science* no. 525).
- GUY, C.M. (1996), Corporate strategies in food retailing and their local impacts: a case study of Cardiff. *Environment and Planning A* 28, pp. 1575-1602.
- HAAR, P.W. TER (1993), Dynamic analysis for dynamic problems. In: J.J. Harts, H.F.L. Ottens & H.J. Scholten, eds., *EGIS'93 Conference Proceedings Fourth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*. Utrecht/Amsterdam: EGIS Foundation, pp. 746-753.
- HÄGERSTRAND, T. (1970), What about people in regional science. *Papers of the Regional Science Association XXIV*, pp. 7-21.
- HÄGERSTRAND, T. (1973), The domain of human geography. In: R.J. Chorley, ed., *Directions in geography*. London: Methuen, pp. 67-87.
- HAGGETT, P. & R.J. CHORLEY (1969), *Network analysis in geography*. London: Edward Arnold.
- HAN, S. & T.J. KIM (1989a), Can expert systems help with planning? *Journal of the American Planning Association* 55, pp. 296-308.
- HAN, S. & T.J. KIM (1989b), An application of expert systems in urban planning: site selection and analysis. *Computers, Environment and Urban Systems* 13, pp. 243-254.

- HANSEN, R.A. & T. DEUTSCHER (1977), An empirical investigation of attribute importance in retail store selection. *Journal of Retailing* 53, pp. 59-72.
- HANSEN, W.G. (1959), How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of planners* 25, pp. 73-76.
- HARRIS, B. (1989), Beyond geographic information systems, computers and the planning professional. *Journal of the American Planning Association* 55, pp. 85-90.
- HARRIS, B. & M. BATTY (1992), Locational models, geographic information and planning support systems. U.S.A.: National Center for Geographic Information and Analysis (Technical Paper Series no. 92-1).
- HASLETT, J., G. WILLS, & A. UNWIN (1990), SPIDER - an interactive statistical tool for the analysis of spatially distributed data. *International Journal of Geographical Information Systems* 4, pp. 285-296.
- HEALEY, R.G. (1991), Database management systems. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*, pp. 251-267. London: Longman.
- HEINHUIS, A. (1992), Kunnen ouderen met GIS uit de voeten? Selectie van woonvriendelijke zones voor ouderen met behulp van een geografisch informatie systeem. Nijmegen: Katholieke Universiteit Nijmegen (doctoraalscriptie Planologie).
- HENDERSON-SELLERS, B., I.M. GRAHAM & D. FIRESMITH (1998), Methods unification: the OPEN methodology. In: *Journal of Object Oriented Programming* 3.
- HENDRIKS, P. (1992), De modellering van ruimtelijke data voor beslissingsondersteunende systemen. In: H.J.P. Timmermans, A.L.J. Goethals & J.C. de Koning, eds., *Modelontwikkeling en geografische informatiesystemen*. Amsterdam: SISWO, pp. 107-127 (SISWO publicatie 362).
- HENDRIKS, P. & H. OTTENS, red. (1997), *Geografische informatie systemen in ruimtelijk onderzoek*. Assen: Van Gorcum.
- HERRING, J. (1992), TIGRIS: a data model for an object oriented geographical information system. *Computers and Geosciences* 18, pp. 443-452.
- HERRING, J.R. (1996), ORACLE7 spatial data option, advances in relational database technology for spatial data management (white paper).
- HERWIJNEN, M. VAN (1999), *Spatial decision support for environment management*. Amsterdam: IVM-VU (te verschijnen proefschrift).
- HEUVELMANS, E. (1993), *GIS voor de supermarkt*. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht (doctoraalscriptie Sociale Geografie).
- HEYDEN, R.E.C.M. VAN DER (1986), *A decision support system for the planning of retail facilities: theory, methodology and application*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- HEYDEN, R.E.C.M. VAN DER & G. VAN DER MEULEN (1985), DSS ook ter ondersteuning van ruimtelijk beleid. *Informatie* 27, pp. 586-590.
- HEYDEN, R.E.C.M. VAN DER & H.J.P. TIMMERMANS (1988), The spatial transferability of a decompositional multi-attribute preference model. *Environment and Planning A* 20, pp. 1013-1025.
- HEYDEN, R.E.C.M. VAN DER & G. VAN DER MEULEN (1989), Verschuivingen in de ruimtelijke besluitvorming. *Stedebouw en Volkshuisvesting* 70, pp. 4-10.
- HILBERS, H.D. & E.J. VERROEN (1993), Het beoordelen van de bereikbaarheid van lokaties: definiëring, maatstaven, toepassing en beleidsimplicaties. Delft: INRO-TNO.
- HILFERINK, M. & R. RINZEMA (1995), TEGIS: Telematica evaluatie geografisch informatiesysteem. *Economisch Bulletin* 26, pp. 24-28.
- HILLEGERSBERG, J. VAN (1997), *Metamodelling-based integration of object-oriented systems development*. Amsterdam: Thesis Publishers.
- HOENDERDOS, T. (1994), *Signaleringsystemen voor woning- en wijkbeheer*. Delft: Delftse Universitaire Pers.
- HOHENBALKEN, B. VON & D.S. WEST (1984), Manhattan versus euclid, market areas computed and compared. *Regional Science and Urban Economics* 14, pp. 19-35.
- HOPKINS, L.D. (1977), Methods for generating land suitability maps: a comparative evaluation. *AIP Journal*, pp.386-400.
- HOPKINS, L. (1984), Evaluation of methods for exploring ill-defined problems. *Environment and Planning B* 11, pp. 339-348.
- HOROWITZ, J.L. (1991), Modeling the choice of choice set in discrete-choice random-utility models. *Environment and Planning A* 23, pp. 1237-1246.
- HOUBEN, P. (1994), *De ontwikkelingsopgave in ouderenhuisvesting*. Assen: Van Gorcum.
- HOUBEN, P. (1995), Modernisering ouderenhuisvesting. *Rooilijn* 28, pp. 130-135.
- HUBBARD, R. (1978), A review of selected factors conditioning consumer travel behaviour. *Journal of Consumer Research* 5, pp. 7-21.
- HUBBERS, J. (1998), Helder modelleren met objecten. *Moderne toepassingsgebieden vragen om OO-modellering*. *Informatie* 40, pp. 22-27.
- HUFF, D.L. (1964), Defining and estimating a trading area. *Journal of Marketing* 28, pp. 34-38.
- HURRION, R.D. (1986), Visual interactive modelling. *European Journal of Operational Research* 23, pp. 281-287.

- INGRAM, D.R. (1971), The concept of accessibility: a search for an operational form. *Regional Studies* 5, pp. 101-107.
- ITS - Instituut voor Toegepaste Sociale Wetenschappen (1995), Checklist woonomgeving ouderen, instrument voor een samenhangend gemeentelijk ouderenbeleid. Nijmegen: ITS.
- JACKSON, J.L. (1992), Kennissystemen en cognitieve psychologie. In: R.J. Jorna & J.L. Simons, red., *Kennis in organisaties; toepassingen en theorie van kennissystemen*, pp. 50-77. Muiderberg: Coutinho.
- JACKSON, R.W. (1994), Object-oriented modelling in regional science: an advocacy view. *Papers in Regional Science: the Journal of the RSA* 73, pp. 347-367.
- JACKSON, M.J. & P.A. WOODSFORD (1991), GIS data capture hardware and software. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*, pp. 239-249. London: Longman.
- JACOBSON, I. & M. CHRISTERSON, P. JONSSON & G. ÖVERGAARD (1992), Object oriented software engineering a use case driven approach. Reading, MA: Addison-Wesley.
- JACOBSON, I. & M. CHRISTERSON (1995), A growing consensus on use cases. *Journal of object oriented programming* March April, pp. 15-19.
- JAIN, A.K. & V. MAHAJAN (1979), Evaluating the competitive environment in retailing using multiplicative competitive interactive model. *Research in Marketing* 2, pp.217-235.
- JANKOWSKI, P. (1995), Integrating geographical information systems and multi criteria decision-making methods. *International Journal of Geographical Information Systems* 9, pp. 251-273.
- JANKOWSKI, P. & L. RICHARD (1994), Integration of GIS-based suitability analysis and multi-criteria evaluation in a spatial decision support system for route selection. *Environment and Planning B* 21, pp. 323-340.
- JANSEN, G.R.M. (1970), *Het zoeken van een kortste route in een netwerk, een kwalitatieve analyse van enkele algorithmes*. Delft: Laboratorium voor verkeerstechniek.
- JANSSEN, R. & P. RIETVELD (1990), Multicriteria analysis and GIS: an application to agricultural landuse in the Netherlands. In: H.J. Scholten & J.C.H. Stillwell, eds., *Geographical information systems for urban and regional planning*. Dordrecht: Kluwer, pp. 129-142.
- JOHNSTON, D.M. & L.D. HOPKINS (1987), Expert systems in planning: the logic of uncertainty. *Town Planning Review* 58, pp. 342-346.
- JONES, K. & J. SIMMONS (1990), *The retail environment*. London: Routledge.
- JONES, M.R. (1991), Interactive modelling in decision support systems. *Interacting with Computers* 3, pp. 167-186.
- JONG, A. DE (1983), *Beslissingen*. Planning, Methodiek en Toepassing 17, pp 16-25.
- JORNA, R.J. (1992), Het representeren van kennis en kennisrepresentaties. In: R.J. Jorna & J.L. Simons, red., *Kennis in organisaties; toepassingen en theorie van kennissystemen*, pp. 176-200. Muiderberg: Coutinho.
- KAIN, J.F. & J.M. QUIGLEY (1970), Evaluating the quality of the residential environment. *Environment and Planning A* 2, pp. 23-32.
- KANE, B.J. (1966), *A systematic guide to supermarket location*. New York: Fairchild Publications.
- KAU, AH KENG & A.S.C. EHRENBERG (1984), Patterns of store choice. *Journal of Marketing Research* 21, pp.399-409.
- KEEN, P.G.W. (1987), Decision support systems: the next decade. *Decision Support Systems* 3, pp. 253-265.
- KEEN, P.G.W. & M.S. SCOTT MORTON (1978), *Decision support systems, an organizational perspective*. New York: Addison-Wesley.
- KEULEN, M. VAN & H.W. BRAND (1998), Trends in tools voor gegevensmodellering. *Informatie* 40, pp. 8-12.
- KILLEN, J.E. (1983), *Mathematical programming methods for geographers and planners*. London: Croom Helm.
- KIM, J., L.L. WIGGINS & J.R. WRIGHT, eds, (1990), *Expert systems: applications to urban planning*. New York: Springer Verlag.
- KNAAP, W.G. VAN DER (1992), The vector to raster conversion: (mis)use in geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 6, pp. 159-170.
- KOHSAKA, H. (1993), A monitoring and locational decision support system for retail activity. *Environment and Planning A* 25, pp. 197-211.
- KOOIJ, J. VAN DER (1991), Geo-demografische informatie op laag schaalniveau. *Planning, Methodiek en Toepassing* 41, pp. 26-39.
- KOOLHOVEN W. & J. WIND (1996), Domains in ILWIS: system knowledge about meaning of data. In: M. Rumor, R. McMillan & H.F.L. Ottens, eds., *JEC-GI'96 Proceedings Second Joint Conference and Exhibition on Geographical Information*. Amsterdam: IOS Press, pp. 77-80.
- KÖSTERS, G., B. PAGEL & H. SIX (1997), GIS-application development with GeoOOA. *International Journal of Geographical Information Systems* 11, pp. 307-335.
- KRAAK, M.J. (1996) *Exploratie van visuele gegevens*. *Kartografisch Tijdschrift* XXII, pp.5-12.
- KRAAK, M.J. (1998), *Exploratory cartography: maps as tools for discovery*. Enschede: ITC (inaugurale rede).
- KREUKELS, A.M.J. (1980), *Planning en planningproces, een verkenning van sociaal-wetenschappelijke theorievorming op basis van ruimtelijke planning*. 's Gravenhage: Vuga.

- KRISTEN, G. (1993), KISS-methode voor objectoriëntatie, van informatiearchitectuur naar informatiesysteem. Schoonhoven: Academic Service.
- LAFFRA, C. (1992), Procol, a concurrent object language with protocols, delegation, persistence and constraints. Rotterdam: Erasmus Universiteit.
- LAKSHMANAN, T.R. & W.A. HANSEN (1965), A retail market potential model. *Journal of the American Institute of Planners* 31, pp. 134-143.
- LAMBOOY, J.G. (1995), Regionale economische dynamiek, een inleiding in de economische geografie. Bussum: Coutinho.
- LAMMEREN, VAN R. (1994), Computer gebruik in de ruimtelijke planning, methodologische aspecten van ruimtelijke planvorming met behulp van informatieverwerkende systemen. Wageningen: Landbouwniversiteit Wageningen.
- LANDRY, M., D. PASCOT & D. BRIOLAT (1985), Can DSS evolve without changing our view of the concept of 'problem'? *Decision Support Systems* 1, pp. 25-36.
- LANGENDORF, R. (1992), The 1990s: information systems and computer visualisation for urban design, planning and management. *Environment and Planning B* 19, pp. 723-738.
- LAURINI, R. & D. THOMPSON (1992), *Fundamentals of Spatial information systems*. London: Academic Press (A.P.I.C. series 37).
- LEARY, M.E. (1988), Knowledge and reasoning in development control and urban design: an expert systems approach. *Environment and Planning B* 15, pp. 383-398.
- LEMMEN, K.A.M., H.T. PUNTER, L.M.M. DICKER, H.A. PLESSIUS, J.M. SCHOLTENS & K.E. VAN ZANTEN (1993), *Methodologie van informatiesysteemontwikkeling*. Heerlen: Open Universiteit.
- LENARD, M.L. (1988), Structured model management. In: G. Mitra, ed., *Mathematical models for decision support*. Berlin: Springer, pp. 375-391 (NATO ASI series F48).
- LEUNG, Y. & K.S. LEUNG (1993a), An intelligent expert system shell for knowledge-based geographical information systems: 1. the tools. *International Journal of Geographical Information Systems* 7, pp. 189-199.
- LEUNG, Y. & K.S. LEUNG (1993b), An intelligent expert system shell for knowledge-based geographical information systems: 2. some applications. *International Journal of Geographical Information Systems* 7, pp. 201-213.
- LIEROP, W. VAN (1985), *Spatial interaction modelling and residential choice analysis*. Hillegom: van Lierop Offset.
- LINDQUIST, J.D. (1974), Meaning of image: a survey of empirical and hypothetical evidence. *Journal of Retailing* 50, pp. 29-38.
- LOLONIS, P. & M.P. ARMSTRONG (1988), Design of an expert system for spatial planning. San Antonio: Proceedings GIS/LIS '88, pp. 800-809.
- LOUVIERE, J.J. (1981), A conceptual and analytical framework for understanding spatial and travel choices. *Economic Geography* 57, pp. 304-314.
- LOUVIERE, J.J. & G.J. GAETH (1987), Decomposing the determinants of retail facility choice using the method of hierarchical information integration: a supermarket illustration. *Journal of Retailing* 63, pp. 25-48.
- LOUVIERE, J. & H. TIMMERMANS (1990), A review of recent advances in decompositional preference and choice models. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 81, pp. 214-224.
- LOVE R.F. & J.G. MORRIS (1979), Mathematical models of road travel distances. *Management Science* 25, pp.130-39.
- LOWRY, I.S. (1964), *A model of metropolis*. Santa Monica: Rand Corporation.
- LUCARDIE, L. (1988), Relationele begripsanalyse en beslissingstabellen: aanzetten tot generalisatie. In: A.G.M. van der Smagt & P.H.J. Hendriks, red., *Methoden op een keerpunt*. Amsterdam/Nijmegen: Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap/Faculteit der Beleidswetenschappen Katholieke Universiteit Nijmegen, pp. 59-81 (Nederlandse Geografische Studies 77).
- LUCARDIE, L. (1994), Functional object types as a foundation of complex knowledge-based systems. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- LUCAS, P.J.F. & L.C. VAN DER GAAG (1988), *Principes van expertsystemen*. Schoonhoven: Academic Service.
- LUCE, R.D. (1959), *Individual choice behaviour: a theoretical analysis*. New York: John Wiley.
- LUPIEN, A.E., W.H. MORELAND & J. DANGERMOND (1987), Network analysis in geographical information systems. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 53, pp. 1417-1421.
- MAGUIRE, D.J. (1991), An overview and definition of GIS. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*. London: Longman, pp. 9-20.
- MAGUIRE, D.J. & J. DANGERMOND (1991), The functionality of GIS. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*. London: Longman, pp. 319-335.

- MAGUIRE, D.J. (1995), Implementing spatial analysis and GIS applications for business and service planning. In: P. Longley & G. Clarke, eds., *GIS for business and service planning*, pp. 171-191. Cambridge: GeoInformation International.
- MAHAJAN, V., S. SHARMA & D. SRINIVAS (1985), An application of portfolio analysis for identifying attractive retail locations. *Journal of Retailing* 61, pp. 19- 34.
- MAINGUENAUD, M. (1995), Modelling the network component of geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 9, pp. 575-593.
- MALCZEWSKI, J. & W. OGRYCZAK (1990), An interactive approach to the central facility location problem: locating pediatric hospitals in Warsaw. *Geographical Analysis* 22, pp. 244-258.
- MARTIN, J. & J.J. ODELL (1992), *Object-oriented analysis and design*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- MARX, R.W. (1990), The TIGER system: automating the geographic structure of the United States Census. In: D.J. Peuquet & D.F. Marble, eds., *Introductory readings in geographic information systems*. London: Taylor and Francis, pp. 121-141.
- MASRI, A. & J.E. MOORE (1993), Integrated planning information systems: context, design requirements, and prospects. *Computers, Environment and Urban Systems* 17, pp. 491-511.
- MATTOS, N.M., K. MEYER-WEGENER & B. MITSCHANG (1993), Grand tour of concepts for object-orientation from a database point of view. *Data and Knowledge Engineering* 9, pp. 321-352.
- MCCARTHY, P.S. (1980), A study of the importance of generalized attributes in shopping choice behaviour. *Environment and Planning A* 12, pp. 1269-1286.
- MCFADDEN, D. (1974) *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behaviour*. In: Zarembka, P. (ed.) *Frontiers in Econometrics*, Academic Press, New York and London.
- MENEGOLO, L. & R.J. PECKHAM (1996), A fully integrated tool for site planning using multiple criteria evaluation techniques within a GIS. In: M. Rumor, R. McMillan en H.F.L. Ottens, eds., *Geographical Information, from research to application through cooperation (Proceedings Second Joint Conference and Exhibition on Geographical Information)*, pp. 621-630. Amsterdam: IOS Press.
- MEULEN, VAN DER G.G. (1992), Geographical information and decision support system. *Computers, Environment and Urban Systems* 16, pp. 187-193.
- MILLER, H.J. (1991), Modelling accessibility using space-trime prism concepts within geographical information systems. *International Journal of geographical Information Systems* 5, pp. 287-301.
- MILNE, P., S. MILTON & J.L. SMITH (1993), Geographical object-oriented databases: a case study. *International Journal of Geographical Information Systems* 7, pp. 39-56.
- MINISTERIE VROM - Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (1992), *Ouderen en woonomgeving, inrichtingseisen voor woonmilieus gericht op ouderen*. Den Haag: VROM (stadvernieuwing en verstedelijking nummer 21).
- MISSEYER, M. (1999), *Time, area, substance and human activity referenced emission inventory. Towards a generic instrument for environmental policy monitoring*. Amsterdam: Vrije Universiteit (te verschijnen proefschrift).
- MOLEN, F. VAN DER (1993), *Woongedrag en huisvesting van ouderen*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- MOLENAAR, M. (1989), Single-valued vector maps - a concept in GIS. *Geo-informationssysteme* 2, pp. 18-26.
- MOORE, L. (1989), Modelling store choice: a segmented approach using stated preference analysis. *Transactions of the [nstitute of British Geographers* 14, pp. 461 -477.
- MOORE, L. (1990), Segmentation of store choice models using stated preferences. *Papers of the Regional Science Association* 69, pp. 121-131.
- MOREHOUSE, S. (1992), The ARC/INFO geographic information system. *Computers and geosciences* 18, pp. 435-441.
- MÜLLER, J.C., J.-P. LAGRANGE & R. WEIBEL, eds. (1996), *GIS and generalization: methodology and practice*. London: Taylor and Francis (GISDATA SERIES 1).
- NAKANISHI, M. & L.G. COOPER (1974), Parameter estimates for multiplicative competitive interaction models - least squares approach. *Journal of Marketing Research* 11, pp. 303-311.
- NEVIN, J.R. & M.J. HOUSTON (1980), Image as a component of attraction to intraurban shopping areas. *Journal of retailing* 56, pp. 77-93.
- NEWELL, A. & H.A. SIMON (1972), *Human problem solving*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- NGGO - Nederlandse Gebruikersgroep van Gestructureerde Ontwikkelingsmethoden (1994), *13 Methoden voor object-georiënteerde systeemontwikkeling*. 's-Hertogenbosch: Tutein Nolthenius.
- NIJKAMP, P. (1996), Van Magelhaens naar internet: op weg naar ruimtelijk-economische meta-analyse, pp 7-18. In: Spinoza 96. Den Haag: NWO.

- NIJKAMP, P. (1984), Information systems: a general introduction. In: P. Nijkamp & P. Rietveld, eds., *Information systems for integrated regional planning*, pp. 12-22. Amsterdam: North-Holland.
- NIJKAMP, P. & W. DE JONG (1988), *Informatica en ruimtelijk beleid*. In: G. van der Meulen, red., *Informatica en ondersteuning van ruimtelijke besluitvorming*, pp. 109-129. Eindhoven: Technische Universiteit (Bouwstenen 11).
- NIJKAMP, P. & A. REGGIANI (1992), *Interaction, evolution and chaos in space*. Berlin: Springer-Verlag.
- NIJKAMP, P. & P. RIETVELD, eds. (1984), *Information systems for integrated regional planning*. Amsterdam: North-Holland.
- NIJKAMP, P. & H.J. SCHOLTEN (1990), New information systems: the use of retail information systems in the Netherlands. *Netherlands Journal of Housing and Environmental Research* 5, pp. 209-224.
- NIJKAMP, P. & H.J. SCHOLTEN (1993), Spatial information systems: design, modelling and use in planning. *International Journal of Geographical Information Systems* 7, pp. 85-96.
- NIJKAMP, P., P. RIETVELD & H. VOOGD (1990), *Multicriteria evaluation in physical planning*. Amsterdam: North Holland.
- NOZEMAN, E.F. & E.J. SCHAAFSMA (1991), Supermarkten op schaal. Ruimtelijke gevolgen van schaalvergroting in de levensmiddelenhandel. Amsterdam: UVA - PDI (Verkenningen).
- NOUR, M.A. & D. YEN (1992), Group DSS, towards a conceptual foundation. *Information and Management* 23, pp. 55-64.
- NYERGES, T.L. (1991), Geographic information abstractions: conceptual clarity for geographic modeling. *Environment and Planning A* 23, pp. 1483-1499.
- NYSTUEN, J.D. (1984), Comment on 'Artificial intelligence and its applicability to geographical problem solving'. *The Professional Geographer* 36, pp. 358-359.
- OBJECT|FX (1997), Object|FX visually manage your business. [Http://www.objectfx.com](http://www.objectfx.com).
- OCV - Overlegcommissie Verkenningen (1996), *Geen toekomst zonder informatica; toekomstverkenning informatica 1996-2005*. Amsterdam: Overlegcommissie Verkenningen.
- OGC - Open GIS Consortium (1996), *The OpenGIS abstract specification: an object model for interoperable geoprocessing, revision 1*. Wayland: OGC (OpenGIS Project document 96-015R1).
- OGC - Open GIS Consortium Inc. (1996), *The OpenGIS Guide: Introduction to interoperable geoprocessing. Part I of the Open Geodata Interoperability Specification*. Wayland, Massachusetts: OGC.
- OOSTEROM, P. VAN (1993), *Reactive data structures for Geographic Information Systems*. Oxford: Oxford University Press.
- OOSTEROM, P. VAN & T. VIJLBRIEF (1991), Building a GIS on top of the open DBMS "Postgress". In: J.J. Harts, H.F.L. Ottens & H.J. Scholten, eds., *EGIS'91 Proceedings Second European Conference on Geographical Information Systems*. Utrecht: EGIS Foundation, pp. 775-787.
- OOSTEROM, P. VAN & C.H.J. LEMMEN (1996), Efficient access to very large spatial database. In: M. Rumor, R. McMillan & H.F.L. Ottens, eds., *JEC-GI'96 Proceedings Second Joint Conference and Exhibition on Geographical Information*. Amsterdam: IOS Press, pp. 814-823.
- OPENSHAW, S. (1986), Modelling relevance. *Environment and Planning A* 18, pp. 143-150.
- OPENSHAW, S. (1988), Building an automated modelling system to explore the universe of spatial interaction models. *Geographical Analysis* 20, pp. 31-46.
- OPENSHAW, S. (1990), Spatial analysis and geographical information systems: a review of progress and possibilities. H.J. Scholten & J.C.H. Stillwell, eds., *Geographical information systems and urban and regional planning*. Dordrecht: Kluwer, pp. 153-163.
- OPENSHAW, S. (1991), Developing appropriate spatial analysis methods for GIS. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*. London: Longman, pp. 389-402.
- OPENSHAW, S. (1992), Some suggestions concerning the development of artificial intelligence tools for spatial modelling and analysis in GIS. *Annals of Regional Science* 16, pp. 35-51.
- OPENSHAW, S. (1996), Parallel computing applications in GIS. In: M. Rumor, R. McMillan en H.F.L. Ottens, eds., *JEC-GI'96 Proceedings Second Joint Conference and Exhibition on Geographical Information*. Amsterdam: IOS Press, pp. 661-670.
- OPENSHAW, S., A. CROSS & M. CHARLTON (1990), Building a prototype geographical correlates exploration machine. *International Journal of Geographical Information Systems* 3, pp. 297-312.
- OPENSHAW, S. & G. CLARKE (1996), Developing spatial analysis functions relevant to GIS Environments. In: M.M. Fischer, H.J. Scholten & D. Unwin, eds., *Spatial analytical perspectives in GIS*. London: Taylor and Francis, pp. 21-37 (GISDATA SERIES 4).
- OPENSHAW, S. & J. GODDARD (1987), Some implications of the commodification of information and the emerging information economy for applied geographical analysis in the United Kingdom. *Environment and Planning A* 19, pp. 1423-1439.
- OPENSHAW, S., S. CARVER & J. FERNIE (1990), *Britain's nuclear waste, safety and siting*. London: Belhaven Press.

- OPPEWAL, H. (1995), Conjoint experiments and retail planning. Modelling consumer choice of shopping centre and retailer reactive behaviour. Eindhoven: Technische Universiteit Faculteit Bouwkunde (Bouwstenen 32).
- ORMELING, F.J. & M.J. KRAAK (1990), Kartografie, visualisatie van ruimtelijke informatie. Delft: Delftse Universitaire Pers.
- OTTENS, H.F.L. (1990), The application of geographical information systems in urban and regional planning. In: H.J. Scholten & J.C.H. Stillwell, eds., *Geographical information systems and urban and regional planning*. Dordrecht: Kluwer, pp. 15-22.
- PELOUX, J.P. & P. RIGAUX (1995), A loosely coupled interface to an object oriented geographic database. In: A.U. Frank & W. Kuhn, eds. *Spatial information theory, a theoretical basis for GIS*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 123-137 (Lecture Notes in Computer Science no. 988).
- PARIDAEN, R. (1994), Gegevensonderzoek Overvecht, deelonderzoek ten behoeve van het wijkperspectief. Utrecht: Gemeente Utrecht - Bestuursinformatie.
- PARK, W., R.W. HUGHES, V. THUKRAL & R. FRIEDMAN (1981), Consumers' decision plans and subsequent choice behavior. *Journal of Marketing* 45, pp. 33-47.
- PARKER, B.J. & G.A. AL-UTAIBI (1986), Decision support systems: the reality that seems to be too hard to accept? *OMEGA, International Journal of Management Science* 14, pp. 135-143.
- PETERSON, K. (1993), Spatial decision support systems for real estate investment analysis. *International Journal of Geographical Information Systems* 7, pp. 379-392.
- PEREIRA, J.M.C & L. DUCKSTEIN (1993), A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation. *International Journal of Geographical Information Systems* 7, pp. 407-424.
- PEREIRA, A.G., G. MUNDA & M. PARUCCINI (1994), Generating alternatives for siting retail and service facilities using genetic algorithms and multiple criteria decision techniques. *Journal of Retailing and Consumer Services* 1, pp. 40-47.
- PEUQUET, D.J. (1988), Representations of geographic space: toward a conceptual synthesis. *Annals of the Association of American Geographers* 78, pp. 375-394.
- PEUQUET, D.J. (1990), A conceptual framework and comparison of spatial data models. In: D.J. Peuquet & D.F. Marble, eds., *Introductory readings in geographic information systems*. London: Taylor and Francis, pp. 209-214.
- PEUQUET, D.J. & D. MARBLE (1990), ARC/INFO: an example of a contemporary geographic information system. In: D.J. Peuquet & D.F. Marble, eds., *Introductory readings in geographic information systems*. London: Taylor and Francis, pp. 90-99.
- PLATE, E.F. & M. TER STEGE (1991), Postcode-gegevens als instrument voor ruimtelijke planning. *Planning, Methodiek en Toepassing* 41, pp. 15-25.
- PPD Noord-Holland (1989), Woonvriendelijke zones voor ouderen. Haarlem: PPD Noord-Holland (Signalen 2).
- PRED, A. (1967), Behavior and location. *Foundations for a geographic and dynamic location theory, Part I*. Lund: Gleerup (Lund studies in Geography 27).
- PRED, A. (1969), Behavior and location. *Foundations for a geographic and dynamic location theory, Part II*. Lund: Gleerup (Lund studies in Geography 28).
- PREE, W. (1995), Design patterns for object-oriented software development. Reading: Addison-Wesley.
- PREPARATA, F.P. & M.I. SHAMOS (1985), Computational geometry. New York: Springer Verlag.
- PROVINCE OF BRITISH COLUMBIA (1995), Spatial Archive and Interchange Format: formal definition. Canada: Province of British Columbia. (British Columbia Specifications and Guidelines for Geomatics - Reference Series Volume 1).
- PUTMAN, S.H. (1991), Integrated urban models 2: new research and applications of optimization and dynamics. London: Pion.
- RAAIJMAKERS, A.L.P., G.J.F. LEENE (red.), M. GROTHE, J. PISTERS, B. TENG & J. VOERMANS (1992), Woonvriendelijke zones voor ouderen verkend. Amsterdam: Centrale Wetenschapswinkel, Vrije Universiteit Amsterdam.
- RAAIJMAKERS, A., M. VAN DER BEEK & I. ROHDE (1996), Woonomstandigheden van ouderen in Overvecht verkend. Een GIS-zoneringsonderzoek en marktonderzoek. Amsterdam: Stichting Toegepaste Gerontologie, Vrije Universiteit Amsterdam.
- RALSTON, B.A. (1994), Object oriented spatial analysis. In: A.S. Fotheringham & P.A. Rogerson, eds., *Spatial analysis and GIS*. London: Taylor & Francis, pp. 165-185.
- RAPER, J.F. (1991), User interfaces. In: I. Masser & M. Blakemore, eds., *Handling Geographical Information*. London: Longman, pp. 102-114.
- RAPER, J.F. & D.J. MAGUIRE (1992), Design models and the functionality of GIS. *Computers and Geosciences* 18, pp. 387-394.
- RAPER, J., D. RHIND & J. SHEPHERD (1992), Postcodes the new geography. Essex: Longman.
- RAVI - Overlegorgaan voor Vastgoedinformatie (1995), Nationale geo-informatie infrastructuur (NGII). Amersfoort: Ravi.

- RAVI - Overlegorgaan voor Vastgoedinformatie (1996), Projectvoorstel nationaal clearinghouse geo-informatie t.b.v. actielijn 5 van het NAP. Amersfoort: Ravi.
- RECKER, W.W. & L.P. KOSTYNIUK (1978), Factors influencing destination choice for urban grocery shopping trips. *Transportation* 7, pp. 19-33.
- REILLY, W.J. (1931), *The law of retail gravitation*. New York: Knickerbocker Press.
- REITSMA, R.F. (1990), Functional classification of space, aspects of site suitability assessment in a decision support environment. Luxemburg: IIASA.
- RIJSENBRIJ, D.B.B. (1993), Basisconcepten in systeemontwikkeling. *Informatie* 35, pp. 664-678.
- RICH, D.C. (1980), Potential models in human geography. *Concepts and Techniques in Modern Geography* 26.
- RITSEMA-VAN ECK, J.R. (1993), Analyse van transportnetwerken in GIS voor sociaal-geografisch onderzoek. Utrecht: Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap/Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit Utrecht (Nederlandse Geografische Studies 164).
- ROBINSON, V.B. & J.C. COINER (1986), Characteristics and diffusion of a microcomputer geoprocessing system: the urban data management software (UDMS) package. *Computers, Environment and Urban Systems* 10, pp. 165-173.
- RODRIGUES, A., J. RAPER & M. CAPITAO (1995), Implementing intelligent agents for spatial information. In: M. Rumor, R. McMillan & H.F.L. Ottens, eds., *JEC-GI'95 Proceedings Joint European Conference and Exhibition on Geographical Information*. Basel: AKM Messen AG, pp. 169-174.
- ROETZHEIM, W. (1992), *C++ programmeren in windows 3.1*. Utrecht: Bruna.
- ROGERSON, R.J., A.M. FINDLAY, A.S. MORRIS & M.G. COOMBES (1989), Indicators of quality of life: some methodological issues. *Environment and Planning A* 21, pp. 1655-1666.
- ROURS, P. & J. VELTMAN (1996), Model-gebaseerd onderhoud. *Informatie* 38, pp. 12-18.
- ROUSSILHE, C. & J.P. PELOUX (1996), OGQL, object geographic query language for object GIS. In: M. Rumor, R. McMillan & H.F.L. Ottens, eds., *JEC-GI'96 Proceedings Second Joint Conference and Exhibition on Geographical Information*. Amsterdam: IOS Press, pp. 53-62.
- ROWLES, G.D. (1986), The geography of ageing and the aged: toward an integrated perspective. *Progress in Human Geography* 10, pp. 511-539.
- ROY, G.G. (1996), Citylife: as study of cellular automata in urban dynamics. In: M.M. Fischer, H.J. Scholten & D. Unwin, eds., *Spatial analytical perspectives in GIS*, pp. 213-228. London: Taylor and Francis (GISDATA SERIES 4).
- RUMBAUGH, J. (1994a) Getting started. Using use cases to capture requirements. *Journal of object oriented programming* 9, pp. 8-23.
- RUMBAUGH, J. (1994b) Going with the flow. *Journal of object oriented programming* 3, pp. 12-22.
- RUMBAUGH, J. (1995a) OMT: the development process. *Journal of object oriented programming* 2, pp. 8-76.
- RUMBAUGH, J. (1995b) OMT: the functional model. *Journal of object oriented programming* 3, pp. 10-14.
- RUMBAUGH, J. (1996) To form a more perfect union: unifying the OMT and Boochs methods. *Journal of object oriented programming* 1, pp. 14-18.
- RUMBAUGH, J., M. BLAHA, W. PREMERLANI, E. FREDERICK & W. LORENSON (1991), *Object-oriented modelling and design*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- RUSHTON, G. (1969), Analysis of spatial behaviour by revealed space preference. *Annals of the Association of American Geographers* 59, pp. 391-400.
- SANDERS, L. (1996), Dynamic modelling of urban systems. In: M.M. Fischer, H.J. Scholten & D. Unwin, eds., *Spatial analytical perspectives in GIS*, pp. 228-247. London: Taylor and Francis (GISDATA SERIES 4).
- SCHAAL-LEHR, C., J.A. RADEMAKER & E. KREUTZBERGER (1991), Signaleringsstelsel voor stedelijk beheer, een pilotstudie in de stad Groningen. *Technisch-bestuurlijke verkenningen* 14. Delft: Delftse Universitaire Pers.
- SCHAIK, F.D.J. VAN (1988), *Effectiveness of decision support systems*. Delft: Delft University Press.
- SCHRAMA, L. (1989), *Persoonlijk computergebruik in organisaties*. Amsterdam: Addison-Wesley.
- SNEIDER, B. (1994), Object programming for spatial problems: definition of a basic set of spatial classes. In: J.J. Harts, H.F.L. Ottens & H.J. Scholten, eds., *EGIS/MARI'94 Conference Proceedings Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*. Utrecht/Amsterdam: EGIS Foundation, pp. 57-66.
- SCHOLL, M. & A. VOISARD (1992), Geographic applications: an experience with O₂. In: F. Bancelhon, C. Delobel & P. Kanellakis, eds., *Building an object-oriented database system, the story of O₂*. San Mateo, CA: Morgan Kaufman, pp. 585-618.

- SCHOLTEN, H.J. (1991), Het vakgebied der ruimtelijke informatica; de wetenschappelijke en maatschappelijke relevantie van de ruimtelijke component van informatie. Rede uitgesproken ter aanvaarding van het ambt als hoogleraar in de ruimtelijke informatica aan de faculteit der Economische Wetenschappen en Econometrie. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- SCHOLTEN, H.J. & A. LOCASHIO (1997), GIS Application Research: History, Trends and Developments. In: GISDATA, European Science Foundation Social Science Programme, Geographic Information Research at the Millennium, GISDATA Final Conference, Le Bischenberg, France, 13-17 September 1997, pp. 38 -51.
- SCHOLTEN, H.J. & P.PADDING (1990), Working with geographic information systems in a policy environment. *Environment and Planning B* 17, pp. 405-416.
- SCHOLTEN, H.J. & S. OPENSHAW (1991), Ruimtelijke analyse en geografische informatie systemen: een uitdaging voor de jaren negentig. In: H.J.P. Timmermans, A.L.J. Goethals & J.C. de Koning, eds., *Modelontwikkeling en geografische informatiesystemen*. Amsterdam: SISWO, pp. 7-25. (SISWO publicatie 362).
- SCHULER, H.J. (1979), A disaggregate store-choice model of spatial decision-making. *Professional Geographer* 31, pp. 146-156.
- SCHUTJENS, V. (1993), Dynamiek in het draagvlak, huishoudensontwikkelingen en winkelbestedingen in oudere naoorlogse wijken. Utrecht: Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap/Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen Universiteit Utrecht (*Nederlandse Geografische Studies* 170).
- SEN, A. & T.E. SMITH (1995), *Gravity models of spatial interaction behavior*. Berlin: Springer-Verlag.
- SEV - Stuurgroep Experimenten Volkshuiving (1993), *Seniorenlabel, consumentenkeurmerk voor ouderenhuisvesting*. Rotterdam: SEV.
- SEV - Stuurgroep Experimenten Volkshuiving (1995), *Seniorenscore en opplussen, aanpassingen voor bestaande woningen*. Rotterdam: SEV.
- SHAW, S. (1993), GIS for urban travel demand analysis: requirements and alternatives. *Computers, Environment and Urban Systems* 17, pp. 15-29.
- SHEPHERD, I.D.H. (1991), Information integration and GIS. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*. London: Longman, pp. 337-360.
- SHLEAR, S & S.J. MELLOR (1992), *Object lifecycles, modeling the world in states*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- SIMON, H.A. (1959), Theories of decision making in economic and behavioural sciences. *The American Economic Review* 49, pp. 253-283.
- SIMON, H.A. (1960), *The new science of management decision*. New York: Harper and Row.
- SINTON, D.F. (1991), *Reflections on 25 Years of GIS*. Denver: GIS World Inc.
- SMAGT, T. VAN DER & L. LUCARDIE (1991), Decision-making under not well-defined conditions: from data processing to logical modelling. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 82, pp. 295-304.
- SMEETS, J. & P. NUYTEN (1992), Signaleringsystemen in het kader van stads - en buurtbeheer. In: J. Smeets, red., *Handboek stedelijk beheer*. 's Gravenhage: VUGA.
- SMITH, T.R., J.W. PELLEGRINO & R.G. GOLLEDGE (1982), Computational process modeling of spatial cognition and behavior. *Geographical Analysis* 14, pp. 305-325.
- SMITH, T.R. & C.G. LUNDBERG (1984), Psychological foundations of individual choice behaviour and a new class of decision making models. In: G. Bahrenberg, M.M. Fisher & P. Nijkamp, eds., *Recent developments in spatial data analysis: methodology, measurement and models*. Aldershot: Gower, pp. 355-373.
- SMITH, T.R., W.A.V. CLARK & J.W. COTTON (1984), Deriving and testing production sequential decision-making behavior. *Geographical Analysis* 16, pp. 191-222.
- SMITH, T.R. & J. YANG (1991), Knowledge-based approaches in GIS. In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind, eds., *Geographical information systems: principles and applications*. London: Longman, pp. 413-425.
- SPIEKERMAN, K. & M. WEGENER (1995), Freedom from the tyranny of zones: towards new GIS-based spatial models. Paper presented at the GISDATA Specialist Meeting on GIS and Spatial Models: New potential for new models?, Stockholm 14-18 June 1995.
- SOL, H.G. (1988), Beslissingsondersteunende systemen. In: G. van der Meulen, red., *Informatica en ondersteuning van ruimtelijke besluitvorming*, pp. 109-129. Eindhoven: Technische Universiteit (Bouwstenen 11).
- SOMMERVILLE, I. (1995), *Software engineering*. Reading MA: Addison-Wesley.
- SPOONER, R. (1990), Integrating analysis with information: the analytical tool box. *Mapping Awareness* 4, pp. 55-67.
- SPRAGUE, R.H. (1989) A framework for the development of decision support systems. *Management Information Sciences Quarterly* 4, pp.1-26.
- SPRAGUE, R.H. & E.D. CARLSON (1982) *Building effective decision support systems*. Englewood Cliffs NJ: Prentice-Hall.
- SPRAGUE, R.H. & H.J. WATSON, eds. (1986), *Decision support systems: putting theory into practice*. Englewood Cliffs NJ: Prentice-Hall.

- STABELL, C.B (1987), Decision support systems: alternative perspectives and schools. *Decision Support Systems* 3, pp 243-251.
- STANLEY, T.J & M.A. SEWALL (1978), Predicting Supermarket Trade: Implications for Marketing Management. *Journal of Retailing* 54, pp. 13-22.
- STEINITZ, C. (1993a), GIS: a personal historical perspective. *GIS Europe* 2, pp.19-22.
- STEINITZ, C. (1993b), A framework for theory and practice in landscape planning. *GIS Europe* 2, pp.42-45.
- STEINITZ, C. (1993c), The changing face of GIS from 1965-1993. *GIS Europe* 2, pp.38-40.
- STONEBRAKER. M. (1995), Object-relational DBMS: The next great wave. San Francisco: Morgan Kaufman Publishers.
- STONEBRAKER. M. (1997a), Architectural options for object-relational DBMSs. California: Informix (Informix white paper).
- STONEBRAKER. M. (1997b), Limitations of Spatial simulators for relational DBMSs. California: Informix (Informix white paper).
- STOUFFER, S.A. (1969), Intervening opportunities and competing migrants. *Journal of Regional Science* 2, pp. 1-26.
- STUW (1996), Overzicht plateau-liftenprojecten Overvecht. Utrecht: STUW.
- SUH, S., M.P. KIM & T.J. KIM (1988), ESMAN: an expert system for manufacturing site selection. *Computers, Environment and Urban Systems* 12, pp. 239-252.
- SUMRADA, R. (1995) Object-oriented GIS standardization trends. In: M. Rumor, R. McMillan & H.F.L. Ottens, eds., JEC-GI'95 Proceedings Joint European Conference and Exhibition on Geographical Information. Basel: AKM Messen AG, pp. 157-162.
- SUN MICROSYSTEMS (1996), The Java language, a white paper. [Http://java.sun.com](http://java.sun.com).
- SWIGCHEM, C. VAN (1987), Bestuurlijke informatieverzorging. Schoonhoven: Academic Service.
- TANG, A.I., T.M. ADAMS & E.L. USERY (1996), A spatial data model design for feature-based geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 10, pp. 643-659.
- TANIC, E. (1986), Urban planning and artificial intelligence: the URBYS system. *Computers, Environment and Urban Systems* 10, pp. 135-146.
- TAYLOR, D.A. (1991), Object-georiënteerde technologie. Dordrecht:Kluwer.
- THE ECONOMIST (1992), The delight of digital maps. *The Economist* March 21st-27th, pp. 75-76.
- THILL, J. (1992), Choice set formation for destination choice modelling. *Progress in Human Geography* 16, pp. 361-382.
- TIMMERMANS, H.J.P. (1980), Modellering van ruimtelijke keuze- en beslissingsprocessen van consumenten: theorie, methode en empirische toepassing. *Planning, Methodiek en Toepassing* 12, pp. 3- 14.
- TIMMERMANS, H.J.P. (1981), Ruimtelijk consumentengedrag, detailhandelsstructuren, en distributieplanning, beknopte inleiding in de geografie van de detailhandel. Antwerpen: Bohn, Scheltema & Holkema.
- TIMMERMANS, H.J.P. (1984), Decision models for predicting preferences among multiattribute choice alternatives. In: G. Bahrenberg, M.M. Fisher & P. Nijkamp, eds., Recent developments in spatial data analysis: methodology, measurement and models. Aldershot: Gower, pp. 337-355.
- TIMMERMANS, H.J.P. (1988), Multi-attribuut preferentie en beslissingsmodellen: theorie, methoden en technieken. In: A.G.M. van der Smagt & P.H.J. Hendriks, red., Methoden op een keerpunt. Amsterdam/Nijmegen: NGS, pp. 13-37 (Nederlandse Geografische Studies 77).
- TIMMERMANS, H. (1994), Decision support systems in urban planning and design. *Environment and Planning B* 21, pp. 1-4.
- TIMMERMANS, H. (1997), Het bouwen van een glazen bol. *Beyond* 2, pp. 32-33.
- TIMMERMANS, H. (1998), GIS en GPS ondersteunen onderzoek naar activiteitenpatronen. *Beyond* 3, pp. 30-31.
- TIMMERMANS, H. & R. VAN DER HEYDEN (1987), Uncovering spatial decision-making processes: a decision net approach applied to recreational choice behaviour. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 78, pp. 297-304.
- TIMMERMANS, H. & R.G. GOLLEDGE (1990), Applications of behavioural research on spatial problems II: preference and choice. *Progress in Human Geography* 14, pp. 311-354.
- TIMMERMANS, H., A. BORGERS & P. VAN DER WAERDEN (1992), Choice experiments versus revealed choice models: a before-after study of consumer spatial shopping model. *The Professional Geographer* 44, pp. 406-416.
- TOBLER, W. (1979), Cellular geography. In: S. Gale & G. Olsson, eds., *Philosophy in geography*, pp.379-386. Dordrecht: Reidel.
- TOLIDO, R.J.H. (1993), Objectoriëntatie en CASE, een verkennende studie. *Informatie* 35, pp .757-765.
- TOMLIN, C.D. (1990), Geographic information systems and cartographic modeling. Englewood Cliffs, New York: Prentice Hall.
- TOMLINSON, R.F. (1990) Geographic Information Systems - a new Frontier. In: D.J. Peuquet & D.F. Marble, eds., *Introductory readings in geographic information systems*, pp. 18-29. London: Taylor and Francis.
- TOSTA, (1995), National spatial data infrastructure activities within the United States. In: M. Rumor, R. McMillan & H.F.L. Ottens, eds., JEC-GI'95 Proceedings Joint European Conference and Exhibition on Geographical Information. Basel: AKM Messen AG, pp. 18-21.
- TURBAN, E. (1993), Decision support and expert systems: management support systems. New York: Macmillan Publishing Company.

- TURBAN, E. & J.G. CARLSON (1989), Interactive visual decision making. In: R.H. Sprague Jr. & H.J. Watson, eds., *Decision support systems: putting theory into practice*, pp. 170-182. London: Prentice-Hall.
- TURPIJN, J. & M. VAN DER HORST (1993), *Kijken in Overvecht, gesprekken met bewoners en instellingen in Overvecht*. Overvecht: Wijkbureau.
- UNITED STATES BUREAU OF THE CENSUS (1990), Technical description of the DIME system. In: D.J. Peuquet & D.F. Marble, eds., *Introductory readings in geographic information systems*. London: Taylor and Francis, pp. 100-111.
- UNWIN, A., G. WILLS & K. RYBACZUK (1992), Interactive graphical tools for geographic data. In: *Proceedings 'Seminar Exploratory Spatial Data Analysis'*. Amsterdam: Department of Regional Economics, Vrije Universiteit Amsterdam.
- UNWIN, D. (1996), Integration through overlay analysis. In: M.M. Fischer, H.J. Scholten & D. Unwin, eds., *Spatial analytical perspectives in GIS*. London: Taylor and Francis, pp. 127-137 (GISDATA SERIES 4).
- VANDENBULCKE, J. (1998), Met componentensoftware naar een wendbare onderneming. *Informatie* 40, pp. 6-12.
- VAZSONYI, A. (1982), Decision support systems, computer literacy, and electronic models. *Interfaces* 12, pp. 74-78.
- VELD, J. IN 'T (1989), *Manager en informatie, informatiesystemen met of zonder computer*. Leiden: Stenfert Kroese.
- VELD, D. OP 'T, E. BIJLSMA, G. ESHUIS & J. BOSTEN (z.j.), *Goodness-of-fit? Een aantal goodness-of-fit maten op hun gedrag vergeleken*. Delft: TNO Planologische Studiecetrum.
- VELD, D. OP 'T, E. BIJLSMA, J. STARMANS & H. TIMMERMANS (1987), *Kennissystemen in de ruimtelijke planning*. *Planning, Methodiek en Toepassing* 29, pp. 2-10.
- VELD, S.F.N VAN 'T, red. (1990), *16 Methoden voor systeemontwikkeling: een vergelijkend rapport van de NGGO*. Amsterdam: Tutein Nolthenius.
- VELTMAN, M. (1995), *Wijkprognoses Utrecht onder verrassingsvrij scenario*. Utrecht: Gemeente Utrecht Bestuursinformatie.
- VERHALLEN, T.M.M. & G.J. DE NOOIJ (1982), Retail attribute sensitivity and shopping patronage. *Journal of Economic Psychology* 2, pp. 39-55.
- VOISARD, A. (1991), Towards a toolbox for geographic user interfaces. In: O. Gunther & H.J. Schek, eds., *Advances in spatial databases*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 75-97 (Lecture Notes in Computer Science no. 525).
- VOS, I.J. (1991), *DIS en Schuitema. Distributieve ontwikkelingen in de "90-er" jaren*. Bussum: Schuitema Vastgoed B.V..
- VREVEN, A.A. (1994), Open systemen. *Informatie* 36, pp. 60-70.
- VRIENS, D. (1993), A scenario based decision support system for locational decision making. In: W.F. Slegers & A.L.J. Goethals, red., *Quantitative geographical methods*. Amsterdam: SISWO, pp. 139-166 (SISWO publication 366).
- VROM - Ministerie van Volkhuysvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (1992), *Ouderen en woonomgeving. Inrichtingseisen voor woonmilieus gericht op ouderen*. Zoetermeer: VROM.
- WANG, F. (1994), The use of artificial neural networks in a geographic information system for agricultural land-suitability assessment. *Environment and Planning A* 26, pp. 265-684.
- WARMER, J. & A. KLEPPE (1996), *Praktisch OMT*. Amsterdam: Addison-Wesley.
- WARNES, A.M. (1990), Geographical questions in gerontology: needed directions for research. *Progress in Human Geography* 14, pp. 24-56.
- WEBSTER, C.J. (1989), A theorem-proving approach to spatial problem-solving. *Environment and Planning B* 16, pp. 171-186.
- WEBSTER, C.J. (1993), GIS and the scientific inputs to urban planning. Part 1: description. *Environment and Planning B* 20, pp. 709-728.
- WEBSTER, C.J. (1994a), GIS and the scientific inputs to urban planning. Part 2: prediction and prescription. *Environment and Planning B* 21, pp. 145-157.
- WEBSTER, C.J (1994b), Structured methods for GIS design part 1: a relational system for physical plan monitoring. *Computers, Environment and Urban Systems* 18, pp. 1-18.
- WEBSTER, C.J & C.N. OMARE (1994), Structured methods for GIS design part 2: an object oriented system for physical plan monitoring. *Computers, Environment and Urban Systems* 18, pp. 19-41.
- WEGENER, M. & A.S. FOTHERINGHAM, eds. (te verschijnen), *GIS and spatial models: new potentials for new models?* London: Taylor and Francis (GISDATA SERIES).
- WEIBEL, R. & B.P. BUTTENFIELD (1992), Improvement of GIS graphics for analysis and decision-making. *Journal of Geographical Information Systems* 6, pp. 223-245.
- WERFF, B. VAN DER (1992), Methoden van kennisacquisitie. In: R.J. Jorna & J.L. Simons, red., *Kennis in organisaties; toepassingen en theorie van kennissystemen*. Muiderberg: Coutinho, pp.125-153.
- WHITE, R. & G. ENGELEN (1994), Cellular dynamics and GIS: modelling spatial complexity. *Geographical Systems* 1, pp. 237-253.

- WIEGAND, N. & T.M. ADAMS (1994), Using object-oriented database management for feature-based geographic information systems. *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association* 6, pp. 21-36.
- WIERENGA, B. & W.F. VAN RAAIJ (1987), *Consumentengedrag; theorie, analyse en toepassingen*. Leiden: Stenfert Kroese.
- WIJKBUREAU OVERVECHT (z.j.), *Kijken in Overvecht; gesprekken met bewoners en instellingen in Overvecht*. Utrecht: Gemeente Utrecht.
- WILLER, D.J. (1990), A spatial decision support system for bank location: a case study. U.S.A.: National Center for Geographic Information and Analysis (Technical Paper Series no. 90-9).
- WILLIAMS, R.H., J.J. PAINTER & H.R. NICHOLAS (1978), A policy-oriented typology of grocery shoppers. *Journal of Retailing* 54, pp. 27-42.
- WILSCHUT, A.N., W. QUAK & P. BONCZ (1997), Magnum, an object oriented DBMS for spatial applications. In: *Nexpri Info juni*, pp. 29-39.
- WILSON, A.G. (1970), *Entropy in urban and regional modelling*. London: Pion.
- WILSON, A.G. (1984), Making urban models more realistic: some strategies for future research. *Environment and Planning A* 16, pp. 1419-1432.
- WILSON, A.G. (1985), Spatial dynamics: classical problems, an integrated modelling approach and system performance. *Papers of the Regional Science Association* 58, pp. 47-57.
- WILSON, A.G. (1988), Store and shopping-centre location and size. In: N. Wrigley, ed., *Store choice, store location and market analysis*. Routledge: New York, pp. 160-186.
- WIND, F., A. RAAIJMAKERS, B. VAN DE DONK & M. GROTHE (1992), *Een brug over de rivieren, aanpakstrategieën voor nieuw beleid voor ouderen in de Rivierenbuurt*. Delft: RIW, Technische Universiteit Delft.
- WOODSFORD, P.A. (1995), The significance of object orientation for GIS. Cambridge: Laser-Scan (Laser-Scan Conference Papers).
- WORBOYS, M.F. (1992), A generic model for planar geographical objects. *International Journal of Geographical Information Systems* 5, pp. 353-372.
- WORBOYS, M.F. (1994), Object-oriented approaches to geo-referenced information. *International Journal of Geographical Information Systems* 8, pp. 385-399.
- WORBOYS, M.F. (1995), GIS, a computing perspective. London: Taylor and Francis.
- WORBOYS, M.F., H.M. HEARNshaw & D.J. MAGUIRE (1990), Object-oriented data modelling for spatial databases. *International journal of Geographical Information Systems* 4, pp. 396-383.
- WRIGHT, J.R. (1990), ISIS: towards an integrated spatial information system. In: J. Kim, L.L. Wiggings & J.R. Wright, eds, *Expert systems: applications to urban planning*. New York: Springer Verlag, pp. 43-66.
- WRIGLEY, N. (1985) *Categorical data analysis for geographers and environmental scientists*. London: Longman.
- WRIGLEY, N., ed. (1988), *Store choice, store location and market analysis*. New York: Routledge.
- WRIGLEY, N. (1994), After the store wars. Towards a new era of competition in UK food retailing? *Journal of Retailing and Consumer Services* 1, pp. 5-20.
- WRR - Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (1992), *Ouderen voor ouderen, demografische ontwikkelingen en beleid*. 's Gravenhage: SDU.
- WYATT, R. (1989), *Intelligent planning, meaningful methods for sensitive situations*. London: Unwin Hyman.
- YAN, W., E. SHIMIZO, H. NAKAMURA (1991), A Knowledge-based computer system for zoning. *Computers, Environment and Urban Systems* 15, pp. 125-140.
- ZACHARY, W. (1986), A cognitively based functional taxonomy of decision support techniques. *Human Computer Interaction* 2, pp. 25-63.
- ZHAN, F.B. & B.P. BUTTENFIELD (1995), Object-oriented knowledge-based symbol selection for visualizing statistical information. *International Journal of Geographical Information Systems* 9, pp. 293-315.
- ZIPF, G.K. (1949), *Human behaviour and the principle of least effort*. Cambridge: Addison Wesley.

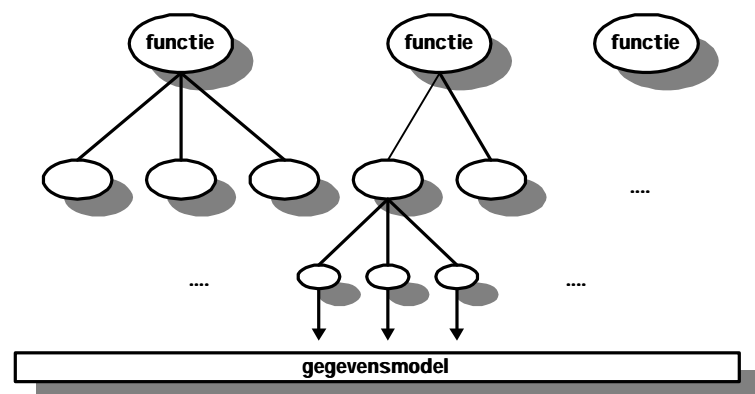
BIJLAGE 1 Gestructureerde versus objectgeoriënteerde applicatieontwikkeling

De voordelen van een objectgeoriënteerde applicatieontwikkeling zijn aan de hand van de concepten en in relatie tot een veelgebruikte traditionele(re) vorm van systeemontwikkeling te verduidelijken. Diverse methoden van systeemontwikkeling zijn te onderscheiden. In onderstaande figuur B1.1 zijn - naar Van Hillegersberg (1997) - de belangrijkste paradigma's van systeemontwikkeling uiteengezet.

Paradigma	Voorbeeld	Omschrijving	Historie
Gestructureerd/ procedureel	Pascal, Algol, Cobol	programma is een hiërarchische set van programmablokken en procedures	primaire paradigma in de jaren 60 en 70
Object- georiënteerd	Ada, Simula, Smalltalk, C++, Eiffel	programma is een set van objecten waartussen interacties plaatsvinden	van Simula (1967) en Smalltalk (jaren 70) naar diverse objectgeoriënteerde talen (jaren 80)
Concurrent/ Gedistribueerd	CSP, Argus, Actors, Linda, Monitor	multiple threads, synchronisatie en communicatie	Fork-join (jaren 60), monitors (1972), Ada- CSP-CCS (1975-1980) en OBCP (jaren 80)
Functioneel	Lisp, Lambda Calculus	geen neveneffecten, eerste-klas functies, trage evaluatie	Lisp(1960), FP-Miranda Lisp (jaren 70), ML (jaren 80) en Haskell (jaren 90)
Logisch	Prolog, concurrent Prolog	relatie-beperving logische variabelen, unificatie	van Prolog (jaren 70) naar concurrente logische talen (jaren 80)
Database	SQL, Ingress, O2 Ontos	persistente data veranderingsmanagement concurrency control	van hiërarchische, netwerk- en relationale naar objectdatabases
Vierde-generatie talen	Powerbuilder, Visual Basic	geen procedurele elementen, voor ontwerpen van user interface, menu's, reports en graphics	van query-gebaseerd (jaren 80) naar tools voor ontwikkeling van grafische user interface (jaren 90)
Regel- gebaseerd	VP Expert	constructs voor het opslaan van kennis en mechanismen voor het redeneren met kennis	van regelgebaseerd naar regel- en objectgebaseerde systemen
Raamwerk/ Model- gebaseerd	SAP/R3, Baan- Triton	built-in modellen voor bedrijfsprocessen	parametriseren/tailor-made applicaties m.b.v. built-in bedrijfsmodellen en aanpassen/synthese van bedrijfsmodellen

Figuur B1.1 Paradigma's van het programmeren (naar Van Hillegersberg 1997)

Een van de meest gebruikte methoden of ontwikkelparadigma's is de *gestructureerde systeemontwikkeling*. Bij gestructureerde systeemontwikkeling worden gegevens en operaties niet in objecten ondergebracht, maar onafhankelijk van elkaar geanalyseerd, ontworpen en geprogrammeerd. De operaties in het systeem bewerken de gegevens, hetgeen veelal leidt tot complexe interacties tussen operaties en gegevens (zie figuur B1.2). Deze traditionele vorm van systeemontwikkeling begint bij de functionaliteit die het systeem moet gaan bieden. Via functionele decompositie worden de functies en subfuncties vastgesteld, die geprogrammeerd moeten gaan worden. Zo ontstaat een programma, dat is opgebouwd uit een hiërarchische boom van functies. Via functionele decompositie ontstaat een systeem, dat voldoet aan de gevraagde functionaliteit. Het uitvoeren van aanpassingen en uitbreidingen is echter relatief arbeidsintensief. Een wijziging doorvoeren in een bepaalde



Figuur B1.2 Functionele decompositie (Warmer en Kleppe 1996)

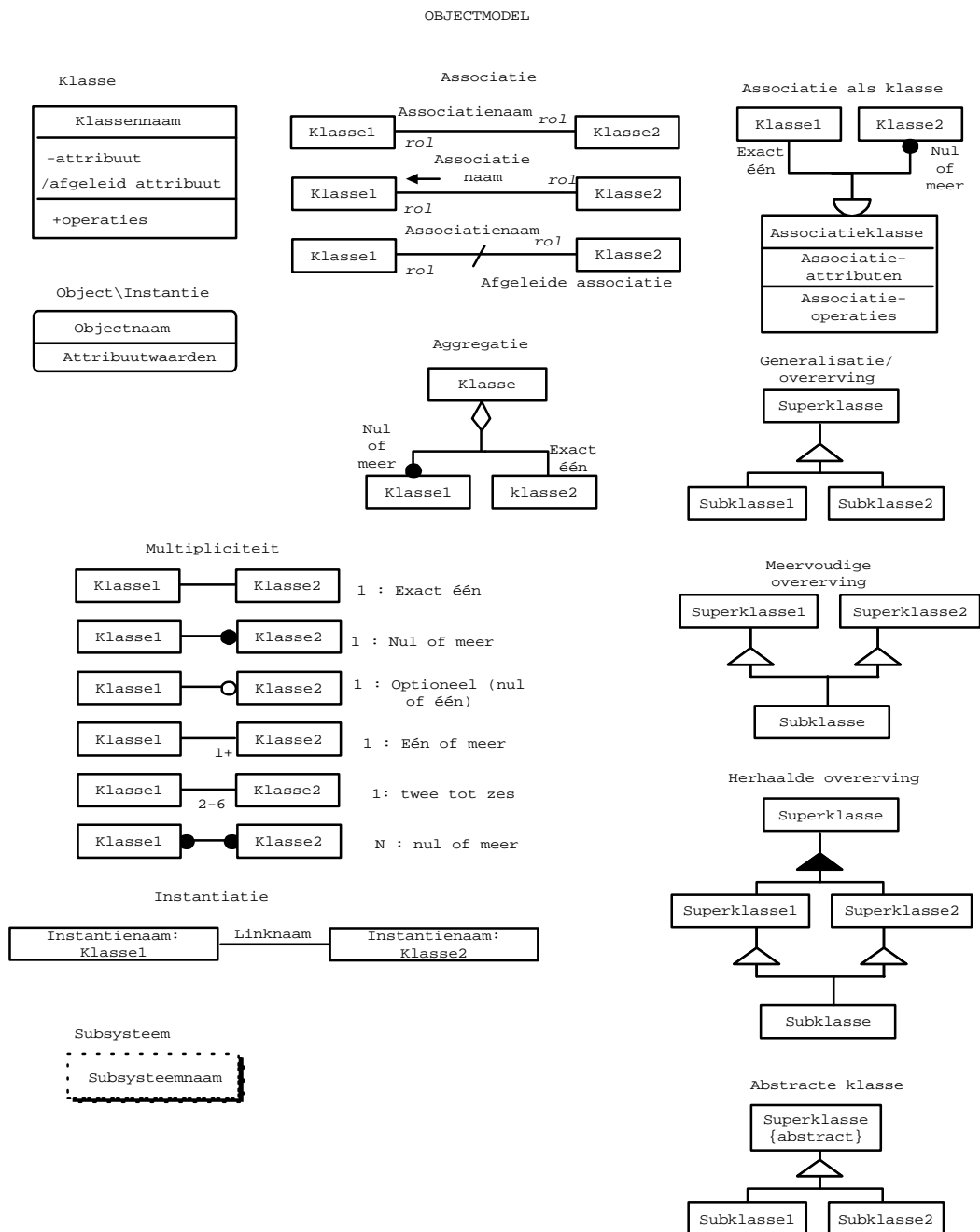
eenvoudig uit te voeren en in te passen; de functionaliteit zit al in de objecten, het gaat vervolgens alleen nog om het vinden van de volgorde van interacties en het bepalen van de omstandigheden waarin de operaties van de objecten uit het domeinmodel kunnen worden ingezet.

Dit verschil tussen gestructureerde en objectgeoriënteerde systeemontwikkeling is eenvoudig toe te lichten aan de hand van het 'millennium-probleem'. In het verleden zijn bij de opslag van de jaartal in datumgegevens - van vooral grote administratieve systemen - slechts de laatste twee getallen opgeslagen om daarmee geheugenruimte te besparen. Bij de overgang naar het jaar 2000 betekent dit, dat gegevens gebaseerd berekeningen op basis van datumgegevens onjuiste resultaten zullen opleveren. Veel systemen en applicaties, die in het verleden met behulp van gestructureerde systeemontwikkeling zijn ontwikkeld, dienen geheel te worden doorlopen op deze 'fout'. Gezien de complexe interacties tussen gegevens en operaties is dit een relatief arbeidsintensieve (en kostbare) aangelegenheid. Iedere operatie in de programmacode zal dienen te worden gecontroleerd op het werken met datumgegevens, hetgeen zeer arbeidsintensief en foutgevoelig is. In geval van objectgeoriënteerde systeemontwikkeling is het - theoretisch gezien - veel eenvoudiger deze wijzigingen aan te brengen. Alleen de objecten die attributen met datumgegevens bevatten dienen aangepast te worden, zonder dat het grote gevolgen heeft voor de werking van het systeem. De operaties van het objecten hoeven namelijk niet gewijzigd te worden, zodat het aantal door te voeren veranderingen beperkt blijft.

functie heeft doorgaans tot gevolg, dat alle onderliggende subfuncties ook beschouwd dienen te worden op mogelijke aanpassing. De (sub)functies ondersteunen namelijk de hoger gelegen functies. Het uitbreiden van de hiërarchie van functies met een nieuwe functie betekent dat ook de subfuncties opnieuw gemaakt moeten worden. Veelal werken bestaande (sub)functies niet meer binnen nieuwe functies. Objectgeoriënteerde systeemontwikkeling neemt niet de functionaliteit als belangrijkste uitgangspunt, maar de domeinmodellering. Hierbij worden - onafhankelijk van de gevraagde functionaliteit - de objecten (hun eigenschappen, gedrag en structuur) uit de werkelijkheid, waarin het systeem een rol speelt, eerst geïnventariseerd. Systeemfuncties worden vervolgens ingepast door de interacties van de objecten uit het domeinmodel is een bepaalde volgorde te plaatsen. Aanpassingen en uitbreidingen zijn daarbij relatief

BIJLAGE 2 Overzicht Object Modeling Notatie

In onderstaande figuur B2.1 is het objectmodel volgens de Object Modeling Notatie weergegeven.

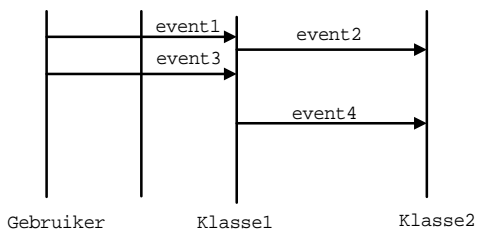


Figuur B2.1 Object Modeling Notatie voor het objectmodel

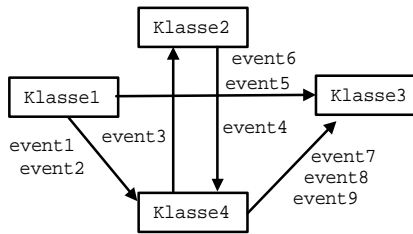
In onderstaande figuur B2.2 is het dynamisch model volgens de Object Modeling Notatie weergegeven.

DYNAMISCHE (TUSSEN)MODELLEN

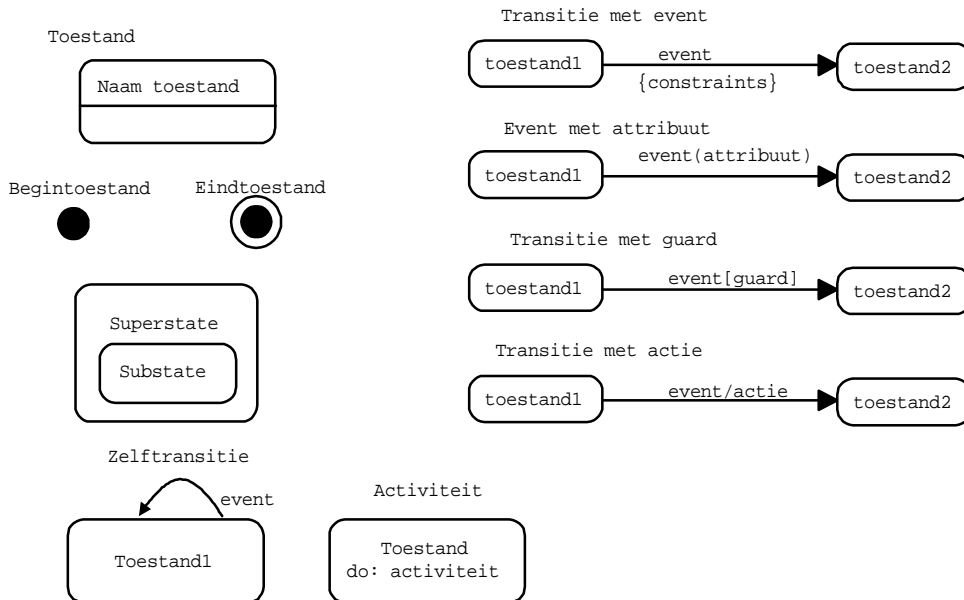
Scenariodiagram\Eventtraceringsdiagram



Eventstroomdiagram



Toestandsovergangsdigram



Figuur B2.2 Object Modeling Notatie voor de dynamische (tussen)modellen

BIJLAGE 3 Overzicht use cases voor GIS-applicatieraamwerk

Bij het gebruik van use cases in de OMT-conceptualisatiefase beschouwt de gebruiker het systeem als een 'black box'. In de vorm van natuurlijk taal wordt op informele wijze het gebruik van het systeem in systeemfuncties uiteengezet. Een systeemfunctie correspondeert met een use case. Een dergelijke use case kan weer bestaan uit diverse subcases. Een beschrijving van een use case bestaat uit de naam en samenvatting van de use case, de actor(en), een beschrijving, het resultaat en eventuele aannames en uitzonderingen. Voor de in deze studie ontwikkelde GIS-applicaties zijn de enige actoren de eindgebruiker(s) van de applicatie. Met actor wordt in het vervolg de eindgebruiker bedoeld, die rechtstreeks met het systeem in interactie staat. Gemakshalve wordt er vanuit uitgegaan, dat er slechts één actor aanwezig is. Iedere interactie in een use case begint met een (reeks van) gebeurtenissen, die door de actor worden geïnitieerd en opgevolgd door één of meerdere interacties tussen het systeem en de actor. Interacties in het systeem worden in use cases buiten beschouwing gelaten. Voor alle use cases geldt de aanname, dat de applicatie is gestart. Hieronder is eerst het overzicht van alle use cases voor het ontwikkelde GIS-applicatie-raamwerk weergegeven, gegroepeerd naar gebruikersfuncties voor bestandsbeheer, presentatie en het werken met probleemdomainmodellen:

1. Functies voor bestandsbeheer:

- het openen van een leeg werkblad (open_nieuw_werkblad);
- het openen van een bestaand/ander werkblad; (open_werkblad);
- het bewaren van werkblad (bewaar_werkblad);
- het openen van een bestaande/andere werkruimte (open_werkruimte);
- het maken van een exportbestand van een geodataset (exporteer_geodataset);
- het maken van een importbestand van een geodataset (importeer_geodataset); en
- afsluiten van de applicatie (afsluiten_applicatie).

2. Functies voor presentatie, selectie en opvraag van gegevens:

- openen van een lege kaartview (open_nieuw_kaartview);
- openen van een tabelview (open_tabelview);
- openen van een reportview (open_reportview); en
- openen van een grafiekview (open_grafiekview).

Functies voor de kaartview:

- toevoegen geodataset aan actieve kaartview (toevoegen_geodataset_aan_kaartview);
- verwijderen van geodataset uit kaartview (verwijder_geodataset_uit_kaartview);
- tonen van de kaartlegenda (toon_kaartlegenda);
- tonen van de kaarttools (toon_kaarttools);
- teken kaartbeeld via geografische extensie van één geodataset (teken_kaartview_geodataset);
- teken kaartbeeld via geografische extensie van meerdere geodatasets (teken_kaartview_geodatasets);

Functies voor de tabelview:

- toevoegen van een kolom aan de tabel (toevoegen_kolom_aan_tabel);
- verwijderen van een kolom van de tabel (verwijderen_kolom_van_tabel);
- zoeken van object(en) in tabel op basis van een waarde (zoek_objecten_via_waarde_in_tabel); en
- toevoegen van waarden aan een attribuut van objecten (toevoegen_waarde_in_tabel).

3. Functies voor het werken met probleemdomainspecifieke modellen:

- toevoegen van model (toevoegen_model);
- tonen van model (tonen_model);
- wijzigen van model (wijzigen_model); en
- verwijderen van model (verwijderen_model).

Hieronder zijn enkele use cases voor bovengenoemde functies weergegeven. De use cases voor bestandsbeheer en de kaarttools zijn niet opgenomen.

Ad. 2 Functies voor presentatie, selectie en opvraag van gegevens

2.1 Use case *open_nieuwe_kaartview*

Samenvatting: openen van een lege kaartview

Beschrijving: de gebruiker activeert de functie *open_nieuwe_kaartview*. Het systeem opent vervolgens een lege kaartview met daarin een lege kaartlegenda.

Uitzondering: geen

Resultaat: een lege kaartview met kaartlegenda is geopend en weergegeven.

2.1.1 Use case *toevoegen_geodataset_aan_kaartview*

Samenvatting: toevoegen geodataset aan actieve kaartview
Aanname: een kaartview is geopend en actief.
Beschrijving: de gebruiker activeert de functie *toevoegen_geodataset*. Het systeem geeft een overzichtslijst met geodatasets. De gebruiker kiest een geodataset. Het systeem geeft de naam van de geodataset en het kaartsymbool op in de kaartlegenda en tekent de objecten uit de geodataset via grafische symbolen in de kaartview.
Uitzondering: geen
Resultaat: de naam van de geodataset is in de kaartlegenda opgenomen en de objecten uit de kaartview weergegeven via grafische symbolen.

2.1.2 Use case *verwijder_geodataset_uit_kaartview*

Samenvatting: verwijderen van geodataset uit kaartview
Aanname: een kaartview is geopend en actief. De uit de kaartview te verwijderen geodataset is geselecteerd in de kaartlegenda
Beschrijving: de gebruiker activeert de functie *verwijderen_geodataset*. Het systeem verwijdert de geodataset uit de kaartlegenda en kaartview en geeft beiden opnieuw weer.
Uitzondering: geen
Resultaat: de naam van de geodataset is in de kaartlegenda verwijderd eveneens de bijbehorende grafische symbolen in de kaartview.

2.1.3 Use case *toon_kaartlegenda*

Samenvatting: tonen van de kaartlegenda
Aanname: een kaartview is geopend en actief.
Beschrijving: de gebruiker activeert de functie *toon_kaartlegenda*. Het systeem toont of verwijdert de kaartlegenda uit de actieve kaartview.
Uitzondering: geen
Resultaat: de kaartlegenda is in de actieve kaartview zichtbaar of niet-zichtbaar.

2.1.4 Use case *toon_kaarttools*

Samenvatting: tonen van de kaarttools
Aanname: een kaartview is geopend en actief.
Beschrijving: de gebruiker activeert de functie *toon_kaarttools*. Het systeem toont of verwijdert de kaarttools uit het zicht van de gebruiker.
Uitzondering: geen
Resultaat: de kaarttools zijn zichtbaar of niet-zichtbaar.

2.1.5 Use case *teken_kaartview_geodataset*

Samenvatting: (her)tekent kaartbeeld op basis van de geografische extensie van één geodataset
Aanname: een kaartview is geopend en actief. De betreffende geo-dataset is geselecteerd.
Beschrijving: de gebruiker activeert de functie *teken_kaartview_geodataset*. Het systeem (her)tekent alle grafische symbolen van de objecten uit de geodatasets in de kaartlegenda met als geografische extensie de extensie van de geselecteerde geodataset.
Uitzondering: geen
Resultaat: de kaartview met geografische extensie van de geselecteerde geodataset.

2.1.6 Use case *teken_kaartview_geodatasets*

Samenvatting: (her)tekent kaartbeeld op basis van de geografische extensie van alle geodatasets in de kaartlegenda
Aanname: een kaartview is geopend en actief.
Beschrijving: de gebruiker activeert de functie *teken_kaartview_geodatasets*. Het systeem (her)tekent alle grafische symbolen van de objecten uit de geodatasets in de kaartlegenda opnieuw met als geografische extensie de maximale extensie van alle geodatasets in de kaartlegenda.
Uitzondering: geen
Resultaat: een kaartview met maximale geografische extensie van alle geodatasets in de kaartlegenda.

2.2 Use case *open_tabel_view*

Samenvatting: openen van een tabelview
 Aanname: een kaartview is geopend en actief. Een geodataset is geselecteerd.
 Beschrijving: de gebruiker activeert de functie *open_tabel_view*. Het systeem opent vervolgens de tabelview van de geselecteerde geodataset.
 Uitzondering: geen
 Resultaat: een tabelview is geopend en weergegeven.

2.2.1 Use case *toevoegen kolom aan tabel*

Samenvatting: toevoegen van een kolom aan de tabel
 Aanname: een tabel is geopend en actief.
 Beschrijving: de gebruiker activeert de functie *toevoegen_kolom_aan_tabel*. Het systeem vraagt aan de gebruiker hoe de kolom eruit moet zien. De gebruiker geeft de naam, het gegevenstype en de omvang van de kolom op en het systeem voegt een kolom toe.
 Uitzondering: geen
 Resultaat: een (lege) kolom voor een attribuutvariabele is aan de tabelview toegevoegd.

2.2.2 Use case *verwijderen kolom van tabel*

Samenvatting: verwijderen van een kolom van de tabel
 Aanname: een tabel is geopend en actief.
 Beschrijving: de gebruiker activeert de functie *verwijderen_kolom_van_tabel*. Het systeem vraagt aan de gebruiker welke kolom moet worden verwijderd. De gebruiker kiest uit de overzichtslIJst van attribuutvariabelen de te verwijderen attribuutvariabele. Het systeem vraagt of de betreffende kolom moet worden verwijderd en - indien ja - verwijderd de kolom.
 Uitzondering: geen
 Resultaat: een (lege) kolom voor een attribuutvariabele is van de tabel verwijderd.

2.2.3 Use case *selecteer objecten via waarde in tabel*

Samenvatting: zoeken van object(en) in tabel op basis van een waarde
 Aanname: een tabel is geopend en actief. Een kolom in de tabelview is door de gebruiker geselecteerd.
 Beschrijving: de gebruiker activeert de functie *zoek_objecten_via_waarde_in_tabel*. Het systeem vraagt aan de gebruiker op basis van welke attribuutwaarde de geo-objecten moeten worden geselecteerd. De gebruiker geeft een attribuutwaarde op. Het systeem selecteert de geo-objecten met de betreffende attribuutwaarden en tekent de geselecteerde geo-objecten in een voor de gebruiker herkenbare kleur.
 Uitzondering: geen
 Resultaat: één of meerdere geselecteerde geo-objecten

2.2.4 Use case *toevoegen waarde in tabel*

Samenvatting: toevoegen van waarden aan een attribuut van objecten
 Aanname: een tabel is geopend en actief. Een kolom in de tabelview is door de gebruiker geselecteerd.
 Beschrijving: de gebruiker activeert de functie *toevoegen_waarden_in_tabel*. Het systeem vraagt aan de gebruiker welke attribuutwaarden aan de geselecteerde geo-objecten moet worden toegekend. De gebruiker geeft een attribuutwaarde op. Het systeem geeft de geselecteerde geo-objecten de betreffende attribuutwaarde.
 Uitzondering: geen
 Resultaat: nieuwe attribuutwaarden voor de geselecteerde kolom en rijen in de tabel.

Ad. 3 Overzicht use cases voor het werken met probleemdomainmodellen van locatieplanning

Allereerst wordt aan de hand van vier use cases de functionele decompositie van het werken met probleemdomainmodellen weergegeven.

Vier typen use cases worden onderscheiden:

1. use case voor het toevoegen van modellen;
2. use case voor het wijzigen van modellen;
3. use case voor het verwijderen van modellen; en
4. use case voor het tonen (en afdrukken) van modellen.

In de use cases voor het werken met modellen wordt de uitgangssituatie, de bewerking en het resultaat op informele wijze beschreven. De use cases voor het werken met modellen, te weten het toevoegen, verwijderen, wijzigen en tonen van een model, vertonen enige overeenkomst. Bijvoorbeeld bij de use cases voor het toevoegen van een nieuw en wijzigen van het bestaand model dient de gebruiker in beide gevallen één of meerdere modelparameters te specificeren en -variabelen te kiezen. Deze gebruikersinteracties kunnen in een subcase opgenomen worden.

3.1 Use case *toevoegen_model*

Samenvatting: er wordt door de gebruiker een nieuwe specificatie van een probleem domeinmodel aangemaakt en toegevoegd aan de lijst van modelspecificaties

Actoren: eindgebruiker

Aaname: gebruiker heeft de functie `toevoegen_model` geactiveerd en de gebruikersinterface voor de functie `toevoegen_model` is zichtbaar

Beschrijving: de eindgebruiker wil een model toevoegen en specificeert en/of kiest de modelparameters en modelvariabelen:

- specificeert de naam van het model
- kiest een modeltype
- specificeert en/of kiest de modelparameter(s)
- specificeert en/of kiest de modelvariabelen(s)
- kiest de kaartview

Uitzondering: - als de gebruiker een modelvariabele of modelparameter is vergeten te specificeren of kiezen wordt de default systeemwaarde van de modelparameter of -variabele automatisch ingesteld.

- indien een naam van een bestaand model wordt gespecificeerd, krijgt de gebruiker een waarschuwing
- indien de attribuutwaarde van een te specificeren modelparameter buiten het attribuutwaardenbereik van de modelparameter ligt, krijgt de gebruiker een waarschuwing; de modelparameter heeft als attribuutdomein {1, ... n}.

Resultaat: er is een nieuwe modelspecificatie voor een modelberekening aangemaakt.

3.2 Use case *wijzigen_model*

Samenvatting: er wordt door de gebruiker een bestaande specificatie van een model opgeroepen en gewijzigd

Actoren: eindgebruiker

Aaname: gebruiker heeft de functie `wijzigen_model` geactiveerd en de gebruikersinterface voor de functie `wijzigen_model` is zichtbaar

Beschrijving: de eindgebruiker wil een model wijzigen en wijzigt (specificeert en/of kiest) één of meerdere van de modelparameters en modelvariabelen:

- specificeert de naam van het model
- kiest een modeltype
- specificeert en/of kiest de modelparameter(s)
- specificeert en/of kiest de modelvariabelen(s)
- kiest de kaartview

Uitzondering: - als de gebruiker een modelvariabele of modelparameter is vergeten te specificeren of te kiezen, wordt de default systeemwaarde van de modelparameter of -variabele automatisch ingesteld.

- indien een naam van een bestaand model wordt gespecificeerd, krijgt de gebruiker een waarschuwing
- indien de attribuutwaarde van een te specificeren modelparameter buiten het attribuutwaardenbereik van de modelparameter ligt, krijgt de gebruiker een waarschuwing; de modelparameter heeft als attribuutdomein {1, ... n}.

Resultaat: een bestaande modelspecificatie is gewijzigd.

De use case voor het wijzigen van een model vertoont sterke overeenkomsten met het toevoegen van een nieuw model. Slechts het oproepen van de specificatie van het bestaande model - in plaats van de defaultspecificatie van het systeem - gaat hieraan vooraf.

3.3 Use case *verwijderen_model*

Samenvatting: er wordt door de gebruiker een bestaande specificatie van een model opgeroepen en verwijderd
 Actoren: eindgebruiker
 Aanname: gebruiker heeft de functie *verwijderen_model* geactiveerd en de gebruikersinterface voor de functie *verwijderen_model* is zichtbaar
 Beschrijving: de gebruiker wil een model verwijderen en kiest uit de lijst met bestaande modelspecificaties het model dat moet worden verwijderd. Het systeem vraagt vervolgens om een bevestiging of het model moet worden verwijderd.
 Uitzondering: als de gebruiker is vergeten een model te kiezen, krijgt de gebruiker een waarschuwing
 Resultaat: er is een model verwijderd.

3.4 Use case *tonen_model*

Samenvatting: er wordt door de gebruiker een bestaande specificatie van een model opgeroepen en getoond
 Actoren: eindgebruiker
 Aanname: gebruiker heeft de functie *tonen_model* geactiveerd en de gebruikersinterface voor de functie *tonen_model* is zichtbaar
 Beschrijving: de eindgebruiker wil een model bekijken en kiest uit de lijst met bestaande modelspecificaties het model dat moet worden getoond.
 Uitzondering: als de gebruiker is vergeten een model te kiezen, krijgt de gebruiker een waarschuwing
 Resultaat: er wordt een model getoond.
 De use case voor het tonen van een model vertoont sterke overeenkomsten met het wijzigen van een model. De gebruiker is alleen niet in staat de modelparameters en/of -variabelen te wijzigen.

BIJLAGE 4 Externe scenario's voor GIS-applicatieraamwerk

In deze bijlage is een belangrijk deel van de externe scenario's voor de systeemfuncties bestandsbeheer, bewerken en presentatie uiteengezet. Voor alle subfuncties is een normaal extern scenario ontwikkeld en beschreven. Het bijbehorende eventtraceringsdiagram en mogelijke dialoogformaten zijn achterwege gelaten.

1 Externe scenario's voor bestandsbeheer

Normaal extern scenario *open_nieuw_werkblad*

- De gebruiker wil een werkblad openen.
- Het systeem vraagt of het bestaande werkblad moet worden bewaard
- En, zo ja, systeem bewaart het bestaande werkblad
- Systeem opent een leeg werkblad.

Normaal extern scenario *open_bestaand_werkblad*

- De gebruiker activeert de functie *open_bestaand_werkblad*.
- Het systeem vraagt of de gebruiker het op dat moment zichtbare werkblad wil bewaren.
- Indien de gebruiker het werkblad wil bewaren geeft het systeem de gebruiker de mogelijkheid het werkblad op te slaan via een door de gebruiker op te geven naam.
- Daarna toont het systeem de lijst met beschikbare werkbladen aan de gebruiker.
- De gebruiker kiest het gewenste werkblad, waarna
- Het systeem het werkblad weergeeft aan de gebruiker.

Normaal extern scenario *bewaar_werkblad*

- De gebruiker activeert de functie *bewaar_werkblad*.
- Het systeem bewaart het werkblad.
- Indien het een nieuw werkblad betreft vraagt het systeem de gebruiker om het werkblad op te slaan in een door de gebruiker te werkbladbestand.

Normaal extern scenario *open_werkruimte*

- De gebruiker activeert de functie *open_werkruimte*.
- Het systeem vraagt of het bestaande werkblad moet worden bewaard.
- Vervolgens toont het systeem de lijst met beschikbare werkruimten aan de gebruiker.
- De gebruiker kiest de gewenste werkruimte, waarna het systeem de werkruimte opent en een leeg werkblad aan de gebruiker presenteert.

Normaal extern scenario *exporteer_geodataset*

- De gebruiker activeert de functie *exporteer_geodataset*.
- Het systeem geeft een overzichtslijst van alle aanwezige geodatasets.
- De gebruiker kiest de uit te voeren geodataset.
- Het systeem maakt een exportbestand van de geodataset.

Normaal extern scenario *importeer_geodataset*

- De gebruiker activeert de functie *importeer_geodataset*.
- Het systeem geeft een overzichtslijst van alle aanwezige importbestanden.
- De gebruiker kiest het in te voeren importbestand.
- Het systeem leest het importbestand in en voegt het aan het werkruimtebestand toe.

Normaal extern scenario *afsluiten_applicatie*

- De gebruiker activeert de functie *afsluiten_applicatie*.
- Het systeem vraagt de gebruiker of het huidige werkblad moet worden bewaard en
- Zo ja, systeem bewaart het bestaande werkblad
- Systeem sluit de applicatie af.

2 Externe scenario's voor presentatie, selectie en opvraag

Na het openen van een kaartview door de gebruiker toont het systeem een kaartviewvenster en een bijbehorend kaartviewmenu met specifieke systeemfuncties voor gebruikersinteractie met de kaartview. De gebruiker laat - via de functie 'Toevoegen geodataset' in het kaartviewmenu - het systeem vervolgens één of meerdere geodatasets in het kaartviewvenster tekenen. De door de gebruiker geactiveerde geodataset wordt tevens als kaartlegenda-item opgenomen in de kaartlegenda. Een kaartlegenda-item beschrijft de wijze van presentatie van een geodataset in de kaartview. Een kaartlegenda-item bestaat uit de naam van de geodataset, het grafisch (kaart)symbool waarmee de geografische objecten uit die geodataset zijn weergegeven en een aan/uit symbool voor het al dan niet tekenen van de geodatasetlayer. Via het kaartlegenda-item in de kaart-legenda kunnen een aantal functies door de gebruiker worden geactiveerd: het verwijderen van de geodataset uit het kaartview, het openen van de bij de geodataset horende tabelview en het tonen van classificatie geografische objecten op basis van een thematische attribuut. Externe scenario's voor het werken met kaarttools voor selectie en opvraag zijn hier niet opgenomen.

Externe scenario's voor kaartpresentatie

Normaal extern scenario *toevoegen_kaartview*

- Systeem toont menubalk: de gebruiker kiest optie 'Presentatie'
- Systeem toont popupmenu; de gebruiker kiest optie 'Kaartview'
- Systeem tekent leeg kaartviewvenster

Normaal extern Scenario *toevoegen_tabelview*

- Systeem toont menubalk: de gebruiker kiest optie 'Presentatie'
- Systeem toont popupmenu; de gebruiker kiest optie 'Tabelview'
- Systeem toont invulvenster met geodatasets: gebruiker kiest geodataset uit lijst met geodatasets
- Systeem tekent tabelview

Normaal extern scenario 1 *toevoegen_geodataset_aan_kaartview*

- De gebruiker activeert kaartview
- Systeem toont kaartviewmenu: de gebruiker kiest optie 'toevoegen geodataset'
- Systeem toont keuzelijst: de gebruiker kiest geodataset uit lijst met geodatasets
- Systeem tekent geo-objecten uit in kaartview en voegt geodataset als legenda-item toe aan de kaartlegenda.

Normaal extern scenario 2 *toevoegen_geodataset_aan_kaartview*

- De gebruiker activeert een legenda-item uit de kaartlegenda
- Systeem toont kaartlegendapopupmenu: de gebruik kiest optie 'toevoegen geodataset'
- Systeem toont keuzelijst met geodatasets;
- De gebruiker kiest geodataset uit keuzelijst met geodatasets
- Systeem tekent geo-objecten uit in kaartview en voegt geodataset als legenda-item toe aan de kaartlegenda

Normaal extern scenario *verwijderen_geodataset_van_kaartview*

- De gebruiker activeert een legenda-item uit de kaartlegenda
- Systeem toont kaartlegendapopupmenu: de gebruik kiest optie 'verwijderen geodataset'
- Systeem verwijdert geodataset van de kaartview en verwijdert het bijbehorende legenda-item van de kaartlegenda en (her)tekent de kaartview en kaartlegenda

Normaal extern scenario *toevoegen_thema_geodataset_aan_kaartview*

- Gebruiker kiest functie 'Presentatie' (met rechtermuisbutton)
- Systeem toont menulijst: kaartview, tabelview, reportview, taartview, scatterplotview en histogramview
- Gebruiker kiest functie 'Kaartview' (met rechtermuisbutton)
- Systeem toont actief kaartviewvenster, toont kaartviewmenu en kaartviewinstrumenten
- Gebruiker kiest functie 'toevoegen geodataset'
- Systeem toont keuzelijst met geodatasets

286 Bijlagen

- Gebruiker kiest een geodataset
- Systeem toont geo-objecten uit geodataset in kaartview en neemt de geodataset op in de kaartlegenda
- Gebruiker kiest actieve geodataset in kaartlegenda (met rechtermuistoets)
- Systeem toont kaartlegendamenu: 'Verwijderen', 'Verbergen', 'Toevoegen thema', 'Open tabel'
- Gebruiker kiest uit kaartlegendamenu 'Toevoegen thema'
- Systeem toont keuzelijst met de attribuutvariabelen van de geodataset
- Gebruiker kiest attribuutvariabele
- Systeem toont geo-objecten (default) geclassificeerd naar thema in kaartview
- Systeem toont attribuutvariabele en classificatieschema in kaartlegenda
- Gebruiker kiest functie 'wijzigen' bij classificatieschema
- Systeem toont classificatieschema
- Gebruiker wijzigt één of meerdere componenten van het classificatieschema; toevoegen, verwijderen of wijzigen van een classificatieschema-item

Normaal extern scenario *tonen_kaartlegenda*

- Gebruiker activeert kaartview
- Systeem toont kaartviewmenu
- De gebruiker kiest optie 'geodatasets'
- Systeem toont popupmenu met overzicht van alle kaartviewfuncties
- De gebruiker kiest optie 'Tonen kaartlegenda'
- Systeem tekent kaartlegenda van kaartview en verandert menu-optie in 'Verbergen kaartlegenda'

Normaal extern scenario *verbergen_kaartlegenda*

- Gebruiker activeert kaartview
- Systeem toont kaartviewmenu
- De gebruiker kiest optie 'geodatasets'
- Systeem toont popupmenu met overzicht van alle kaartviewfuncties
- De gebruiker kiest optie 'Verbergen kaartlegenda'
- Systeem verbergt kaartlegenda van de Kaartview en verandert menu-optie in 'Tonen kaartlegenda'

Normaal extern scenario *tonen_kaarttools*

- Gebruiker activeert kaartview
- Systeem toont kaartviewmenu
- De gebruiker kiest optie 'Kaarttools'
- Systeem toont popupmenu met overzicht van alle kaarttools
- De gebruiker kiest optie 'Tonen kaarttools'
- Systeem toont kaarttools in instrumentenbalk van GIS-applicatie

Normaal extern scenario *verbergen_kaarttools*

- Gebruiker activeert kaartview
- Systeem toont kaartviewmenu
- De gebruiker kiest optie 'Kaarttools'
- Systeem toont kaarttoolspopupmenu
- De gebruiker kiest optie 'Verbergen kaarttools'
- Systeem verbergt kaarttools in instrumentenbalk van GIS-applicatie

Normaal extern scenario 1 *tonen_kaartview_geo-extensie_alle_geodatasets*

- Gebruiker activeert kaartview
- Systeem toont kaartviewmenu
- De gebruiker kiest functie 'Kaarttools'
- Systeem toont kaarttoolspopupmenu
- Gebruiker kiest functie 'Maximale extensie geodatasets'
- Systeem maakt kaartviewvenster leeg
- Systeem toont de geo-objecten volgens de gegevens geo-extensie

Normaal extern scenario 2 *tonen_kaartview_geo-extensie_alle_geodatasets*

- Gebruiker activeert kaartview
- Systeem toont kaarttools
- De gebruiker kiest optie 'Maximale extensie geodatasets'
- Systeem maakt kaartviewvenster leeg
- Systeem bepaalt de maximale extensie van alle geodatasets en maakt de maximale extensie tot het geografisch blikveld van het kaartbeeld
- Systeem tekent de geodatasets

Normaal extern scenario 1 *tonen_kaartview_geo-extensie_actieve_geodataset*

- Gebruiker activeert kaartview
- Systeem toont kaartviewmenu
- De gebruiker kiest optie 'Kaarttools'
- Systeem toont kaarttoolspopupmenu: gebruiker kiest optie 'Tekenen extensie actieve geodataset'
- Systeem maakt kaartbeeld leeg
- Systeem maakt de maximale extensie de actieve geodataset
- Systeem tekent de geodatasets

Normaal extern scenario 2 *tonen_kaartview_geo-extensie_actieve_geodataset*

- Gebruiker activeert kaartview
- Systeem toont kaarttoolsbalk
- De gebruiker kiest optie 'Tekenen extensie actieve geodataset'
- Systeem maakt kaartbeeld leeg
- Systeem maakt de maximale extensie de actieve geodataset
- Systeem tekent de geodatasets

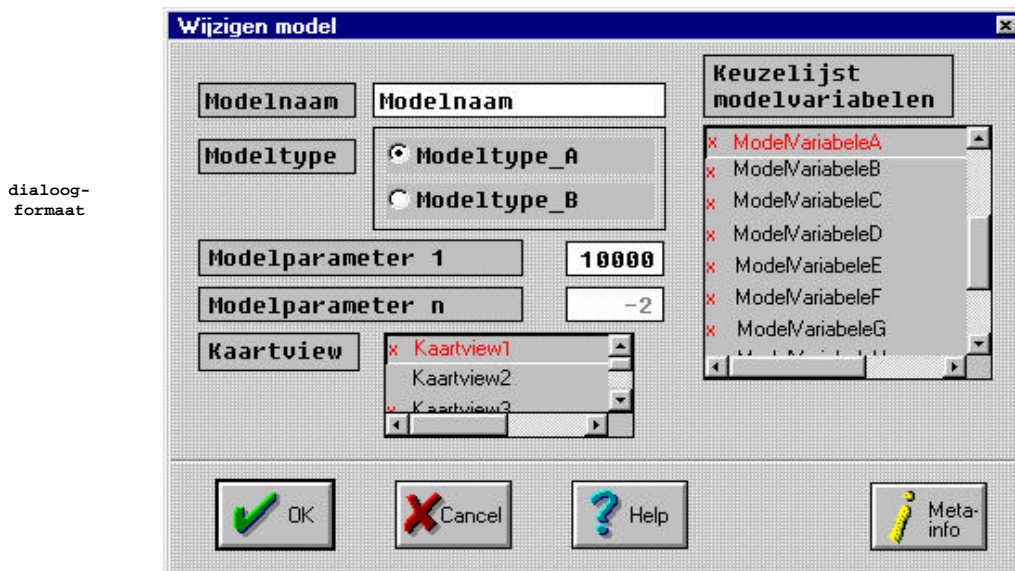
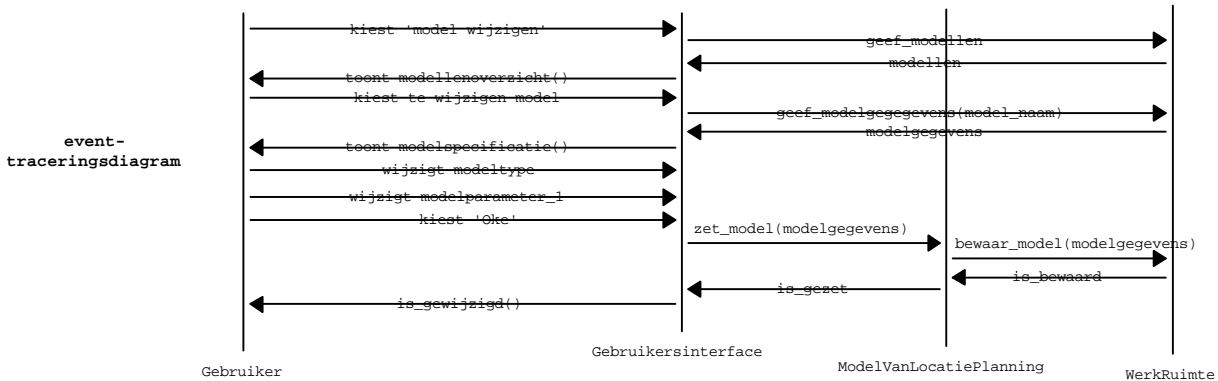
BIJLAGE 5 Overzicht dynamische (tussen)modellen voor het werken met probleemdomeinspecifieke modellen in GIS-applicaties

Scenario voor de functie 'Wijzigen model'

Bij het wijzigen van een (bestaande) model(specificatie) wordt gebruik gemaakt van hetzelfde interactiepatroon en interfaceformaat als bij het toevoegen van een model(specificatie). Alleen dient de gebruiker eerst een bestaande modelspecificatie op te roepen. Vervolgens is het mogelijk de wijzigingen aan te brengen door modelcomponenten (modelvariabelen en modelparameters) te wijzigen. In figuur B5.1 is het normale scenario, de eventtracering en het dialoogformaat voor het wijzigen van model(specificaties) weergegeven. In het dialoogformaat verschilt slechts de titel van het invulvenster van de functie 'Toevoegen model' (zie figuur 6.14). Daarmee weet de gebruiker immers welke functie hij/zij op dat moment heeft aangeroepen. Tevens is het eventtraceringsdiagram aangepast aan het inlezen van een bestaande model-specificatie. Het systeem leest vanuit de werkruimte automatisch de bij het model horende modelparameters en -variabelen in. Daardoor worden in het eventtraceringsdiagram vier objecten onderscheiden: de *Gebruiker*, de *GebruikersInterface*, *ModelVanLocatiePlanning* en de *WerkRuimte*.

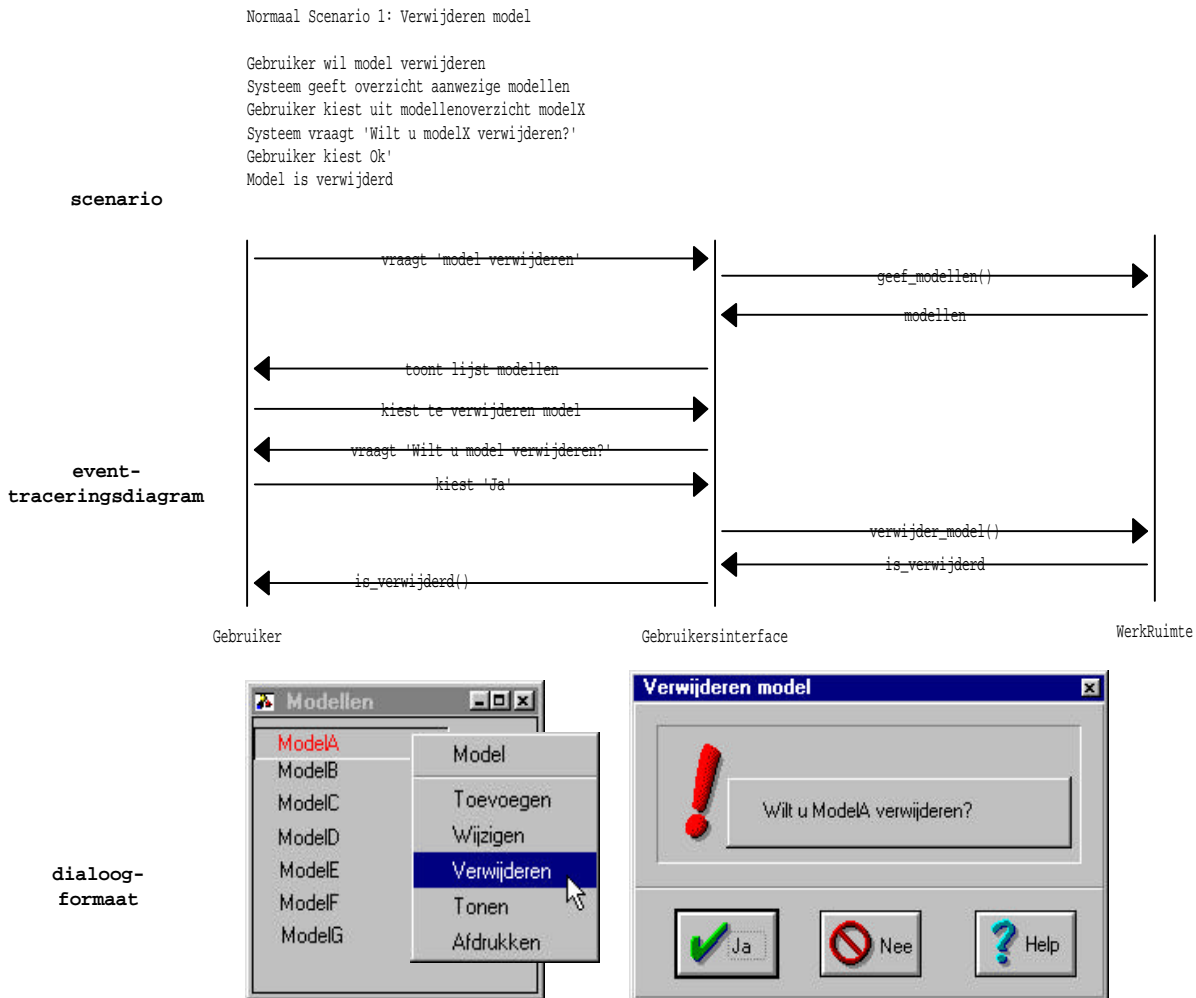
Scenario voor de functie 'Verwijderen model'

Normaal Scenario 1: Wijzigen model
 Gebruiker wil model wijzigen
 Systeem geeft overzicht aanwezige modellen
 Gebruiker kiest uit modellenoverzicht modelX
 Systeem toont modelX
 Gebruiker kiest modeltype
 Gebruiker specificeert modelparameter_1
 Gebruiker specificeert modelparameter_n
 Gebruiker kiest modelvariabele_1
 Gebruiker kiest modelvariabele_n
 Gebruiker kiest kaartview
 Gebruiker kiest 'Ok'
 Model is gewijzigd



Figuur B5.1 Scenario, eventtraceringsdiagram en dialoogvenster voor de functie 'Wijzigen model'

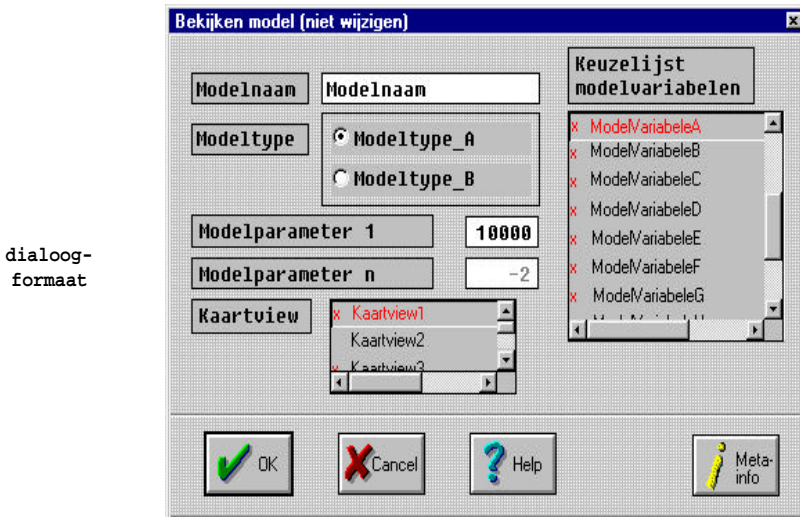
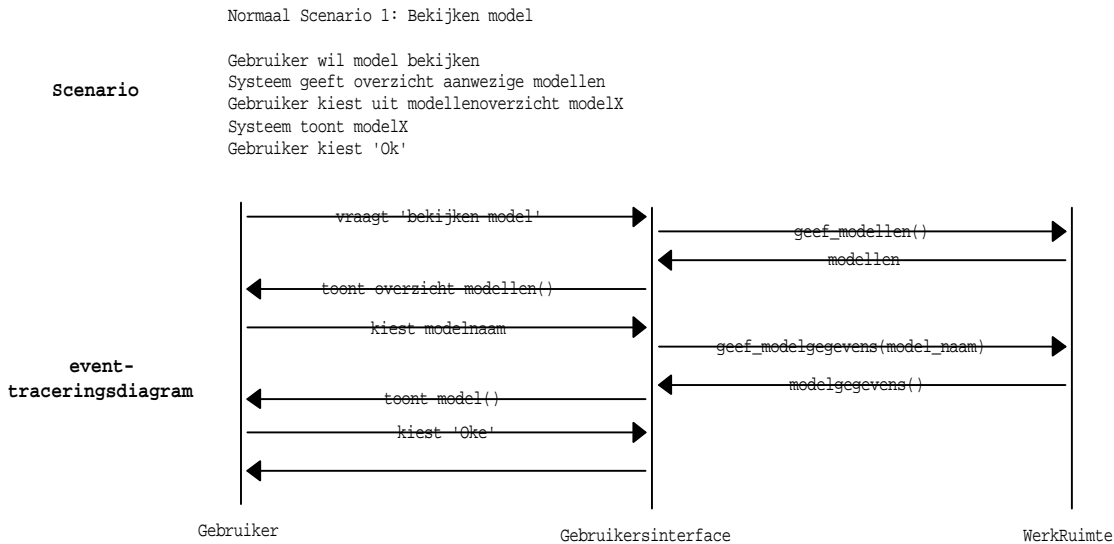
Net als bij het wijzigen van een model(specificatie) dient de gebruiker voor het verwijderen van een model(specificatie) eerst een bestaande modelspecificatie op te roepen via het activeren van een modelspecificatie uit de lijst van bestaande modelspecificaties. Gezien het ‘vernietigende’ karakter van deze modelfunctie is het, alvorens het model te verwijderen, zinvol de gebruiker om confirmatie van zijn/haar actie te vragen. In figuur B5.2 is het normale scenario voor het verwijderen van model(specificaties) weergegeven. Vanwege het feit, dat de gebruiker alvorens een model(specificatie) te verwijderen, het model wil bekijken of eventueel wil afdrukken, zijn in de dialoogformaat ook de overige functies voor ‘het werken met modellen’ beschikbaar.



Figuur B5.2 Scenario, eventtraceringdiagram en dialoogvenster voor de functie ‘Verwijderen model’

Scenario voor de functie 'Bekijken model'

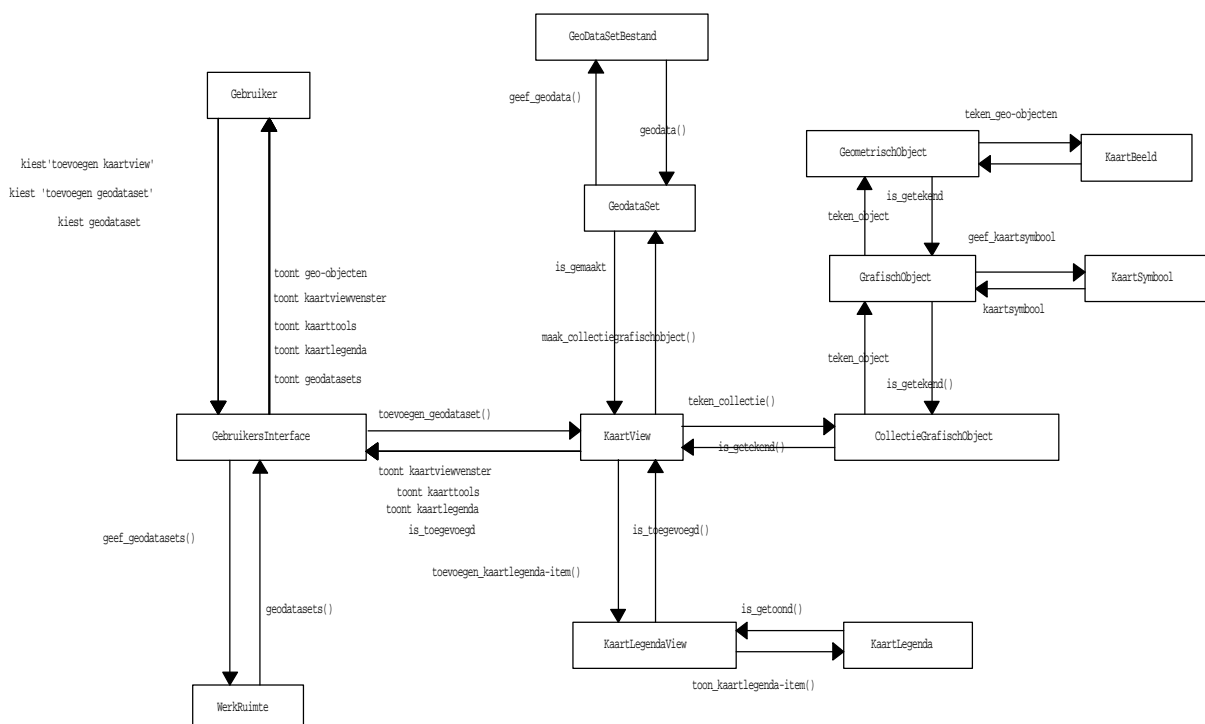
Het scenario voor het bekijken van het model vertoont eveneens grote overeenkomsten met het wijzigen van een model (zie figuur B5.3). De gebruiker kiest eerst uit het overzicht van bestaande modelspecificaties een model, waarna een invulvenster met de modelcomponenten en hun waarden wordt weergegeven. De gebruiker heeft echter geen mogelijkheden het model te wijzigen. In figuur B5.3 zijn het scenario, het eventtraceringsdiagram en het dialoogvenster grafisch weergegeven.



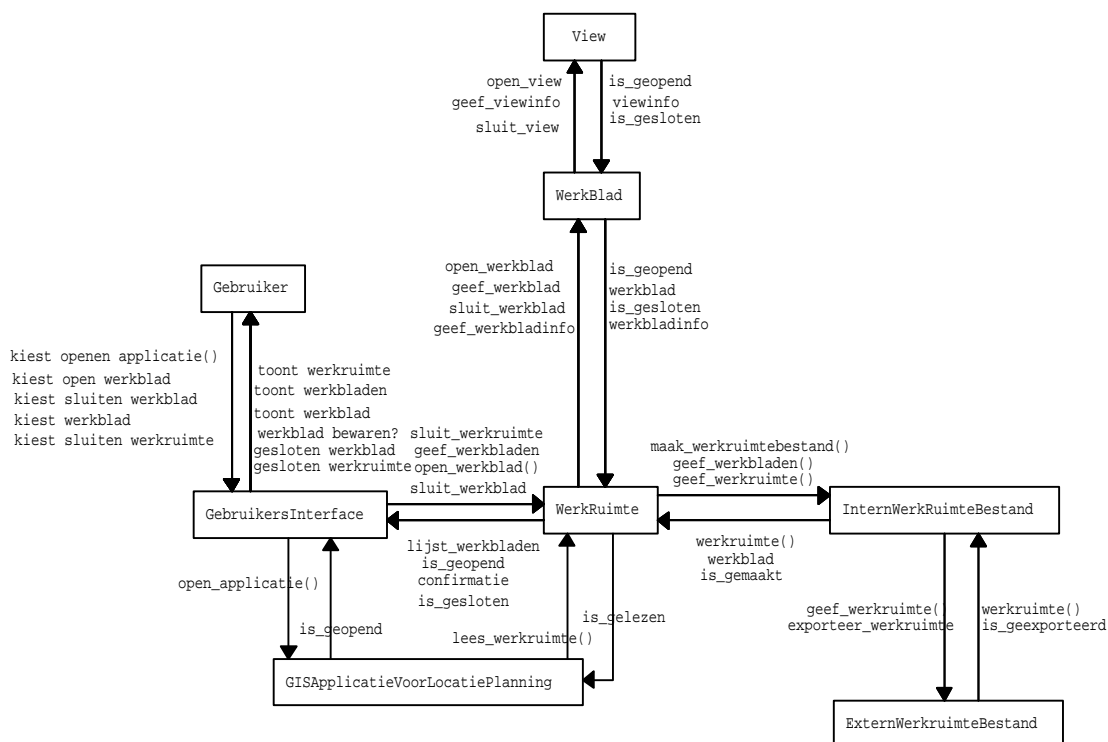
Figuur B5.3 Scenario, eventtraceringsdiagram en dialoogvenster voor de functie 'Bekijken model'

BIJLAGE 6 Eventstroomdiagrammen voor de centrale GIS-functies 'bestandsbeheer' en 'presentatie' en voor netwerkanalyse

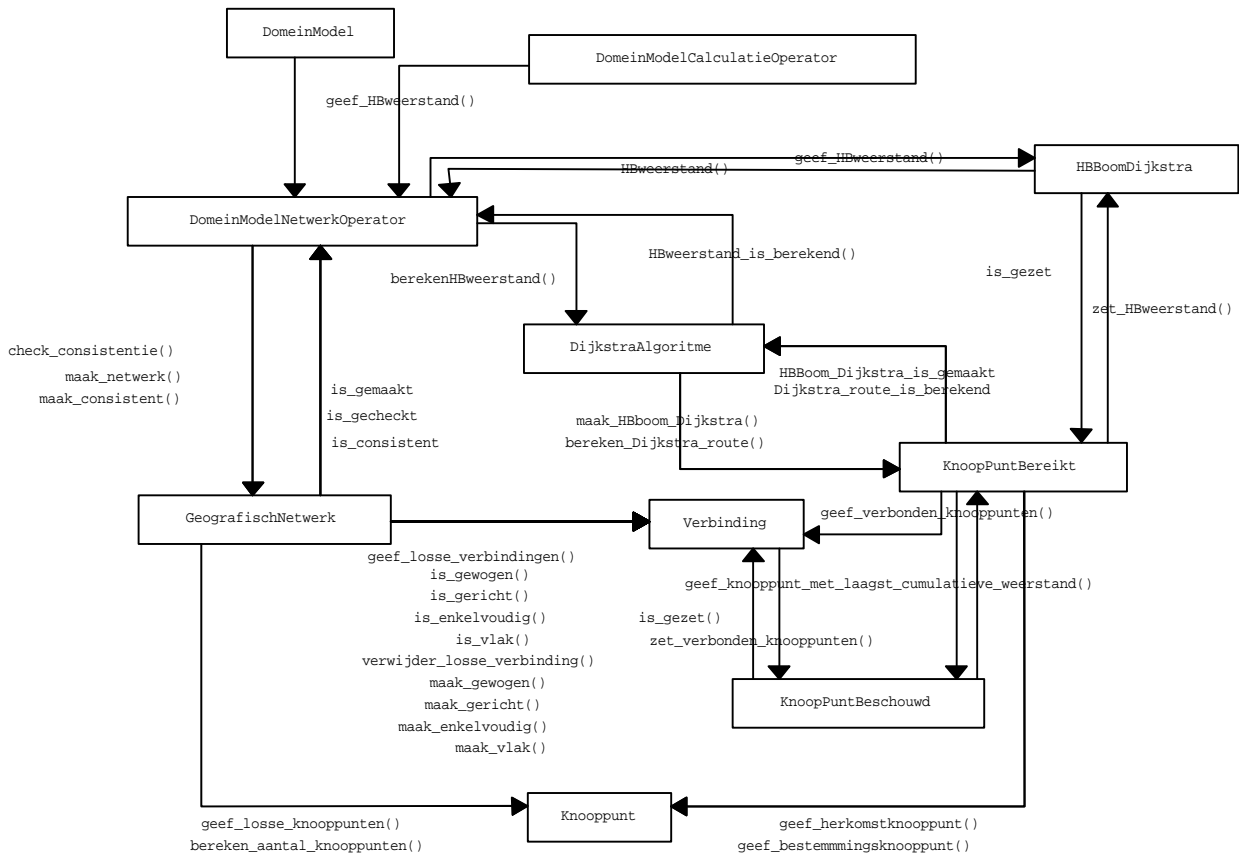
In de onderstaande figuren B6.1, B6.2 en B6.3 zijn de (interne) eventstroomdiagrammen uiteengezet voor respectievelijk de GIS-functies 'presentatie' en 'bestandsbeheer' en voor netwerkanalyse.



Figuur B6.1 Eventstroomdiagram voor de functie 'presentatie'



Figuur B6.2 Eventstroomdiagram voor de functie 'bestandsbeheer'



Figuur B6.3 Eventstroombiagram voor netwerkanalyse

BIJLAGE 7 Operatiespecificaties voor netwerkanalyse

maak_Netwerk (collectie GeografischNetwerk)

- **pre:**
- **post:**
- **gebruikt:** object van het type GeografischNetwerk
- **verandert:**
- **beschrijving:** deze operatie creëert een object van type GeografischNetwerk vanuit bestaand geodatasetsbestand; leest een bestaand netwerk in vanuit of een bestaand netwerkbestand of creëert een object van het type GeografischNetwerk uit een lijnenbestand.
- **pseudocode:**
 - lees geodataset1 en benoem herkomstknooppunten; benoemHerkomstKnooppunten
 - lees geodataset2 en benoem bestemmingsknooppunten; benoemBestemmingsKnooppunten
 - als geodataset3 is van geotype 'netwerk'
 - dan maakNetwerkVanNetwerk
 - return isGemaakt
 - als geodataset3 is van geotype 'lijn'
 - dan maakNetwerkVanLijnen
 - return isGemaakt
 - anders geef FoutMelding "Geodataset voor netwerkanalyse is onjuist"

benoemHerkomstKnooppunten
benoemBestemmingsKnooppunten
maakNetwerkVanNetwerk
maakNetwerkVanLijnen

check_consistentie (int verbinding:boolean)

- **pre:**
- **post:** een returntype boolean
- **gebruikt:** objecten van het type GeografischNetwerk
- **verandert:**
- **beschrijving:** deze operatie controleert of het bestaande netwerk consistent is, dat wil zeggen:
 - of alle objecten van het type HerkomstKnooppunt en BestemmingsKnooppunt als knooppunt aan het netwerk zijn verbonden;
 - of alle objecten van het type Verbinding zijn gewogen dat wil zeggen of voor deze objecten de attribuutvariabele weerstand is berekend.
 - of alle objecten van het type Verbinding zijn gericht dat wil zeggen of alle combinaties begin_knooppunt en eind_knooppunt volledig zijn.
 - of objecten van het type Knooppunt enkelvoudig zijn dat wil zeggen of tussen twee knooppunten meer dan een verbinding bestaat.
 - of op kruisingen of snijpunten van objecten van het type Verbinding een knooppunt is gelegen.
- **pseudocode:**
 - do is_verbonden
 - do is_gewogen
 - do is_gericht
 - do is_enkelvoudig
 - do is_vlak

is_verbonden (: boolean)

- **pre:**
- **post:** een returntype boolean
- **gebruikt:** alle objecten van het type GeografischNetwerk
- **verandert:**
- **beschrijving:** deze operatie geeft WAAR als alle knooppunten en verbindingen in het geografisch netwerk zijn aangetapt; dat wil zeggen of er geen 'losse' knooppunten of verbindingen zijn. Anders geeft ONWAAR.
- **pseudocode:**

294 Bijlagen

```
do geef_losse_verbindingen
do geef_losse_knooppunten
als LosseVerbinding.count > 1 OF LosKnooppunt.count > 1
    dan is_verbonden is ONWAAR
anders is_verbonden is WAAR
    return isVerbonden
```

geef_losse_verbindingen (int:collectie Losseverbinding)

- **pre:**
- **post:** voor GeografischNetwerk verandert attribuutvariabele isLosseVerbinding
- **gebruikt:** alle objecten van het type Verbinding
- **verandert:** attribuutvariabele isLosseVerbinding
- **beschrijving:** deze operatie zoekt in de collectie verbindingen of daarin losse verbindingen aanwezig zijn op basis van de knooppuntorder (de knooppuntorder is een attribuutvariabele van het knooppunt) en geeft een attribuutvariabele is_losse_verbinding een boolean waarde.
- **pseudocode:**
 - voor alle objecten van het type Verbinding
 - do bereken_beginknooppunt_order
 - do bereken_eindknooppunt_order
 - als begin_knooppunt_order.count = 1 EN eind_knooppunt_order.count = 1
 - dan isLosseVerbinding = WAAR
 - anders isLosseVerbinding = ONWAAR
 - return Verbinding

bereken_beginknooppunt_order (:Collectie)

- **pre:**
- **post:**
- **gebruikt:** alle objecten van het type beginKnooppunt
- **verandert:**
- **beschrijving:** deze operatie geeft een collectie met alle knooppunten en hun order; deze berekent eerst het aantal malen, dat een beginknooppunt in de lijst van Verbindingen voorkomt als begin of eindknooppunt.
- **pseudocode:**
 - do begin_knooppunt.count

bereken_eindknooppunt_order (:Collectie)

- **pre:**
- **post:**
- **gebruikt:** alle objecten van het type eindKnooppunt
- **verandert:**
- **beschrijving:** deze operatie geeft een collectie met alle knooppunten en hun order; deze berekent eerst het aantal malen, dat een eindknooppunt in de lijst van Verbindingen voorkomt als begin of eindknooppunt
- **pseudocode:**
 - do eind_knooppunt.count

geef_losse_knooppunten (:Collectie)

- **pre:**
- **post:** voor GeografischNetwerk verandert attribuutvariabele isLosKnooppunt
- **gebruikt:** alle objecten van het type Knooppunt
- **verandert:** attribuutvariabele isLosseKnooppunt
- **beschrijving:** in de lijst van knooppunten wordt gezocht of er losse verbindingen zijn op basis van de knooppuntorder; de knooppuntorder is een attribuutvariabele van het knooppunt.

- pseudocode:

```

voor objecten van het type Knooppunt
do bereken_beginknooppunt_order
do bereken_eindknooppunt_order
als begin_knooppunt_order = 0 EN eind_knooppunt_order = 0
    dan isLosseVerbinding = WAAR
anders isLosseVerbinding = ONWAAR
return isLosseVerbinding

```

```
is_gewogen (:Boolean)
```

- **pre:** GeografischNetwerk.is_verbonden

- **post:** een returntype boolean

- **gebruikt:** objecten van het type GeografischNetwerk

- **verandert:**

- **beschrijving:** deze operatie geeft WAAR als netwerk gewogen is, dat alle verbindingen in het geografisch netwerk zijn aangetapt en alle verbindingen hebben een weerstand. Anders geeft ONWAAR.

- pseudocode:

```

voor alle objecten van het type Verbinding waarvoor geldt is_verbonden = WAAR OF weerstand <= 0
do zet_is_gewogen = ONWAAR

```

```
is_gericht (:Boolean)
```

- **pre:**

- **post:** een returntype boolean

- **gebruikt:** alle objecten van het type GeografischNetwerk

- **verandert:**

- **beschrijving:** deze operatie geeft WAAR als elke verbinding een begin- en eindknooppunt heeft. Anders geeft ONWAAR.

- pseudocode:

```

voor alle objecten van het type Verbinding
    gerichteVerbindingBK = beginKnooppunt.missing.count
    gerichteVerbindingEK = eindKnooppunt.missing.count
als gerichteVerbindingBK > 0 OF gerichteVerbindingEK > 0
    dan is_gericht = ONWAAR
anders is_gericht = WAAR

```

```
is_enkelvoudig (:Boolean)
```

- **pre:**

- **post:** een returntype boolean

- **gebruikt:** alle objecten van het type GeografischNetwerk

- **verandert:**

- **beschrijving:** deze operatie geeft ONWAAR als tussen twee knooppunten meer dan één verbinding in het geografisch netwerk bestaat.

- pseudocode:

```

do beginKnoopPunt.sorteerNaarBeneden
do eindKnoopPunt.sorteerNaarBeneden
n = beginKnooppunt.get(1)
voor alle objecten van het type Verbinding
    enkelVoudigeVerbinding1 = beginKnooppunt.get(n)
    enkelVoudigeVerbinding2 = beginKnooppunt.get(n+1)
als enkelVoudigeVerbinding1 = enkelVoudigeVerbinding2
    dan is_enkelvoudig = WAAR
anders is_enkelvoudig = ONWAAR

```

```
is_vlak (:Boolean)
```

- **pre:**
- **post:** een returntype boolean
- **gebruikt:** alle objecten van het type `GeografischNetwerk`
- **verandert:**
- **beschrijving:** deze operatie geeft WAAR als op alle kruisingen van verbindingen in het geografisch netwerk knooppunten zijn opgenomen. Anders geeft ONWAAR.
- **pseudocode:**
 - voor alle objecten van het type `Verbinding`
 - do `AantalSnijpunten = Verbinding.bereken_kruisende_verbindingen.count`
 - als `AantalSnijpunten > 0`
 - dan `is_vlak = ONWAAR`
 - anders `is_vlak = WAAR`

```
bereken_kruisende_verbindingen (:Boolean)
```

- **pre:**
- **post:** een collectie verbindingen die elkaar snijden
- **gebruikt:** alle objecten van het type `Verbinding`
- **verandert:**
- **beschrijving:** deze operatie geeft WAAR als op alle kruisingen van verbindingen in het geografisch netwerk knooppunten zijn opgenomen. Anders geeft ONWAAR.
- **pseudocode:**
 - voor alle objecten van het type `Verbinding` ten opzichte van elkaar
 - do `bereken_side` \ \ dit algoritme bekijkt of twee verbindingen elkaar kruisen

```
maak_consistent (int GeografischNetwerk: boolean)
```

- **pre:**
- **post:** een returntype boolean
- **gebruikt:** objecten van het type `GeografischNetwerk`
- **verandert:**
- **beschrijving:** deze operatie maakt het geografisch netwerk consistent, dat wil zeggen:
 - zorgt dat alle objecten van het type `HerkomstKnoopPunt` en `BestemmingsKnoopPunt` als knooppunt aan het netwerk zijn verbonden;
 - zorgt dat alle objecten van het type `Verbinding` zijn gewogen, dat wil zeggen dat voor deze objecten de attribuutvariabele `Weerstand` is berekend;
 - zorgt ervoor dat alle objecten van het type `Verbinding` zijn gericht, dat wil zeggen dat alle combinaties `beginKnooppunt` en `Eindknooppunt` volledig zijn;
 - zorgt ervoor dat objecten van het type `KnoopPunt` enkelvoudig zijn, dat wil zeggen of tussen twee knooppunten meer dan een verbinding bestaat.
 - zorgt ervoor dat op kruisingen of snijpunten van objecten van het type `Verbinding` een knooppunt is gelegen.
- **pseudocode:**
 - als `is_verbonden = ONWAAR`
 - do `maak_verbonden`
 - als `is_gewogen = WAAR`
 - do `maak_gewogen`
 - als `is_gericht = ONWAAR`
 - do `maak_gericht`
 - als `is_enkelvoudig = ONWAAR`
 - do `maak_enkelvoudig`

```

als is_vlak = ONWAAR
do maak_vlak

maak_verbonden()
- pre: is_verbonden = ONWAAR
- post: is_verbonden = WAAR
- gebruikt: objecten van het type GeografischNetwerk
- verandert:
- beschrijving: deze operatie zorgt ervoor dat losse knooppunten worden aangetapt en losse verbindingen worden verwijderd.
- pseudocode:
    do aantappen_losse_knooppunten
    do verwijder_losse_verbindingen

aantappen_losse_knooppunten (int eenKnooppunt:)
- pre:
- post:
- gebruikt: objecten van het type GeografischNetwerk
- verandert:
- beschrijving:
- pseudocode:
    voor objecten van het type GeografischNetwerk waarvoor geldt is_losse_knooppunt = WAAR
    do zoek_dichtsbijzijnde_verbinding                \\ zoekt objecten van het type lijn uit collectie verbinding binnen
                                                       afstandsradius van de losseverbinding

    do bereken_dichtsbijzijnde_locatie_op_verbinding \\ berekent dichtsbijzijnde punt op een verbinding
    do toevoegen_verbinding                          \\ maakt verbinding; voegt verbinding toe aan collectie verbindingen
    do toevoegen_knooppunt                           \\ voegt dichtsbijzijnde punt en losseknooppunt toe aan collectie
                                                       knooppunten

verwijder_losse_verbindingen (int eenVerbinding:)
- pre: is_losse_verbinding = WAAR
- post: is_losse_verbinding = ONWAAR
- gebruikt: objecten van het type Verbinding
- verandert:
- beschrijving: deze operatie verwijdert een losse verbinding
- pseudocode:
    voor objecten van het type Verbinding waarvoor geldt is_losse_knooppunt = WAAR
    do Verbinding.delete

maak_gewogen
- pre: is_gewogen = ONWAAR
- post: is_gewogen = WAAR
- gebruikt: objecten van het type GeografischNetwerk
- verandert: de attribootvariabele is_gewogen
- beschrijving: deze operatie berekent voor objecten van het type Verbinding de weerstand in de vorm van de euclidische afstand
- pseudocode:
    voor alle objecten van het type Verbinding waarvoor geldt is_gewogen = ONWAAR
    do bereken_weerstand

Bereken_weerstand (int eenWeerstand:)

```

```

- pre:
- post:
- gebruikt: objecten van het type GeografischNetwerk
- verandert: de waarde voor de attribuutvariabele weerstand is berekend
- beschrijving: deze operatie berekent voor objecten van het type Verbinding de weerstand in de vorm van de euclidische afstand tussen het
  begin- en eindknooppunt.
- pseudocode:
  voor alle objecten van het type Verbinding waarvoor geldt is_gewogen = ONWAAR
    \\ zoek de coördinaten van de begin- en eindpunten
    \\ bereken kwadraatverschillen van x-coördinaten
    \\ bereken kwadraatverschillen van y-coördinaten
    \\ bereken verschil van de kwadraten
    \\ bereken wortel

```

```

maak_gericht

```

```

- pre: is_gericht = ONWAAR
- post: is_gericht = WAAR
- gebruikt: objecten van het type Verbinding
- verandert: de attribuutvariabele is_gericht
- beschrijving: deze operatie berekent voor objecten van het type Verbinding de begin- en eindknooppunten, zodat iedere verbinding over
  één beginknooppunt en één eindknooppunt beschikt.
- pseudocode:

```

```

maak_enkelvoudig

```

```

- pre: is_enkelvoudig = ONWAAR
- post: is_enkelvoudig = WAAR
- gebruikt: objecten van het type GeografischNetwerk
- verandert: de attribuutvariabele is_enkelvoudig
- beschrijving: deze operatie zorgt dat tussen twee knooppunten niet meer dan één verbinding in het geografisch netwerk bestaat.
- pseudocode:

```

```

maak_vlak()

```

```

- pre: is_vlak = ONWAAR
- post: is_vlak = WAAR
- gebruikt: objecten van het type GeografischNetwerk
- verandert: de attribuutvariabele is_vlak
- beschrijving: deze operatie zorgt dat op alle kruisingen van verbindingen in het geografisch netwerk knooppunten zijn opgenomen.
- pseudocode:
  voor alle verbindingen in het geografisch netwerk
  do bereken_snijpunten                                \\ bereken snijpunten van snijdende verbindingen
  do toevoegen_knooppunten                             \\ voeg snijpunten toe aan collectie knooppunten

```

```

bereken_snijpunten

```

```

toevoegen_knooppunten

```

```

maak_hb_boom_Dijkstra (int knooppunten)

```

```

- pre:
- post:
- gebruikt: alle objecten van het type DijkstraAlgoritme
- verandert:

```

- **beschrijving:** deze operatie maakt een hboom aan met behulp van het DijkstraAlgoritme. De hboom bestaat enkel uit een collectie herkomstknooppunten met bestemmingsknooppunten en weerstand.

- **pseudocode:**

```

voor alle objecten van het type HerkomstKnooppunt
do zet_HerkomstKnooppunt_in_KnooppuntBereikt{oidKnooppunt, weerstand, oidVorigeKnooppunt}
    \ herkomstKnooppunt wordt toegevoegd aan KnooppuntBereikt
do zet_VerbondenKnooppunt_in_KnooppuntBeschouwd{oidKnooppunt}
    \ voeg VerbondenKnooppunten toe aan collectie KnooppuntenBeschouwd
voor alle objecten van het type KnooppuntenBeschouwd
do geef_knooppunt_laagst_cumulatieve_weerstand
do KnooppuntBereikt.toevoegen_Knooppunt {oidKnooppuntActief, weerstand, oidVorigeKnooppunt}
    \ herkomstKnooppunt wordt toegevoegd aan KnooppuntBereikt voor knooppunten die nog niet zijn opgenomen in de collectie
    KnooppuntenBereikt.
do KnooppuntBeschouwd.verwijderen_knooppunt {oidKnooppuntActief, weerstand, oidVorigeKnooppunt}
    \ KnooppuntActief wordt verwijderd uit de collectie KnooppuntenBeschouwd
do bereken_Dijkstra_route

```

```
geef_knooppunt_laagst_cumulatieve_weerstand (:oid_herkomst_knooppunt)
```

- **pre:**

- **post:**

- **gebruikt:** objecten van het type KnooppuntBeschouwd

- **verandert:**

- **beschrijving:** deze operatie selecteert het knooppunt met de laagste cumulatieve weerstand uit de collectie KnooppuntenBeschouwd. Indien dit knooppunt al is opgenomen in de collectie knooppuntenbereikt, dan wordt het verwijderd uit de collectie KnooppuntenBeschouwd en wordt het volgende knooppunt met de laagst cumulatieve weerstand gezocht.

- **pseudocode:**

```

voor alle objecten in knooppuntenbeschouwd
do KnooppuntActief = KnooppuntBeschouwd.Weerstand.Minimum
als KnooppuntActief_is_in_KnooppuntBereikt
    dan KnooppuntBeschouwd.verwijderen_knooppunt {oidKnooppuntActief, weerstand, oidVorigeKnooppunt}
    \ KnooppuntActief wordt verwijderd van collectie KnooppuntenBeschouwd

```

```
toevoegen_knooppunt (int eenKnooppunt:)
```

- **pre:**

- **post:**

- **gebruikt:** objecten van het type KnooppuntenBereikt

- **verandert:**

- **beschrijving:** deze operatie voegt een knooppunt toe aan de collectie KnooppuntenBereikt

- **pseudocode:**

```
KnooppuntenBeschouwd.toevoegen{Oid}
```

```
verwijderen_knooppunt (int eenKnooppunt:)
```

- **pre:**

- **post:**

- **gebruikt:** objecten van het type KnooppuntenBeschouwd

- **verandert:**

- **beschrijving:** deze operatie verwijderd een knooppunt van de collectie KnooppuntenBeschouwd

- **pseudocode:** KnooppuntenBeschouwd.verwijder{Oid}

```
bereken_aantal_knooppunten(int aantalKnooppunten:)
```

300 Bijlagen

- **pre:**
- **post:**
- **gebruikt:** objecten van het type GeografischNetwerk
- **verandert:**
- **beschrijving:** deze operatie berekent het aantal knooppunten en geeft dit door
- **pseudocode:**
 aantalKnooppunten = GeografischNetwerk.geef_knooppunten.count

bereken_aantal_verbindingen (int aantalVerbindingen:)
- **pre:**
- **post:**
- **gebruikt:** objecten van het type GeografischNetwerk
- **verandert:**
- **beschrijving:** deze operatie berekent het aantal verbindingen en geeft dit door
- **pseudocode:**
 aantalVerbindingen = GeografischNetwerk.geef_verbinding.count

bereken_Dijkstra_Route()
- **pre:**
- **post:**
- **gebruikt:** objecten van het type KnooppuntenBereikt
- **verandert:** -
- **beschrijving:** deze operatie zorgt ervoor, dat voor het herkomstknooppunt naar alle bestemmingsknooppunten uit de collectie Knooppunten aan de hand van de collectie KnooppuntenBereikt de kortste route wordt berekend en wordt doorgegeven aan de collectie HBBoomDijkstra.
- **pseudocode:**
 RouteWeerstand = 0
 voor alle objecten van het type bestemmingsknooppunt in collectie Knooppunt
 do KnooppuntActief = Knooppunt.geef_bestemmingsknooppunt
 \\ zoek overeenkomstige knooppunt in KnooppuntenBereikt
 voor alle objecten van het type Knooppuntenbereikt
 do RouteWeerstand = Routeweerstand + Knooppuntenbereikt.geef_cumulatieve_weerstand(KnooppuntActief)
 \\ bereken de cumulatieve weerstand op de route van Knooppunt overeenkomst
 do VorigeKnooppunt(KnooppuntActief) = KnooppuntActief
 \\ pak vervolgens het volgende knooppunt op de 'route' hiervoor geldt dat het overeenkomt met het vorige knooppunt van het actieveknooppunt
 do zet_HBWeerstand_in_HBBoomDijkstra {HerkomstKnooppunt, BestemmingsKnooppunt, RouteWeerstand}

BIJLAGE 8 Besturing en gebruikersinteractie

1 Inleiding

GIS-applicaties zijn interactieve systemen, waarbij gebruikersinteractie centraal staat. De gebruiker werkt via een grafische interface met presentatieobjecten, die verwijzen naar dataobjecten; dit kunnen uiteenlopende (gebruikers)concepten zijn, zoals geo-objecten, geodatasets, probleemdominmodellen, grafische primitieven, et cetera. Bij het ontwerpen van de besturing of user interface gaat het erom op een consistente wijze het gebruiksgemak te vergroten door zowel de presentatie als operaties op de gegevens op een eenduidige wijze aan te bieden. Verschillende soorten objecten kunnen een rol spelen in GIS-applicaties, zodat afspraken gemaakt moeten worden over hoe met deze objecten om te gaan. Deze afspraken zijn in enkele basisconcepten vastgelegd. Hieronder worden de basisconcepten en de gebruikersinteractie nader geïllustreerd voor de in deze studie ontwikkelde GIS-applicaties.

2 Basisconcepten en gebruikersobjecten

Geografische objecten, attributen en attribuutdimensie

Objecten uit de geografische werkelijkheid hebben verschillende kenmerken of *attributen*. Naast thematische (en temporele) attributen zijn ruimtelijke attributen te onderscheiden. De ruimtelijke attributen verwijzen naar de absolute en relatieve ligging (locatie) van de objecten. De absolute ligging van de objecten wordt opgeslagen in de vorm van coördinaten (volgens een coördinatenstelsel), de relatieve ligging volgens wiskundige principes (topologie), zoals nabijheid en verbondenheid tussen objecten. De gebruiker van de applicatie hoeft zich eigenlijk geen zorgen te maken over de absolute en relatieve ligging van de objecten. Het is namelijk niet mogelijk de absolute ligging van objecten te wijzigen. De relatieve ligging wordt - voor zover van belang - door de applicatie geheel automatisch afgehandeld. De gebruiker heeft wel toegang tot de niet-ruimtelijke attributen van geografische objecten. Een geografisch object kan meerdere attributen hebben. Zo zijn de huurhoogte en het aantal kamers van een woning twee afzonderlijke attributen van het geografisch object 'woning'. Een attribuut wordt in de applicatie ook wel aangeduid met *thema*. Voor ieder attribuut geldt, dat het een *attribuutdimensie* heeft. Een dimensie is een verzameling eigenschappen, waarin de relevante (meta-)eigenschappen van attributen worden uitgedrukt, die van belang zijn voor het werken met de gegevens. Bijvoorbeeld de meeteenheid en het domein van het attribuut. Daarnaast heeft ieder geografisch object een *waarde* behorende bij het attribuut. De waarde behoort dan tot het attribuutdomein.

Geodatasets en (geo)grafische representatie

De geografische objecten worden via gegevensbestanden opgeslagen, weergegeven en bewerkt. Het concept *geodataset* speelt daarbij een belangrijke rol. Een geodataset is een set van geografische objecten, die op basis van thematische en ruimtelijke overeenkomsten gegroepeerd worden. Analoot aan de grafische primitieven worden vier typen geodatasets onderscheiden: punt, lijn-, netwerk- en polygoongeodatasets (zie figuur B8.1). Worden de liggingseigenschappen van geografische objecten opgeslagen in de vorm van (een verzameling) coördinaten, de grafische representatie naar de gebruiker toe, vindt plaats aan de hand van de drie grafische primitieven: *punt*, *lijn* en *gebied*. Geografische objecten kunnen, veelal afhankelijk van het gewenste schaalniveau, via verschillende grafische vormen worden weergegeven. Zo kunnen bijvoorbeeld woningen als een gebied (via het perceel of bouwblok) of als punt worden gepresenteerd in een kaart.

Het classificatieschema

Het classificatieschema speelt een belangrijke rol in de applicatie. Het classificatieschema bestaat uit één of meerdere klassen met bijbehorende minimum en maximumwaarden (en bijbehorende omschrijving van de klassen) en een stijl. Een classificatieschema bestaat onafhankelijk van een geodataset of attribuut. Een classificatieschema is aan een attribuutdimensie gebonden. Een bestaande specificatie van een classificatieschema kan gebruikt worden voor alle attributen met eenzelfde dimensie. Het voordeel van het werken met attribuutdimensies is, dat een classificatieschema veel generieker bruikbaar is. Voor de presentatie, waarbij een soortgelijk thema op basis van verschillende modelberekeningen gepresenteerd worden, hoeft, mits de klassewaarden gelijk worden gehouden, maar één classificatieschema voor het modelattribuut te worden aangemaakt.

De link tussen views

De views zijn gelinkt. Een selectie gemaakt in de kaartview met behulp van één van de drie selectietools (zie verderop kaarttools) wordt ook weergegeven via het highlighten in het bijbehorende tabelvenster en andersom.

Probleemdomeinspecifieke modellen zijn 'afhankelijke' objecten

Het bewaren van modelspecificaties betekent niet, dat de modeluitkomsten ook onmiddellijk worden berekend. Dit geschiedt pas indien het model als thema wordt gekozen in de kaartview, of als de tabelview voor de modelgebaseerde geodataset wordt geopend. Daarmee zijn de modelvariabelen afhankelijk van andere attribuut - de modelattributen - en de bij het model horende modelparameters. Een afhankelijk object weet

302 Bijlagen

hoe het is samengesteld en hoe het berekend moet worden, doordat de definitie van het modelobject wordt opgeslagen. De voordelen van het werken met de afhankelijke modelobjecten zijn:

- De gebruiker kan snel en eenvoudig de modelinput wijzigen en de parameter aanpassen om het model opnieuw te berekenen (en eventueel onder een andere naam op te slaan);
- Modellen worden - indien nodig - opnieuw berekend indien de onderliggende gegevens zijn veranderd. Ook is het mogelijk om in een model een modelattribuut te hebben, dat verwijst naar een (ander) afhankelijk model;
- Er is sprake van een (aanzienlijke) besparing van diskruimte doordat niet de gegevens, maar alleen de definitie wordt opgeslagen; en
- Voor de gebruikersinteractie betekent het werken met afhankelijke objecten, dat de gebruiker niet eerst een functie voor het berekenen hoeft te activeren. Op het moment dat de gebruiker de modelresultaten wil zien, wordt door het systeem 'on the fly' de resultaten berekend.

3 (Geo)Grafische User Interface

Een grafisch dialoogsysteem bestaat uit een combinatie van menu's, iconen, presentatie- en dialoogvensters. Het dialoogsysteem wordt via de muis en het keyboard door de gebruiker bestuurd. Er wordt hier gemakshalve verondersteld, dat het werken met Microsoft®Windows™ een verdere uitleg behoeft. De gebruikersinterface van de GIS-applicatie bestaat uit verschillende componenten, zoals de (hoofd)menubalk, de tools of instrumenten, de statusbalk, views of vensters en dialoogvensters (zie kleurenfiguren in bijlage 9). De menubalk geeft in de vorm van een hoofdmenu en onderliggende submenu's (zogenaamde popmenu's) een overzicht van de functionaliteit van de applicatie. De toolbalk bestaat uit een set van functies, die op de views betrekking hebben. Views zijn vensters, die een grafische of numerieke weergave van de gegevens geven. Tools worden via een icoon in de toolbalk geactiveerd. Iedere soort view heeft zijn eigen set van functies in de toolbalk. De statusbalk maakt melding van acties, die het systeem uitvoert en geeft een korte beschrijving van de aanwezige functies op het moment, dat de gebruiker via de muispointer een menu-optie of icoon aanwijst.

Views en Tools

Views zijn vensters, waarin de gegevens aan de gebruiker worden getoond. Diverse views worden onderscheiden voor de presentatie van gegevens in kaart, tabel, histogram, taartdiagram, scatterplot en tekst (reportview). De views worden in afzonderlijke vensters weergegeven en zijn herkenbaar aan een symbool en een door de gebruiker gegeven beschrijving van de betekenis van de view. Een kaartview presenteert de gegevens op (carto)grafische wijze, de tabelview op tabulaire wijze. In de kaartview worden één of meerdere geodatasets in een kaartbeeld met legenda getekend. De legenda functioneert tevens als instrument om de weergave van geodatasets in de kaartview te sturen (de legenda wordt dan ook aangeduid met legenda). Een kaartview heeft altijd een coördinatenstelsel en een projectie. Dit zal eerst ingesteld dienen te worden, alvorens de gegevens gevisualiseerd kunnen worden. In de applicatie is default gebruik gemaakt van de Nederlandse Rijksdriehoeks-meting voor het weergeven van geodatasets in kaartviews. Na het toevoegen van een geodataset aan een kaartview tekent het systeem de gegevens uit de betreffende geodataset in de kaartview en voegt de geodataset toe aan de legenda. De legenda heeft een legendafunctie, maar dient tevens om geodataset specifieke functionaliteit te activeren (zie figuur B8.1 en B8.2)

Geeft de kaartview een cartografische kijk op de gegevens, de tabelview presenteert de gegevens van een geodataset in een tabel bestaande uit kolommen en rijen. Er kunnen meerdere kaartviews en tabelviews tegelijkertijd geopend zijn. Via de kaartview en tabelview kan de gebruiker naast het presenteren van gegevens eveneens selecties maken en wijzigingen aanbrengen. Het maken van selecties en wijzigingen op views zijn te activeren via de specifieke tools. Naast presentatie van de ligging van de geografische objecten zijn instrumenten aanwezig om de presentatie naar eigen inzicht in te richten. Hiervoor zijn enkele instrumenten aanwezig, die bewerkingen op de views mogelijk maken. Via de kaarttools is het mogelijk geografische objecten via het kaartbeeld te selecteren op basis van verschillende grafische figuren (punt, cirkel, rechthoek, polygoon). Daarnaast kan naar believen op de gewenste geografische setting (gebied van 'interesse') worden in- en uitgezoomd. Via tabeltools wordt het toevoegen en verwijderen van kolommen aan de tabel geregeld en is het wijzigen en zoeken van de waarden in de tabel eenvoudig uitvoerbaar.

Dialoogvensters voor gebruikersspecificatie

Ook via dialoogvensters kan de gebruiker input aan het systeem geven. Dialoogvensters of invulschermen vragen de gebruiker om input bij het opvragen en bewaren van specificaties, zoals classificatieschema's en modelspecificaties (zie figuur B8.2). Een dialoogvenster bestaat uit één of meerdere invoervelden, waarin de gebruiker inputvariabelen specificeert.

Het hoofdmenu

Nadat de applicatie is opgestart verschijnt het applicatievenster bestaande uit de volgende componenten: titelbalk, menubalk, de kaartview, toolbalk en statusbalk. De menubalk geeft het hoofdmenu van de applicatie aan met daarin zeven opties: *Bestand*, *Bewerken*, *Presentatie*,

Modellen, Analyse, Vensters en *Help*. Deze opties zullen altijd aanwezig zijn in de menubalk van het hoofmenu. Onder iedere menu-optie zit een zogenaamd poppupmenu (zie figuur 6.23). Bij het activeren van menu-opties met een > verschijnt een tweede poppupmenu.

Contextafhankelijke menu's

De applicatie werkt tevens met zogenaamde contextafhankelijke menu's. Dit zijn menu's, die zichtbaar worden indien de rechter muistoets wordt ingedrukt op een bepaald object. Contextafhankelijke menu's zijn aan te treffen bij:

- lijstvensters van geodatasets, modellen, classificatieschema's, views en attribuutdimensies. In het contextafhankelijke menu verschijnt een lijst met menuopties op het object te tonen, te wijzigen, te verwijderen en te printen (zie bijvoorbeeld figuur B8.2 en b8.3);
- door de gebruiker te wijzigen data in het classificatieschema (zie figuur B8.2);
- door de gebruiker te wijzigen data in modellen (met name verwijzingen naar andere modellen).

Contextafhankelijke menu's hebben als voordeel, dat de gebruiker op verschillende locaties in de applicatie een object kan benaderen voor het uitvoeren van een functie.

4 Basisfuncties en dialoogvensters op een rij

Gebruikersfuncties voor bestandsbeheer

Onder *Bestand* bevinden zich de functies voor het oproepen en bewaren van de werkruimte en de daarbij behorende desktops. Tevens is een functie aanwezig om een tabel te exporteren naar een extern leesbaar bestand. Daarmee is het mogelijk de resultaten van (model)berekeningen van de applicatie binnen andere applicaties (bijvoorbeeld een statistisch programma) te (her)gebruiken. De volgende gebruikersfuncties zijn aan te treffen onder de optie *Bestand*:

<i>Bestand/Nieuw werkblad</i>	Opent een nieuw werkblad. Het werkblad krijgt een default bestandsnaam: 'NONAME.dsk'. Als de gebruiker het werkblad wil bewaren moet hij kiezen voor <i>Bestand/Opslaan werkblad</i> of <i>Bestand/Opslaan werkblad als ...</i>
<i>Bestand/Open werkblad</i>	Opent een bestaande werkbladbestand. De gebruiker dient via een dialoogbox een bestand te kiezen en deze te openen.
<i>Bestand/Opslaan werkblad</i>	Bewaart de huidige desktop onder de dezelfde naam.
<i>Bestand/Opslaan werkblad als ...</i>	Bewaart het werkblad onder een nieuwe naam. De gebruiker krijgt een dialoogbox, waarin de naam van de file kan opgeven. Indien het werkblad al bestaat vraagt de applicatie of het bestaande werkblad overschreven dient te worden.
<i>Bestand/Open werkruimte</i>	De gebruiker kan een andere werkruimte openen via een dialoogbox.
<i>Bestand/Importeer geodataset</i>	Importeert een geodataset.
<i>Bestand/Exporteer geodataset</i>	Exporteert een geodataset.
<i>Bestand/Afsluiten</i>	Verlaat de applicatie en keert terug naar Microsoft®Windows™.

Onder *Bewerken* bevinden zich de functies voor het bewerken van gegevens en het selecteren. Deze zullen hier niet aan de orde worden gesteld.

Gebruikersfuncties voor presentatie; het interactief werken met views

Nadat een werkruimte is gekozen kunnen in het lege werkblad views op de gegevens geopend worden, zoals het openen van een geografische kijk op de gegevens.

- Presentatie/Kaart* In het werkblad verschijnt een leeg venster met een legenda. Tevens wordt na het activeren van *Presentatie/Kaart* de icoonbalk automatisch geopend met kaarttools. De *kaarttools* bevat alle instrumenten, die ter beschikking staan om de kaartview te besturen (zie verderop). Deze kaarttools zijn als afzonderlijke iconen opgenomen in de Toolbar. Om een geodataset in de kaartview te visualiseren kiezen we vanuit de legenda uit het contextafhankelijke menu de menu-optie *Toevoegen geodataset* (zie figuur B8.2). In het kaartviewvenster worden de kaartlagen afgebeeld. In een kaartviewvenster kunnen meerdere kaartlagen over elkaar heen worden getekend.
- Presentatie/Tabel* Vanuit de menu-optie *Presentatie/Tabel* of via het contextmenu in de kaartlegenda (zie figuur B8.2) kunnen tabellen worden geopend. Opent de tabel in een apart venster met alle attributen van de actieve geodataset. Het systeem zal automatisch nog niet gegenereerde attributen gaan genereren. Wanneer een nieuwe tabel wordt geopend, dan wel een reeds aanwezige tabel wordt geactiveerd, verandert de toolbalk. Analoog aan de kaarttools verschijnen een aantal tabeltools, die als button met icoon in de verticale toolbalk worden weergegeven. Bij de tabelview wordt een viertal buttons onder-scheiden.

De *Presentatie*-opties *Report*, *Histogram*, *Scatterplot* en *Taartdiagram* worden hier niet verder aan de orde gesteld (zie figuur 6.23).

De legenda

Via de legenda worden de presentatievensters bestuurd. Voor de kaartview is een kaartlegenda in het kaartvenster opgenomen. Allereerst dient de gebruiker via het contextafhankelijke menu een geodataset te openen om af te beelden in de kaartview (zie figuur B8.2). Iedere geodataset, die via *Toevoegen geodataset* in het kaartviewvenster wordt afgebeeld, wordt direct opgenomen in de legenda. In de legenda worden default drie aspecten van de geodataset zichtbaar, namelijk de naam van de geodataset, of de kaartlaag getekend is en met welk grafisch symbool de objecten getekend worden in het kaartviewvenster. Derhalve bestaat een legenda uit een of meerdere geodatasets, die altijd drie componenten weergeven (zie figuur B8.2):

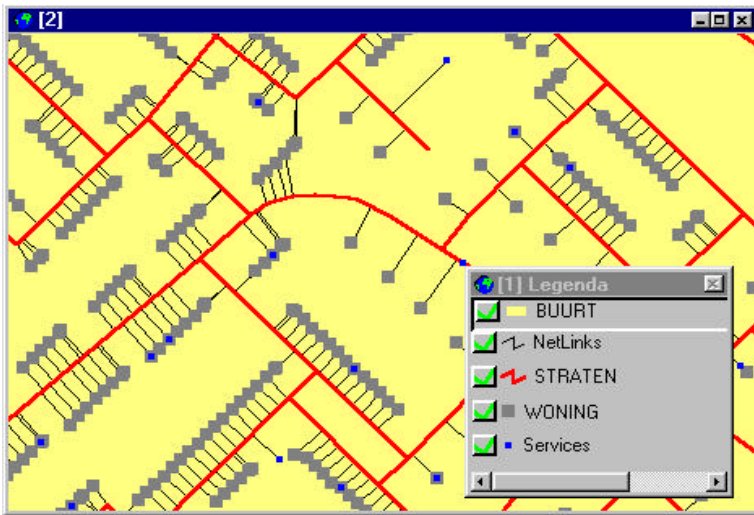
1. een aan/uit symbool voor het in het kaartviewvenster zichtbaar zijn van de geodataset;
2. de geodatasetnaam; en
3. het grafische symbool, waarmee de objecten uit de geodataset in het kaartviewvenster worden getekend.

Via het aan/uit symbool kan de kaartlaag tijdelijk niet zichtbaar worden gemaakt door op de groene *V* voor de naam van de geodataset te klikken. Deze *V* verandert vervolgens in een rode *X* en de kaartlaag is niet meer zichtbaar in het kaartviewvenster. Na het activeren van de rode *X*, wordt de kaartlaag opnieuw zichtbaar en verschijnt de groene *V*.

De weergave van geodatasets in kaartviewvensters kan via het contextafhankelijke popupmenu verder gestuurd worden. Plaats hiervoor de cursorpositie op een geodatasetnaam in de legenda van een kaartviewvenster, klik met rechtermuisknop en een menu verschijnt. Vanuit dit menu kunnen een aantal specifieke functies worden geactiveerd zie figuur B8.2):

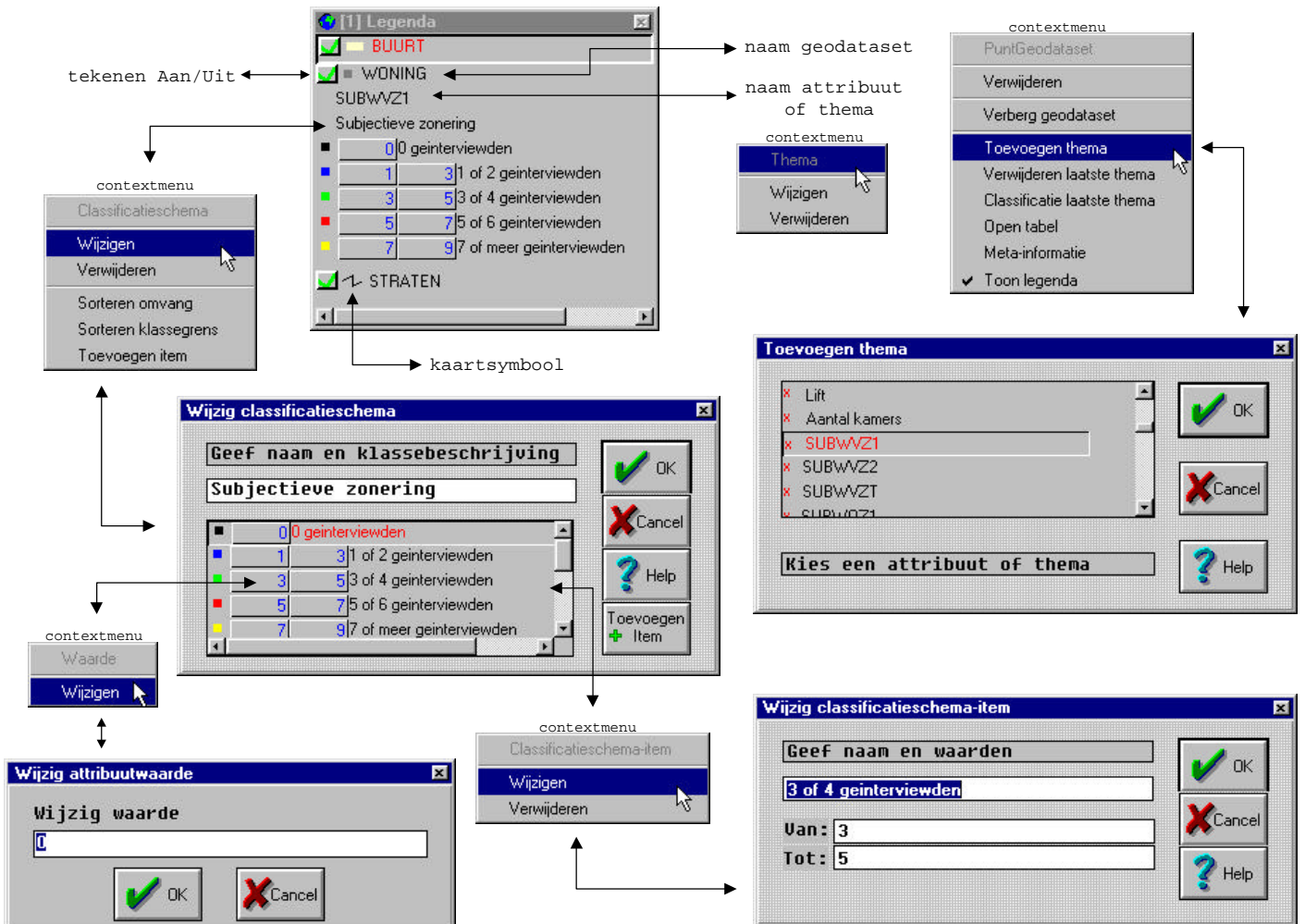
<i>Toevoegen geodataset</i>	Voor het toevoegen van nieuwe kaartlagen in de kaartview. De gebruiker krijgt een dialoogvenster gepresenteerd, waarin kan worden aangegeven welke kaartlagen hij wil openen. Door de Shift-toets ingedrukt te houden, kunnen meerdere geodatasets tegelijkertijd worden toegevoegd aan de actieve kaartview. Geodatasets kunnen tevens via de legenda worden toegevoegd. Het verwijderen van geodatasets van het kaartviewvenster is alleen mogelijk via de legenda.
<i>Verwijderen geodataset</i>	Verwijdert de geodataset uit de kaartview en legenda.
<i>Toon/Verberg geodataset</i>	Via de <i>Toon/Verberg geodataset</i> -optie kan de kaartlaag tijdelijk (niet) zichtbaar worden gemaakt. Deze optie komt overeen met de aan/uit optie van de geodatasets in de legenda (groene <i>V</i> en rode <i>X</i>).
<i>Toevoegen thema</i>	Om in een kaartview een thematische weergave van de gegevens te verkrijgen, wordt de optie <i>Toevoegen thema</i> geactiveerd. Indien de <i>Toevoegen thema</i> -optie wordt geactiveerd, verschijnt een overzicht van de attributen van de betreffende actieve geodataset. Het systeem zoekt bij het attribuut vervolgens een bijbehorend default classificatieschema en gebruikt het schema om het thema te visualiseren in de kaartview. Wordt een thema gekozen, dan zal in principe het default classificatieschema worden gebruikt. De gebruiker kan dit wijzigen of een nieuw schema specificeren. Indien geen classificatieschema aanwezig is, kan een nieuw schema worden aangemaakt.
<i>Verwijder thema</i>	Het verwijderen van de (laatste) thematische weergave van een attribuut van de geodataset.
<i>Open Tabel</i>	Opent een tabelview met daarin de tabel behorende bij de geodataset.
<i>Toon/Verberg legenda</i>	Toont of verwijdert (tijdelijk) de legenda of legenda van het kaartviewvenster.
<i>Classificatieschema</i>	Voor de specificatie van een classificatiediagram. Presenteert de gebruiker een overzicht met classificatiediagrammen, waaruit het gewenste classificatiediagram wordt gekozen. Wanneer een thema wordt gekozen via (het popupmenu van) de legenda, verschijnt in de legenda het default classificatieschema; het schema dat gebruikt wordt om in de thematische kaart te gebruiken. Met behulp van de <i>Wijzigen</i> -optie uit hetzelfde popupmenu krijgen we een dialoogvenster, waarin het classificatiediagram kan worden aangepast (zie figuur B8.2).

Het grafisch symbool geeft aan hoe de objecten in het kaartviewvenster worden weergegeven. De applicatie bepaalt zelf aan de hand van het type geodataset of de objecten met een punt, lijn of gebiedssymbool worden getekend. De gebruiker is vervolgens vrij om de objecten in het kaartviewvenster met een ander grafisch symbool weer te geven. Daarvoor bevat de applicatie een default set van punt-, lijn- en gebiedssymbolen. Ieder grafisch symbool heeft drie kenmerken - kleur, grootte en vorm - die afzonderlijk kunnen worden gewijzigd. Een contextafhankelijk menu is ook aan te treffen wanneer de rechtermuistoets op het kaartsymbool wordt geplaatst (zie figuur B8.2). Een drietal menu-opties voor het wijzigen van het kaartsymbool verschijnen:



Figuur B8.1 Kaartview met legenda; presentatie netwerk


- Vorm** De stijl van het symbool waarmee het object in de kaartview grafisch is weergegeven, kan via de optie *Vorm* gewijzigd worden. Een keuzevenster verschijnt, waarin via een nummer de vorm van de grafische presentatie kan worden ingesteld.
- Omvang** De omvang van het symbool, waarmee het object in de kaartview grafisch is weergegeven, kan via de optie *Omvang* gewijzigd worden. Een invulvenster verschijnt, waarin via een nummer de omvang van de grafische presentatie kan worden ingesteld.
- Kleur** De kleur van het symbool, waarmee het object in de kaartview grafisch is weergegeven, kan via de optie *Kleur* gewijzigd worden. Een keuzevenster verschijnt, waarmee de kleur van de grafische presentatie kan worden ingesteld.



Figuur B8.2 Legenda en contextmenu's


De kaarttools

Met de kaarttools wordt de weergave van de geodatasets in de kaartview bestuurd. De tools hebben ofwel betrekking op het geografisch bepalen van het af te beelden deel van de geodataset (het geografisch blikveld) ofwel op de selectie van geografische objecten via het kaart-viewvenster. Iedere tool heeft een eigen passende cursor. De cursor van de kaarttool is slechts zichtbaar indien de cursorpositie zich in een kaartviewvenster bevindt. De cursor verandert weer terug, door een andere kaarttool te activeren. Hieronder zijn de diverse kaarttools weergegeven:

- 
1. Indien geen actie op de kaartview hoeft plaats te vinden.
 2. Wanneer alle geodatasets volledig in het kaartbeeld gevisualiseerd willen hebben.
 3. Voor het visualiseren van één specifieke geodataset.
 4. Met deze tool wordt het geografisch blikveld verplaatst van de cursorpositie in het kaartviewvenster (via muisklik en sleep) naar de positie in het kaartviewvenster waar de cursor wordt losgelaten.
 5. Verplaatst de objecten naar de cursorpositie (via muisklik) in het kaartviewvenster en zoomt in.
 6. Verplaatst de objecten naar de cursorpositie (via muisklik) in het kaartviewvenster en zoomt uit.
 7. Zoom in op een rechthoekig geografisch blikveld, dat met behulp van de cursor (via klik en sleep) is bepaald.
 8. Met de *Info*-button wordt een link gelegd tussen een kaartview en een tabelview. *Info* functioneert alleen indien naast de kaart-view ook de tabelview van de actieve geodataset geopend is. Met behulp van de *Info*-cursor wordt via het kaartviewvenster een object aangewezen (via één muisklik), waarna vervolgens het object via de tabelview wordt weergegeven: de rij met attribuut-waarden wordt zichtbaar gemaakt via highlighting. Wanneer een nieuwe selectie wordt gemaakt, gaat de actieve selectie verloren, behalve indien de *SHIFT-toets* tijdens de klik-sleep actie wordt ingehouden. In dat geval worden selecties gecombineerd. Indien uit een geselecteerde set één of meerdere objecten gedeselecteerd moet worden, dient van de *CTRL-toets* gebruik gemaakt te worden.
 9. Met deze tool kan de afstand gemeten worden (via klik en sleep) met behulp van de cursor in het kaartviewvenster. De applicatie geeft vervolgens de afstand weer in de statusbalk.
 10. Selecteert de objecten van de actieve geodataset met behulp van de cursor (via klik en sleep) door een rechthoekig geografisch blikveld af te bakenen. De geselecteerde objecten lichten vervolgens op in de kaartview en, indien aanwezig, in de tabelview van de actieve geodataset.
 11. Selecteert de objecten van de actieve geodataset met behulp van de cursor (via klik en sleep) door met een cirkel een geografisch blikveld af te bakenen. De geselecteerde objecten lichten vervolgens op in de kaartview en, indien aanwezig, in de tabelview van de actieve geodataset.
 12. Selecteert de objecten van de actieve geodataset met behulp van de cursor (via klik en sleep) door met een polygoon het geografisch blikveld af te bakenen. De polygoon wordt getekend met de cursor: met iedere klik-sleep-klik wordt een rechte lijn getekend; een dubbel-klik maakt de polygoon sluitend. De geselecteerde objecten lichten vervolgens op in de kaartview en, indien aanwezig, in de tabelview van de actieve geodataset.

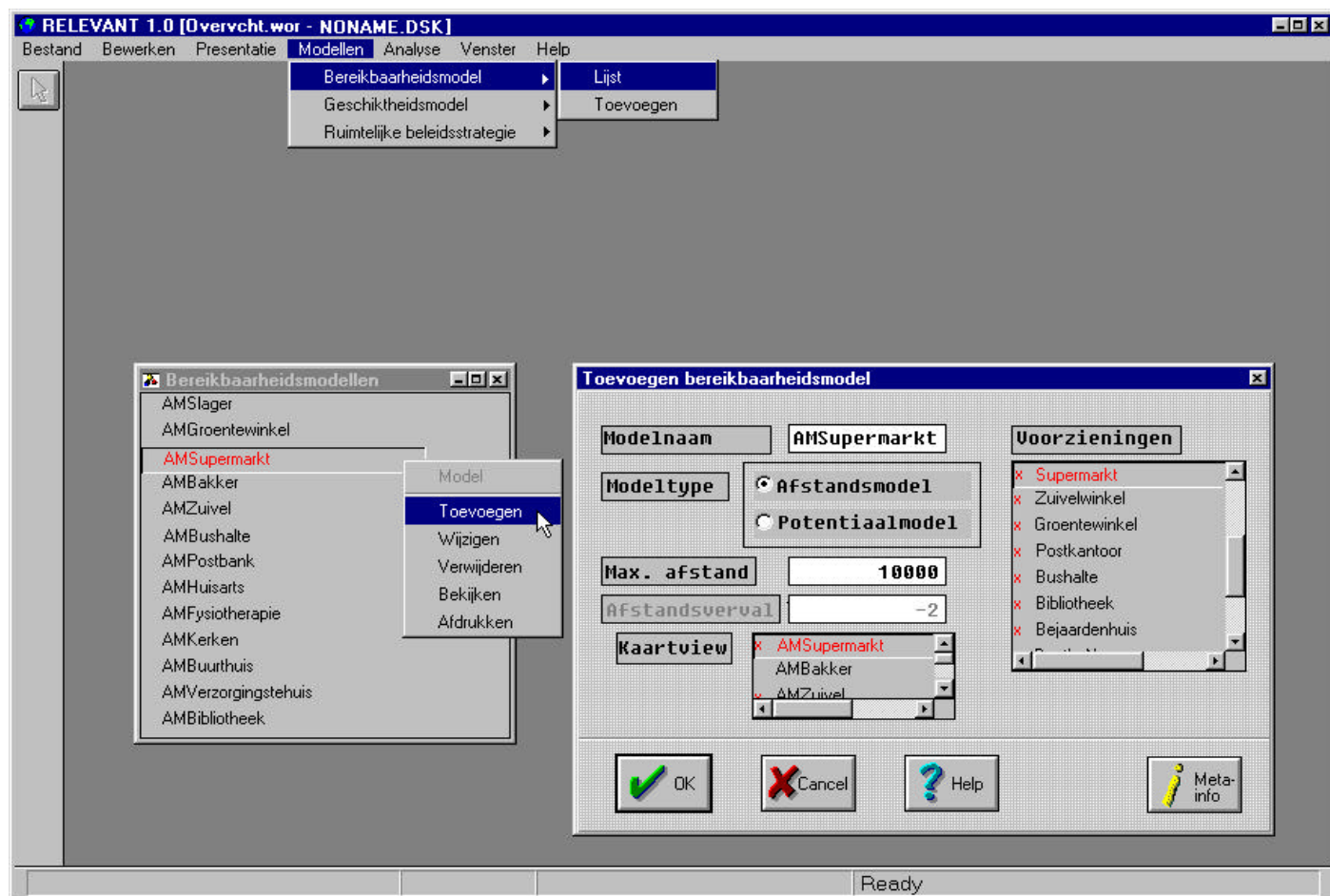
De tabeltools

Een viertal bewerkingen zijn mogelijk op de tabellen:

- 
1. Voor het toevoegen van een kolom aan de actieve tabel. De applicatie vraagt via een invulscherf om de naam van de kolom en voegt automatisch de kolom toe aan de tabel.
 2. Voor het verwijderen van een kolom van de actieve tabel. De applicatie vraagt via een invulscherf om confirmatie of de actieve kolom verwijderd moet worden.
 3. Voor het zoeken van een record in de tabel op basis van een waarde van en de actieve kolom. De applicatie vraagt via een invulscherf om de waarde en verplaatst de focus (de cursor) naar het eerste record in de tabel, dat aan de waarde voldoet.
 4. Voor het wijzigen van waarden voor alle geselecteerde records in de actieve kolom van de (actieve) tabelview of tabel. De applicatie vraagt via een invulscherf om de waarde.

De optie **Modellen** in het hoofdmenu opent een poppupmenu, waarin een keuzelijst verschijnt (zie figuur B8.3). Voor alle menuopties uit deze keuzelijst geldt een suboptie, waarin de keuze-opties *Lijst* en *Toevoegen* verschijnt. Via het activeren van de optie *Toevoegen* of *Lijst* kan respectievelijk een nieuwe modelspecificatie worden aangemaakt of wordt een overzichtlijst getoond van de in de onderhavige werkruimte aanwezige modelspecificaties. Om een probleemdomainspecifiek model mee te nemen in de analyse, dient dit model eerst gespecificeerd te worden. Het activeren van de menuoptie *Toevoegen* leidt tot een dialoogvenster, waarin de gebruiker een naam voor het model, het modeltype en andere modelvariabelen en modelparameters moet opgeven. Met de OK button wordt dit model bewaard, de uitkomsten worden pas gegenereerd als het thema 'gebruikt' gaat worden, bijvoorbeeld als het als direct of indirect als thema voor de kaart wordt gekozen.

Voor het werken met modellen zijn de volgende gebruikersfuncties beschikbaar:



Figuur B8.3 Gebruikersinteractie met bereikbaarheidsmodellen

Model\Toevoegen

Kiest de gebruiker voor het toevoegen van een nieuw model, dan wordt een lege dialoogbox gepresenteerd met mogelijkheden om het model een naam te geven, aan te geven welk type model het is, et cetera. Door een OK button wordt het model onder de naam die de gebruiker heeft gespecificeerd bewaard. Is er geen naam gespecificeerd dan geeft de applicatie automatisch een waarschuwing.

Model\Lijst

Kiest de gebruiker voor *Lijst*, dan wordt een overzichtlijst van de aanwezige modellen gepresenteerd. Via een contextmenu heeft de gebruiker vervolgens de mogelijkheden voor de menu-opties *Toevoegen*, *Wijzigen*, *Verwijderen*, *Bekijken* en *Afdrukken*.

Model\Wijzigen

Bij de keuze voor het wijzigen van een model wordt een dialoogvenster gepresenteerd met de parameters van het

opgegeven model. De gebruiker kan deze wijzigen en het model opnieuw bewaren (zie figuur B5.1).

Model\Verwijderen Bij de keuze voor het verwijderen van een model wordt een dialoogvenster gepresenteerd met de parameters van het opgegeven model. De gebruiker kan deze wijzigen en het model opnieuw bewaren (zie figuur B5.2).

Model\Bekijken Bij de keuze voor het bekijken van een model wordt een dialoogvenster gepresenteerd met de parameters van het opgegeven model. De gebruiker kan deze niet wijzigen en opnieuw bewaren (zie figuur B5.3).

Model\Afdrukken Opent een dialoogvenster met bestaande modellen. Vanuit deze dialoogbox kan een model gekozen worden om te wijzigen, dan wel een nieuw model gekozen worden.

Hieronder wordt de gebruikersinteractie met bereikbaarheidsmodellen in *RELEVANT* (zie hoofdstuk 8) beschouwd. Specificatie van een bereikbaarheidsmodel in *RELEVANT* vindt plaats via de functie in het hoofdmenu *Modellen* (zie figuur B8.2). De optie *Modellen* opent een popupmenu, waarin een tweetal menu-opties verschijnen: *Bereikbaarheidsmodellen* en *Geschiedismodellen*. Het is mogelijk nieuwe modellen toe te voegen en bestaande modelspecificaties te wijzigen, verwijderen of te tonen. Via het activeren van *Toevoegen* of *Lijst* kan respectievelijk een nieuwe modelspecificatie worden aangemaakt of wordt een overzichtlijst getoond van de in de onderhavige werkruimte aanwezige modelspecificaties. De optie *Lijst* opent een keuzelijst met bestaande bereikbaarheidsmodellen. Vanuit deze keuzelijst kan via een contextmenu een model gekozen worden om te wijzigen, dan wel een nieuw model gekozen worden. Bij de keuze voor het wijzigen van een model wordt een dialoogvenster gepresenteerd met de parameters van het model. De gebruiker kan deze wijzigen en het model opnieuw bewaren. Met de *OK*-button wordt dit model bewaard, de uitkomsten worden pas gegenereerd als het attribuut gebruikt gaat worden, bijvoorbeeld als het als direct of indirect (in een geschiktheidsmodel) als thema voor de kaart wordt gekozen. Kiest de gebruiker voor een nieuw model via de optie *Toevoegen*, dan wordt een default dialoogvenster gepresenteerd met de mogelijkheid om het model een naam te geven, aan te geven welk type model het is, welk voorzieningstype wordt geanalyseerd, wat de maximale afstand is die meegenomen dient te worden in het model. Door een *OK*-button wordt het model onder de naam die de gebruiker heeft gespecificeerd bewaard. Is er geen naam of voorzieningstype gespecificeerd dan geeft *RELEVANT* automatisch een waarschuwing. Het bewaren van modelspecificaties betekent in *RELEVANT* niet, dat de modeluitkomsten ook onmiddellijk worden berekend. Dit geschiedt pas indien het model als thema wordt gekozen in de kaartview, of als de tabelview voor de geodataset 'woningen' wordt geopend. Via de link met de kaartview worden de geodatasets gespecificeerd, waarop de modelberekeningen betrekking hebben. De eerste geodataset wordt beschouwd als de verzameling vraagobjecten en de tweede geodataset als verzameling aanbodobjecten. De derde geodataset wordt gezien als het netwerk. Het systeem controleert eerst of alle vraag en aanbodobjecten aan het netwerk zijn aangetapt (zie figuur B8.1). Met behulp van het wegenbestand wordt in *RELEVANT* een netwerk gebouwd. De snijpunten van de wegen worden de knooppunten in het netwerk, verbonden met de wegsegmenten, de verbindingen. Vervolgens worden deze links 'opgeknippt' om de vraag- en aanbodlocaties (veelal woningen en voorzieningen) aan dit netwerk te kunnen koppelen (zie figuur B8.1). Uiteindelijk is dan een gesloten netwerk gecreëerd waarover afstanden worden berekend. De knooppunten en verbindingen worden in een intern formaat in een netwerkbestand weggeschreven.

Analyse

Onder de optie **Analyse** in het hoofdmenu worden de specifieke analysefuncties van de applicatie geplaatst. Voorbeelden van deze analyse-functies zijn statistische analyse, het berekenen van afgeleide modelindicatoren en functies voor het genereren van reports (zie figuur 6.23).

Vensters

Onder de optie **Venster** bevindt zich de standaard functies voor het weergeven en rangschikken van meerdere vensters op een werkblad.

De menu opties in het popup menu zijn overigens, indien geen vensters actief zijn, inactief (grijs). Worden er wel vensters geopend (kaartviews of tabelviews) dan verschijnen deze in een lijstje onder deze menuoptie en worden bovengenoemde opties zwart(actief) weergegeven.

Vensters\Trapsgewijs Alle vensters worden over elkaar afgebeeld in het werkblad.

Vensters\Naast elkaar Alle vensters worden naast elkaar afgebeeld in het werkblad.

Vensters\Pictogrammen rangschikken Alle pictogrammen worden gerangschikt

Vensters\Sluiten Alle venster worden gesloten en een leeg werkblad verschijnt.

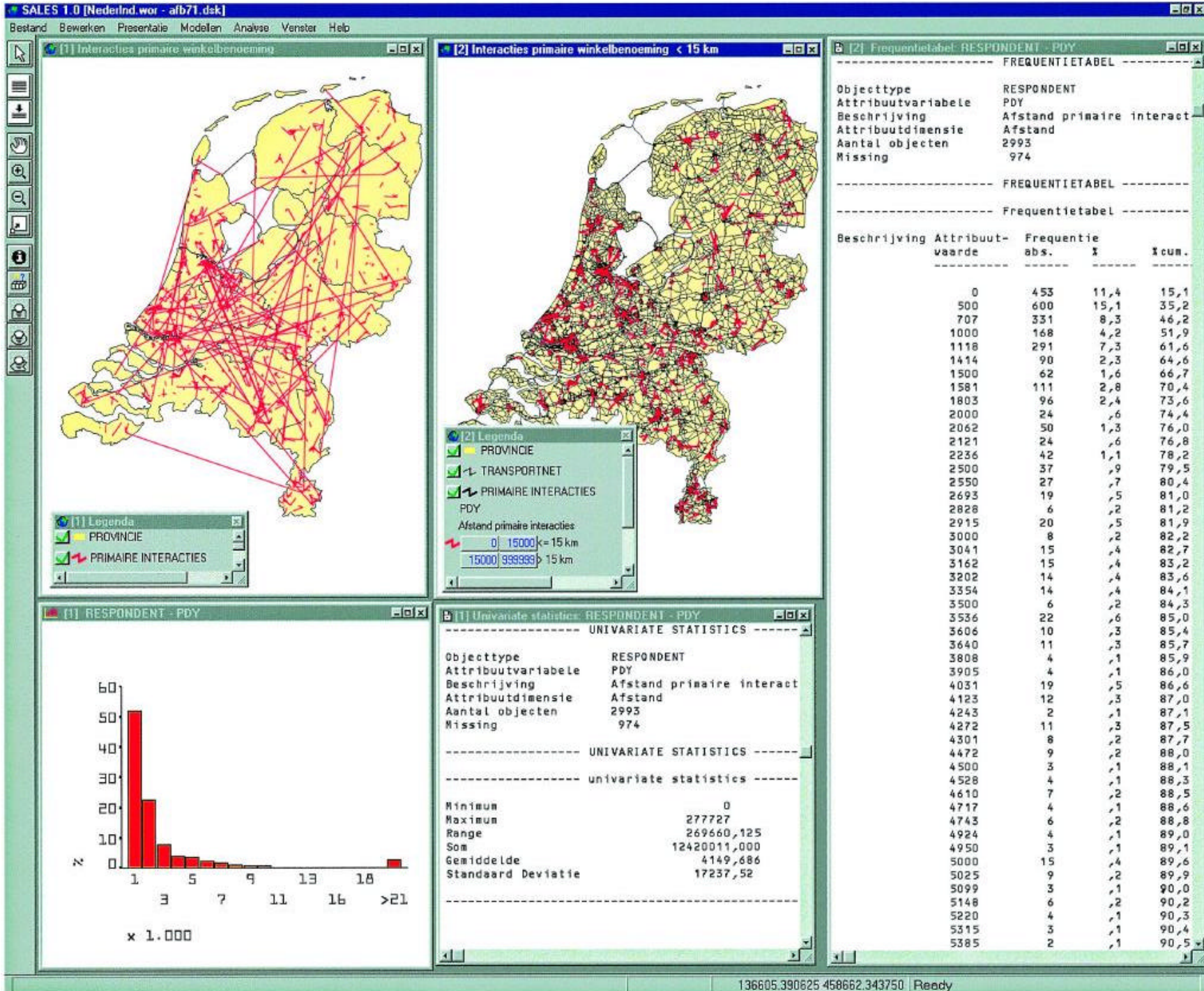
Help

Onder **Help** bevindt zich het Help-systeem, waarmee aan de hand van een aantal trefwoorden de concepten, functies en werkwijze van de applicatie zijn opgenomen.

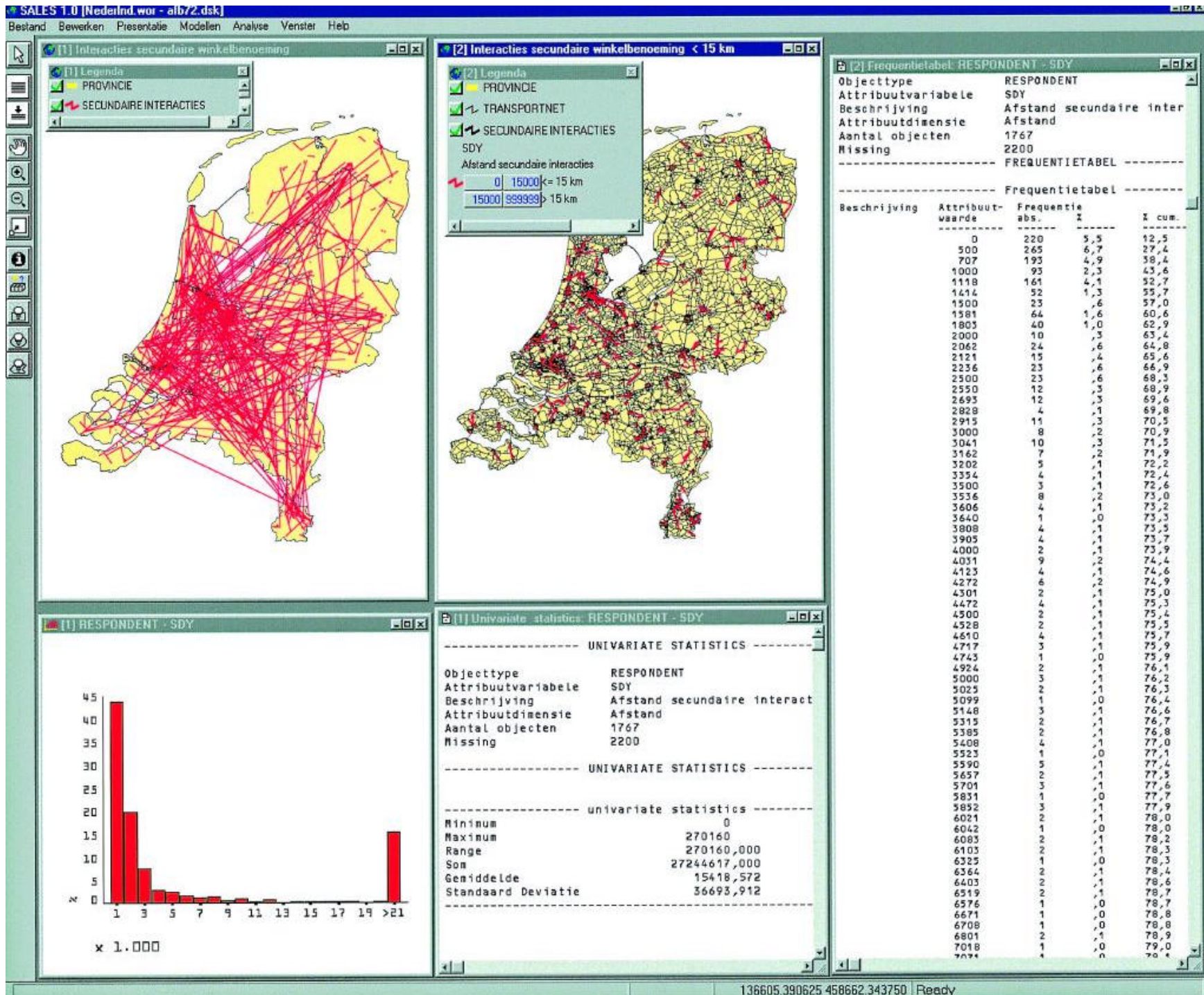
BIJLAGE 9 Kleurenfiguren

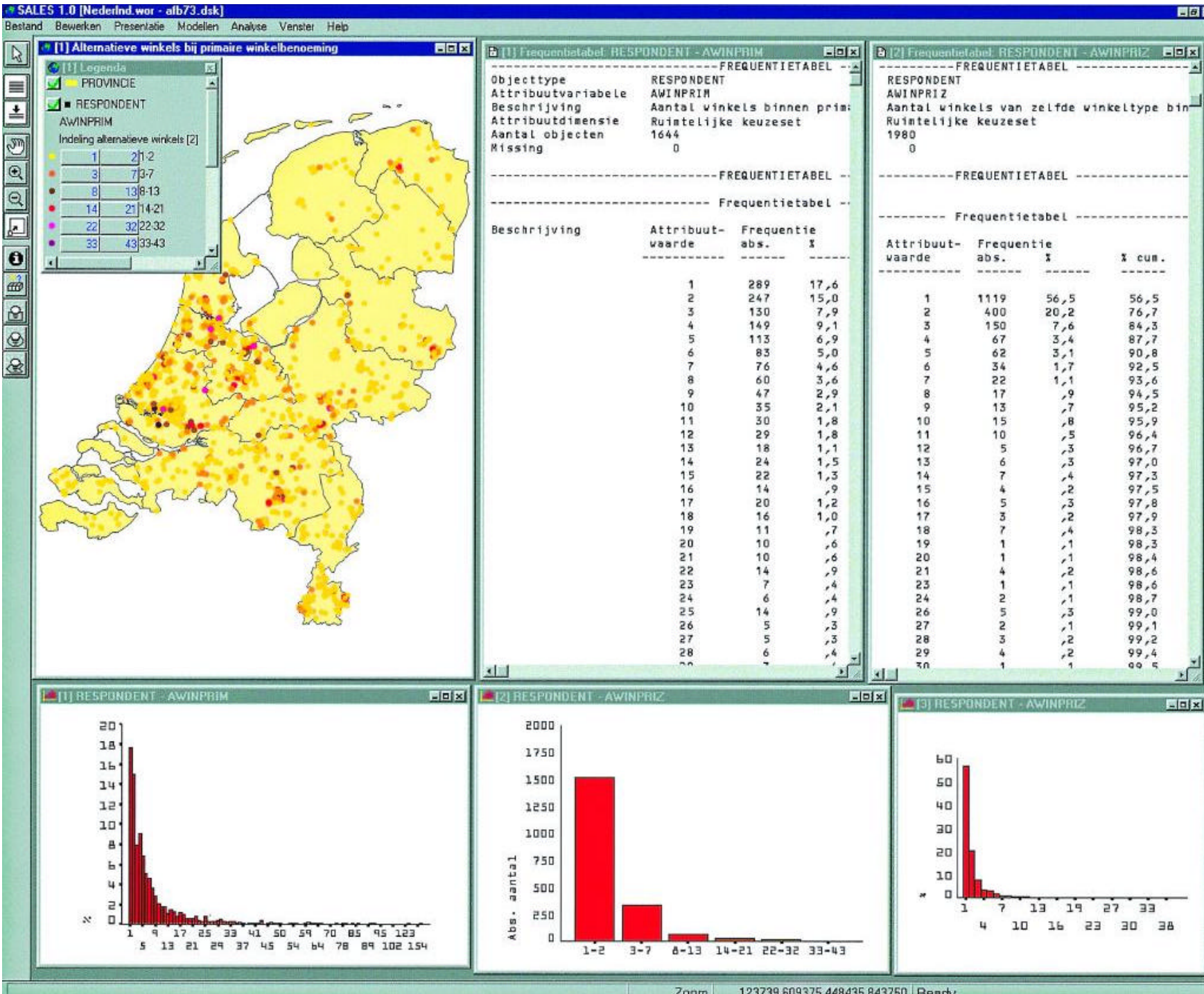
Figuur 7.23	Primaire winkelbenoeming en interactieafstand	310
Figuur 7.24	Secundaire winkelbenoeming en interactieafstand	311
Figuur 7.25	Interactiestromen en ruimtelijke keuzemogelijkheden; bezoekt respondent dichtsbijzijnde supermarkt	312
Figuur 7.26	Interactiestromen en ruimtelijke keuzemogelijkheden; bezoekt respondent de grootste supermarkt	313
Figuur 7.27	Ruimtelijke winkelstructuur levensmiddelen-detailhandel in Nederland	314
Figuur 7.28	Correlaties tussen winkelattribuutvariabelen	315
Figuur 7.29	Geschatte parameters voor MNL-model en hiërarchisch MNL-model	316
Figuur 7.30	Urbanisatiegraad en primaire winkelbenoeming	317
Figuur 7.31	Marktpenetratie Albert Heijn in een verkoopregio	318
Figuur 7.32	Consumenten en hun bestedingen	319
Figuur 7.33	Ruimtelijke winkelstructuur levensmiddelen-detailhandel in regio en de kassahandelingen van de eigen vestigingen	320
Figuur 7.34	Verdeling en spreiding van goodness-of-fit statistics van het winkelomzetmodel	321
Figuur 7.35	What-if? vraagstuk; effect van openen van een winkelvestiging	322
Figuur 8.14	Persoonlijke omstandigheden van de respondenten	323
Figuur 8.15	Woningvoorraad in Overvecht	324
Figuur 8.16	Respondenten en hun woonsatisfactie en verhuisplannen	325
Figuur 8.17	Voorzieningenstructuur in Overvecht	326
Figuur 8.18	Ruimtelijke hoofdstructuur Overvecht	327
Figuur 8.19	Waardering woongebieden in Overvecht op sociale en verkeersveiligheid	328
Figuur 8.20	Woonvoorkeurszones van sleutelinformanten en ouderen	329
Figuur 8.21	Presentatie resultaten afstandminimalisatiemodel	330
Figuur 8.22	Presentatie normatieve woonprofielen inclusief variant 1	331
Figuur 8.23	Presentatie normatieve woonprofielen voor variant 2 en variant 3	332
Figuur 8.24	Weergave van verdeling van 'geschikte' woningen (volgens variant 3) en de bewoning door ouderen naar leeftijd	333
Figuur 8.25	Ruimtelijke beleidsstrategieën	334
Figuur 8.26	Ruimtelijke beleidsstrategieën en lokale plannen ten aanzien van liftenprogramma en nieuwbouwprogramma	335

Figuur 7.23 Primaire winkelbenoeming en interactieaansand



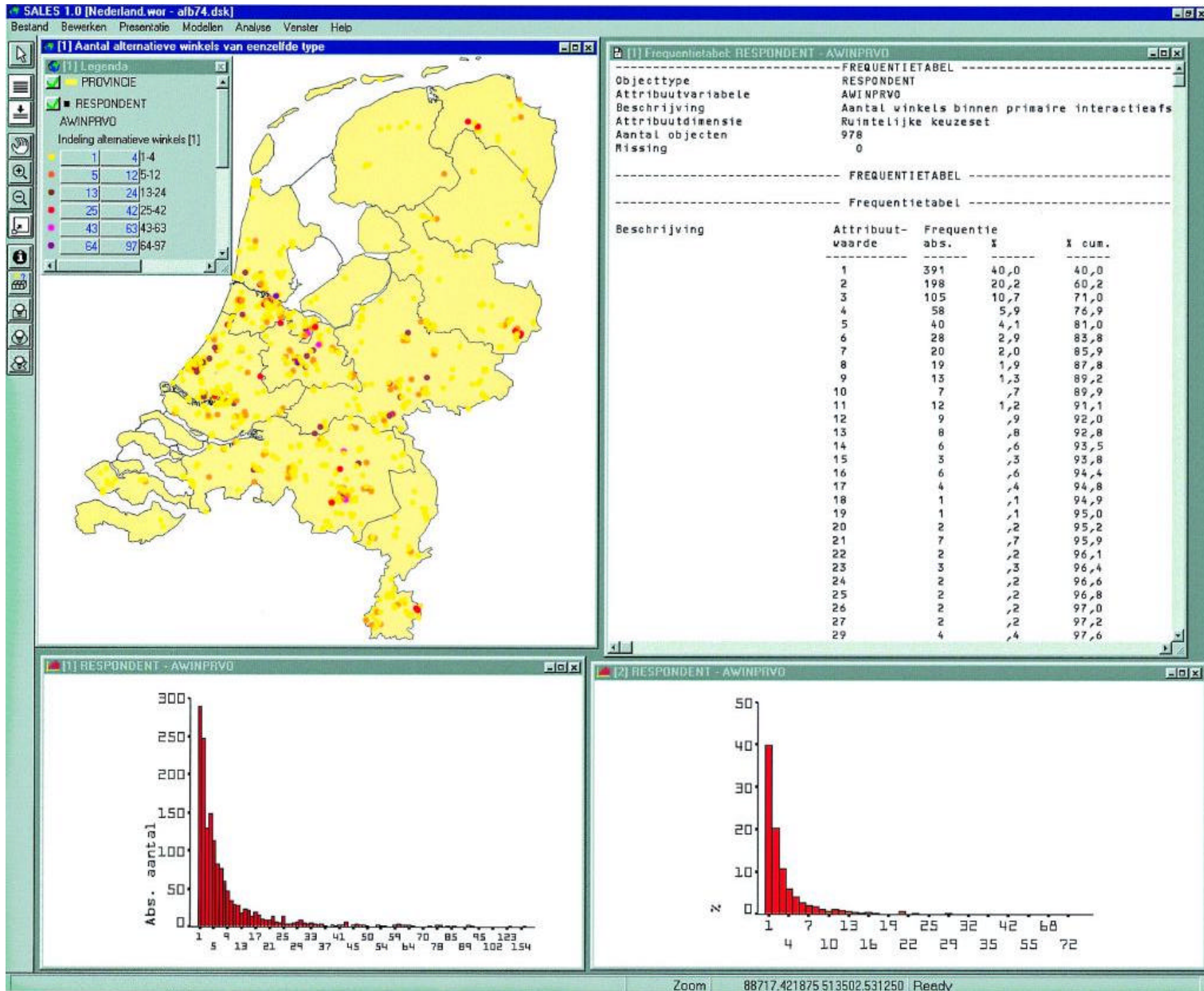
Figuur 7.24 Secundaire winkelbenoeming en interactiestand

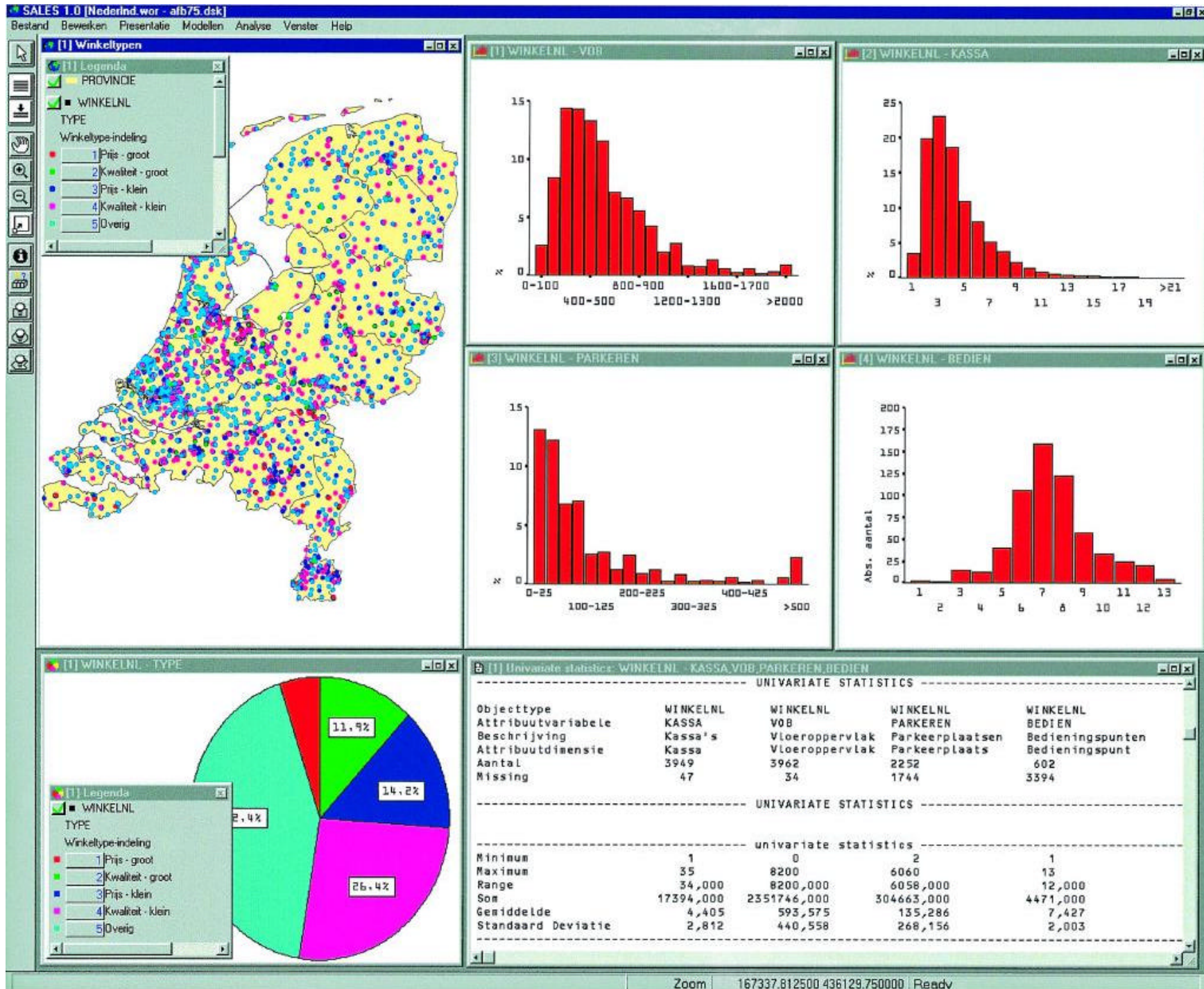




Figuur 7.25 Interactiestromen en ruimtelijke keuzemogelijkheden:bezoekt respondent dichtbijzijnde supermarkti

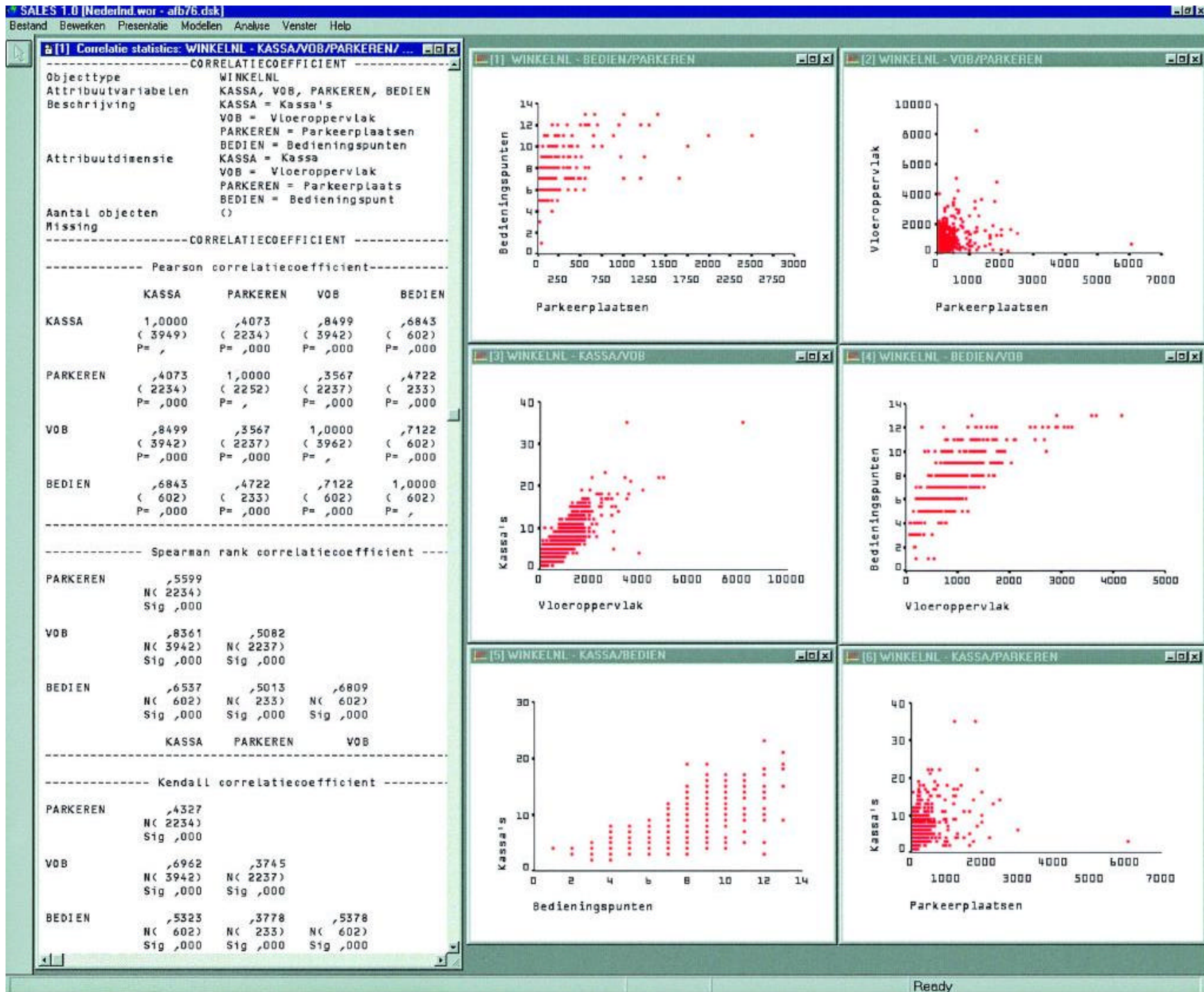
Figuur 7.26 Interactiestromen en ruimtelijke keuzemogelijkheden: bezoekt respondent de grootse supermarkti



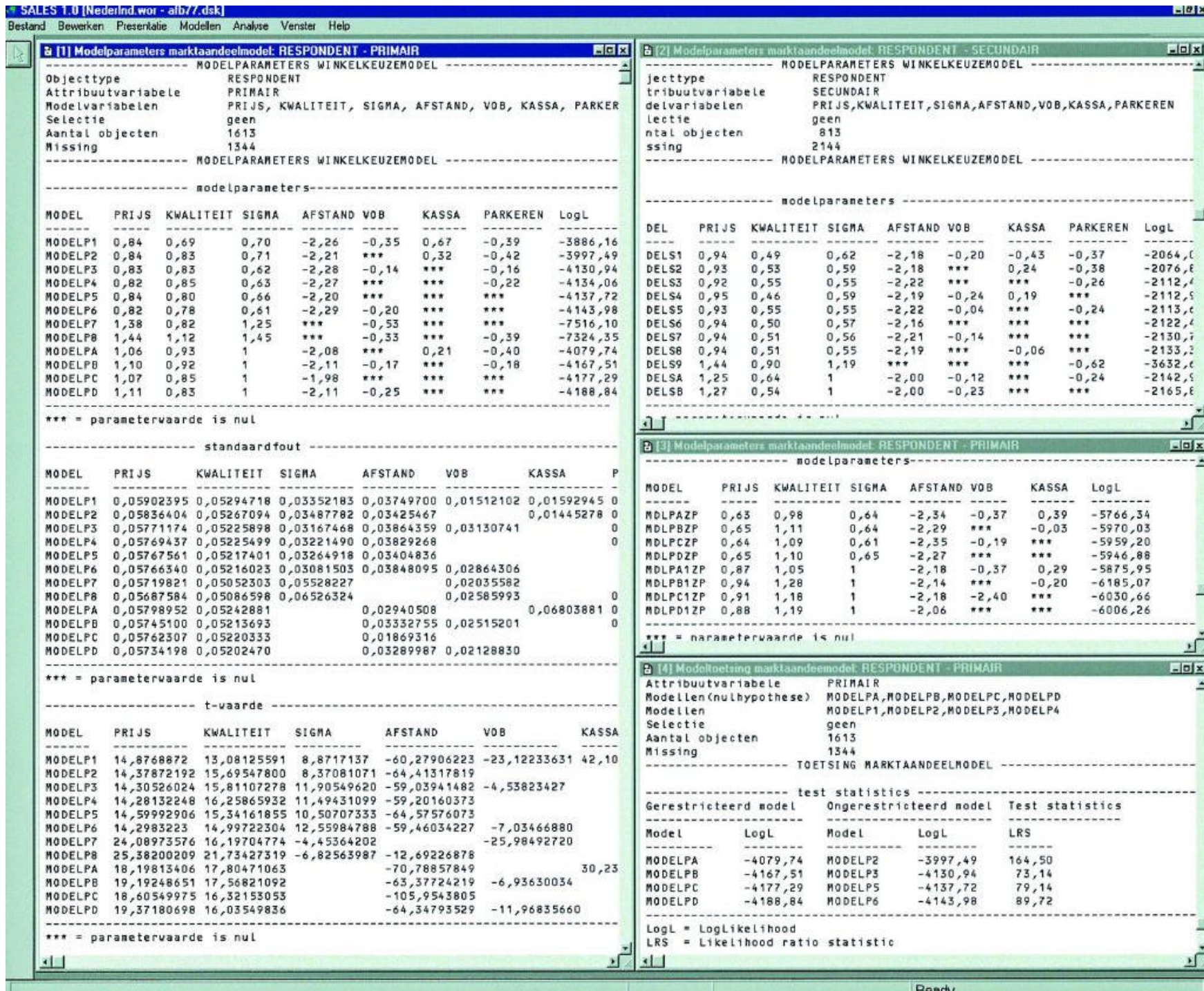


Figuur 7.27 Ruimtelijke winkelstructuur levensmiddelenetailhandel in Nederland

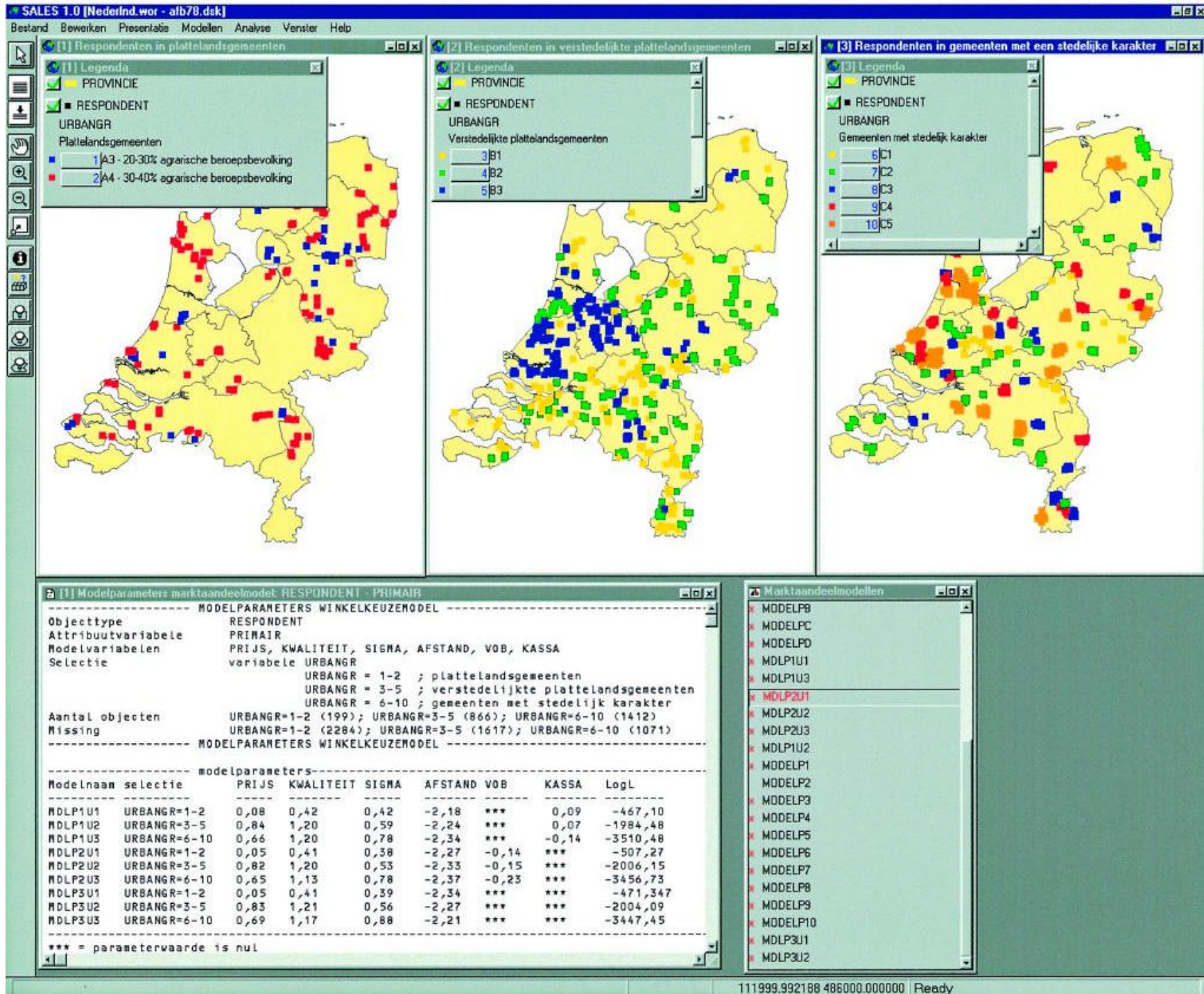
Figuur 7.28 Correlaties tussen winkelattribuutvariabelen

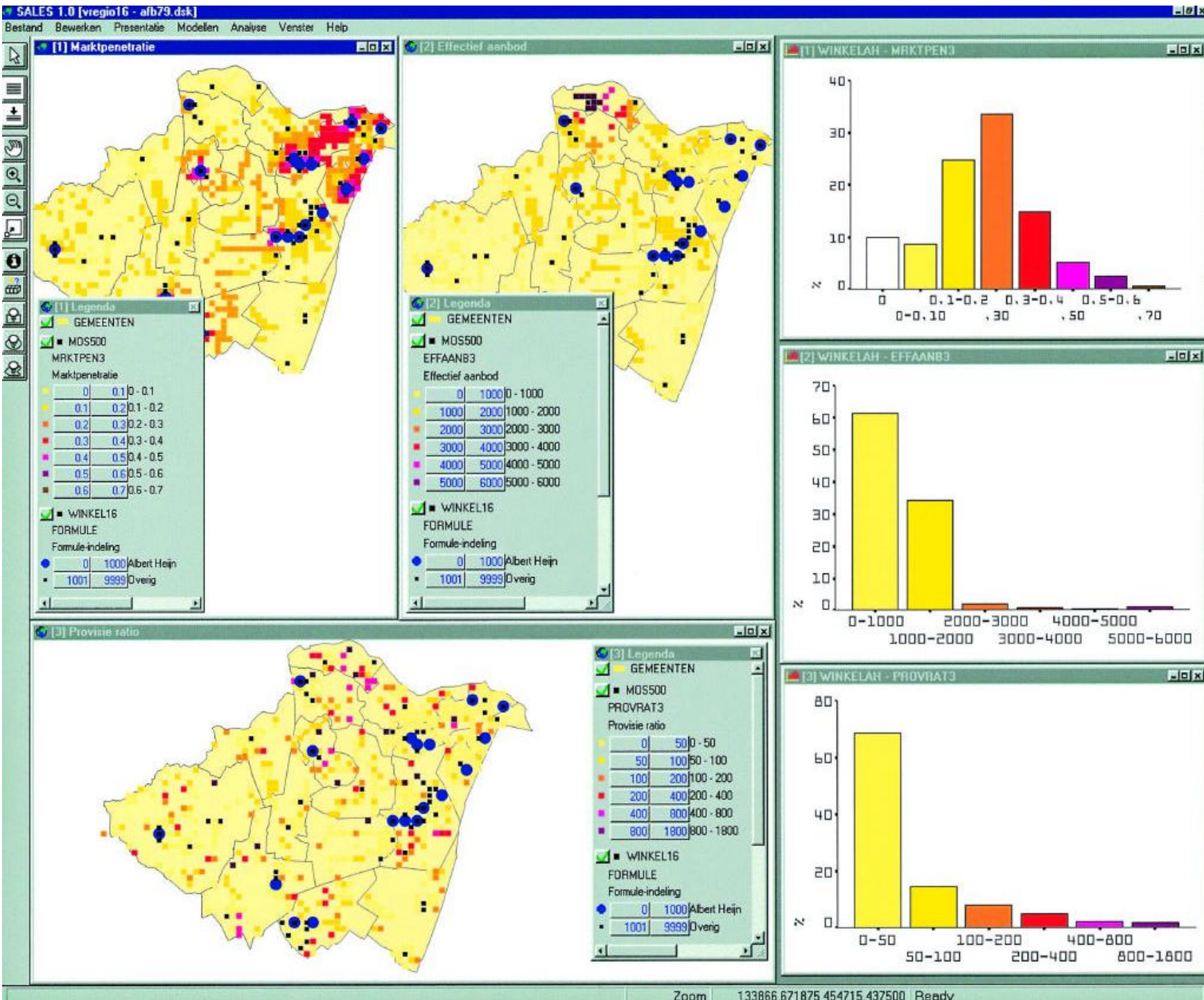


Figuur 7.29 Geschatte parameters voor MNL-model en hiërarchisch MNL-model



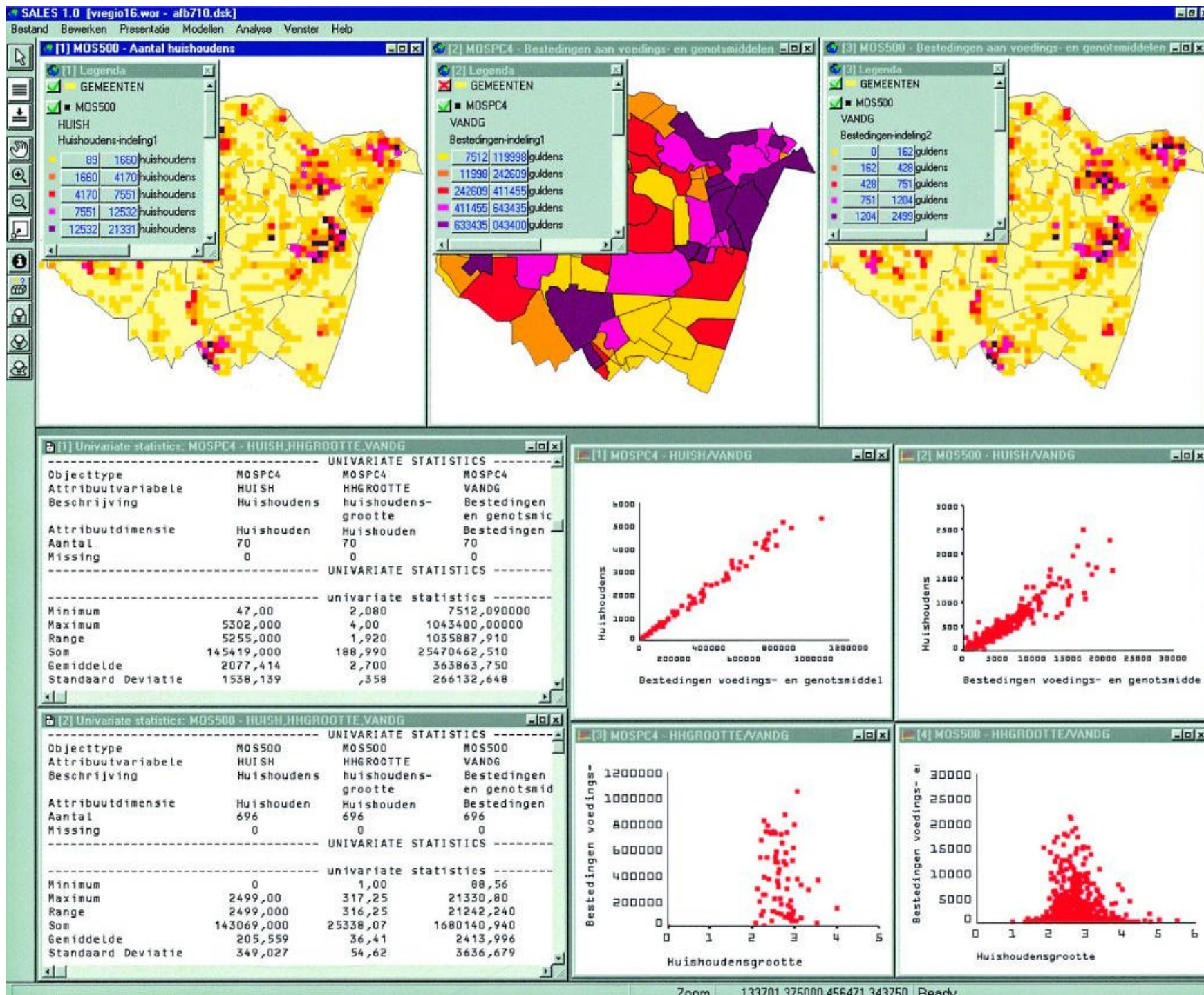
Figuur 7.30 Urbanisatiegraad en primaire winkelbenoeming

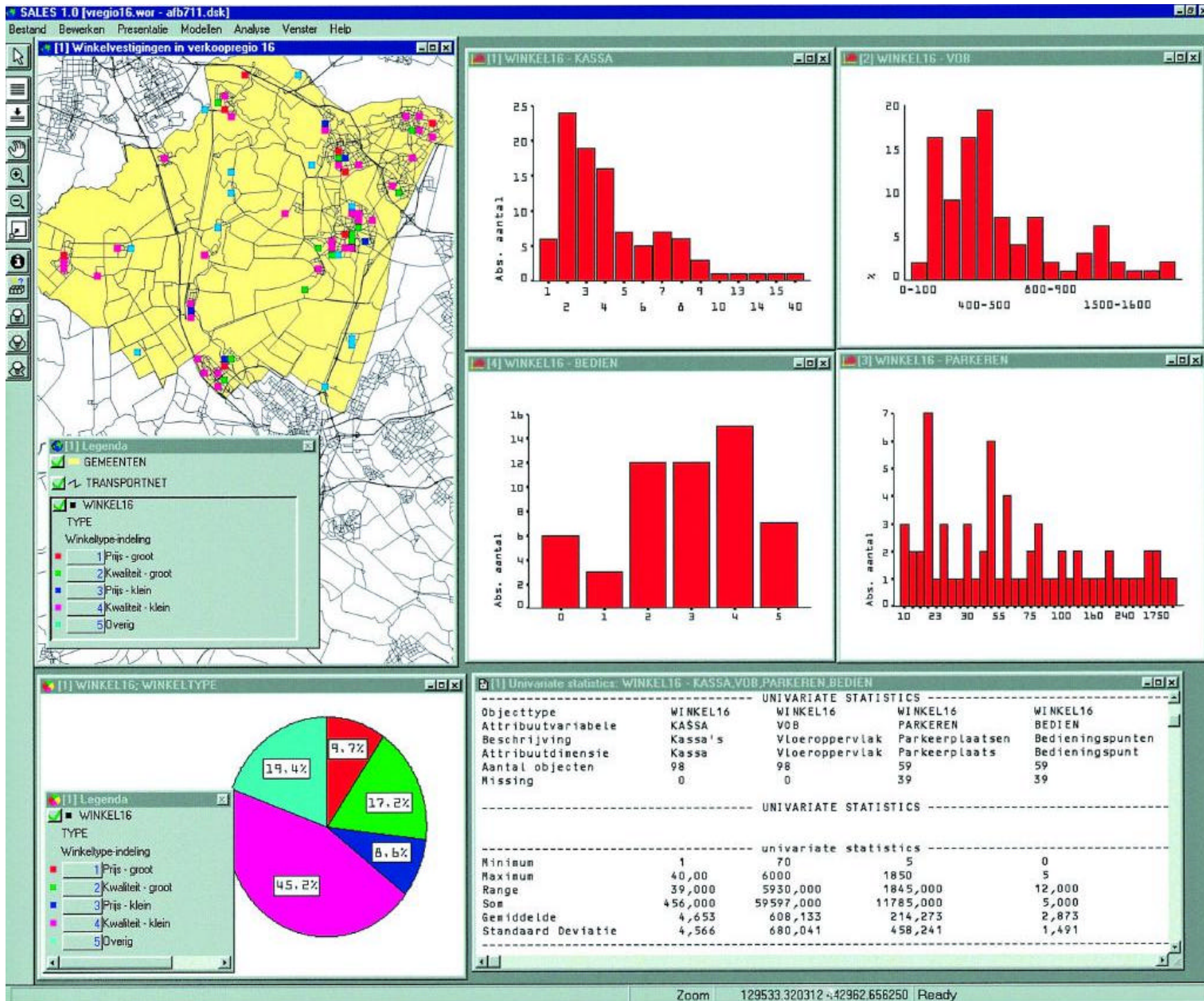




Figuur 7.31 Marktpenetratie Albert Heijn in een verkoopregio

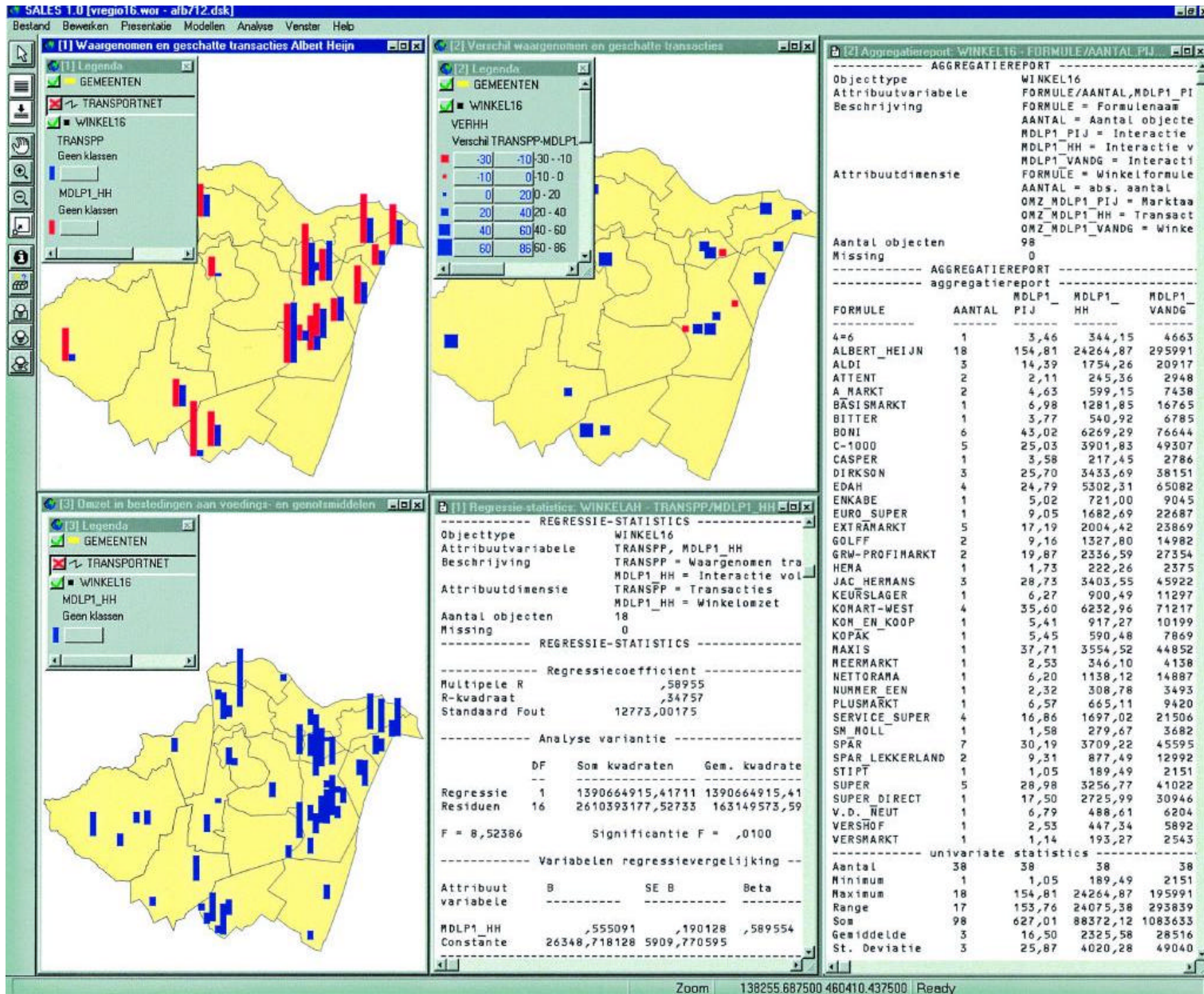
Figuur 7.32 Consumenten en hun bestedingen



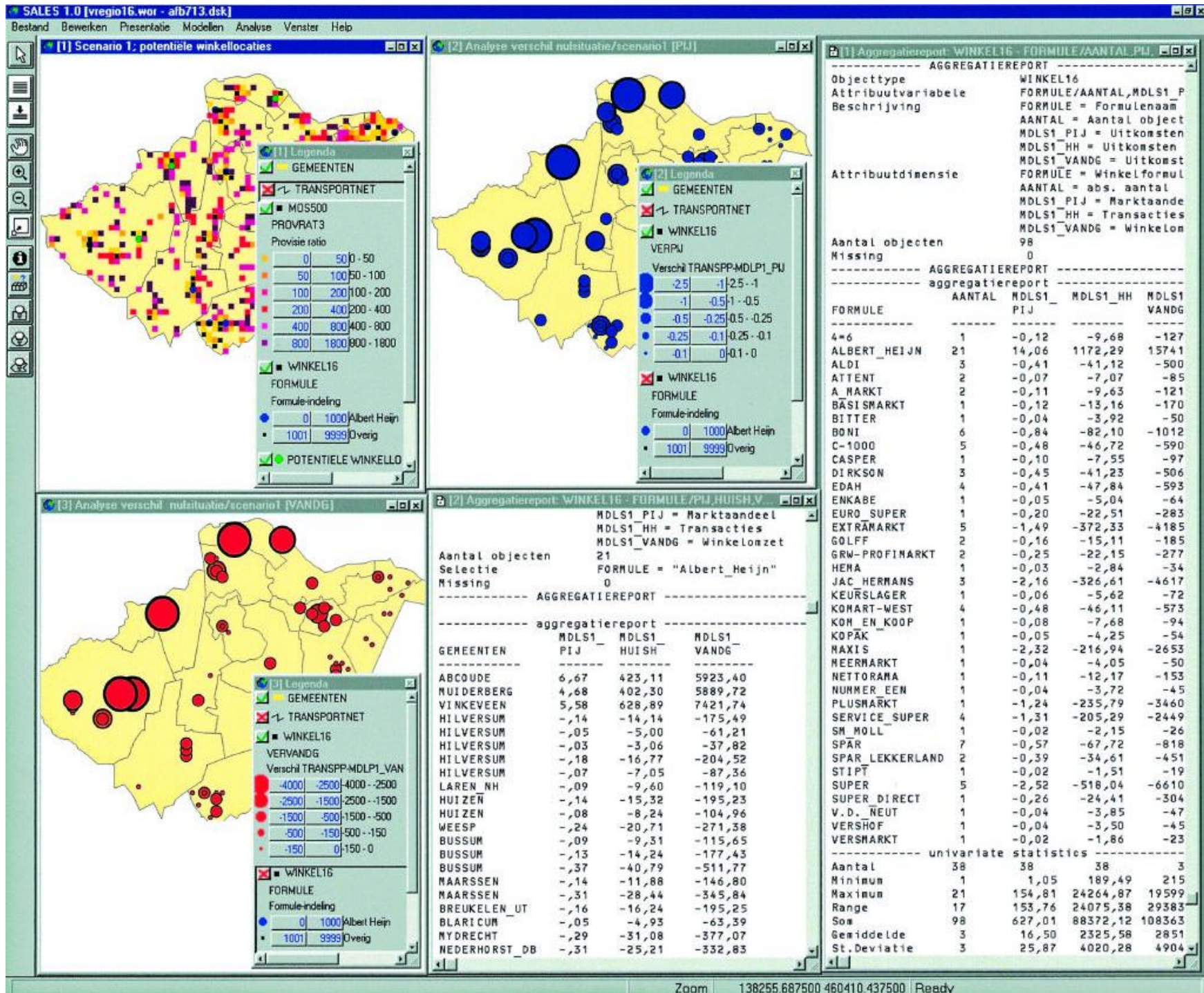


Figuur 7.33 Ruimtelijke winkelstructuur levensmiddelenhandel in regio en kassahandelingen van de eigen vestigingen

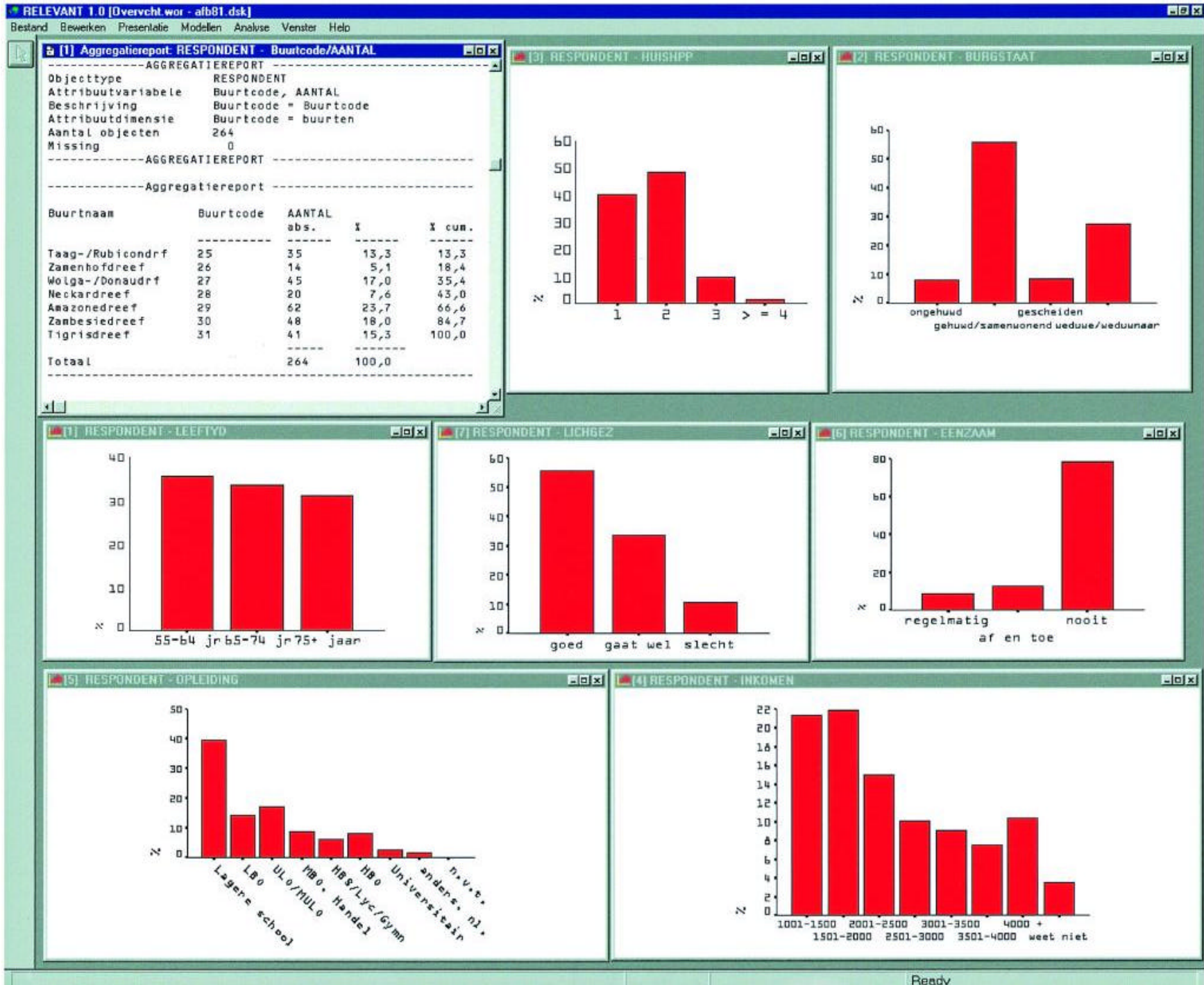
Figuur 7.34 Verdeling en spreiding van goodness-of-fit statistics van het winkelomzetmodel



Figuur 7. What-if? Vraagstuk: effect van openen van een winkelvestiging



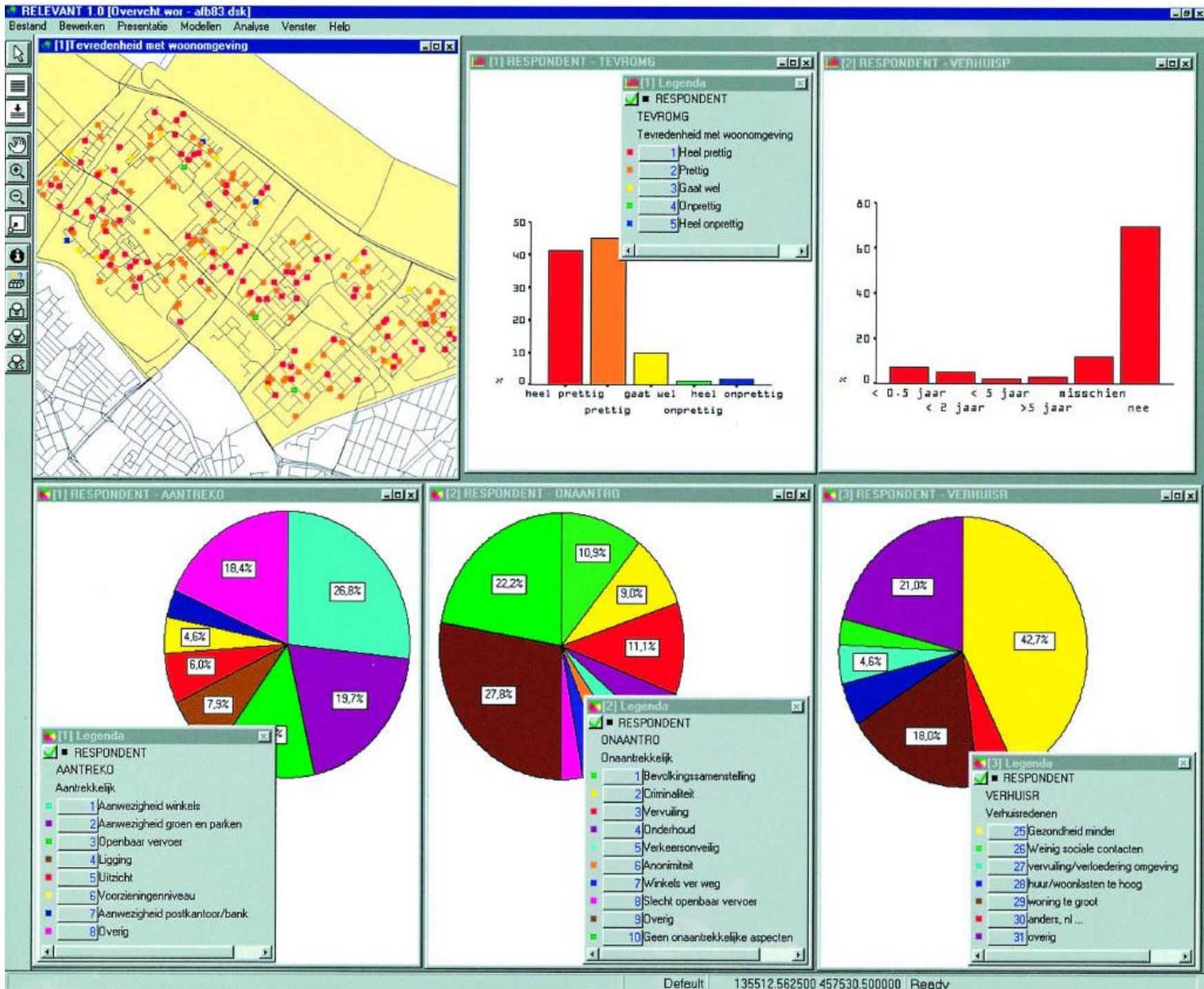
Figuur 8.14 Persoonlijke omstandigheden van de respondenten



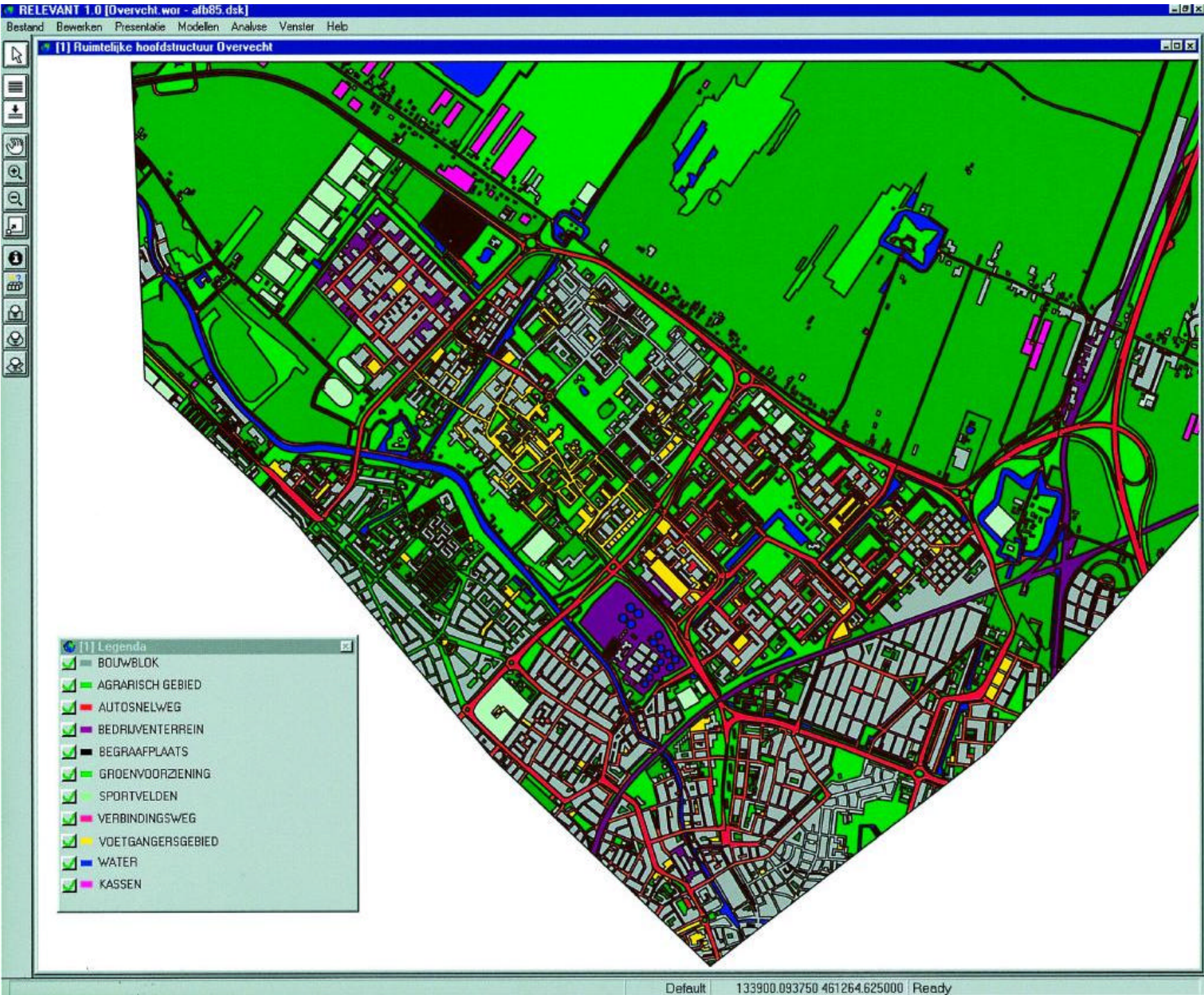


Figuur 8.15 Woningvoorraad in Overvecht

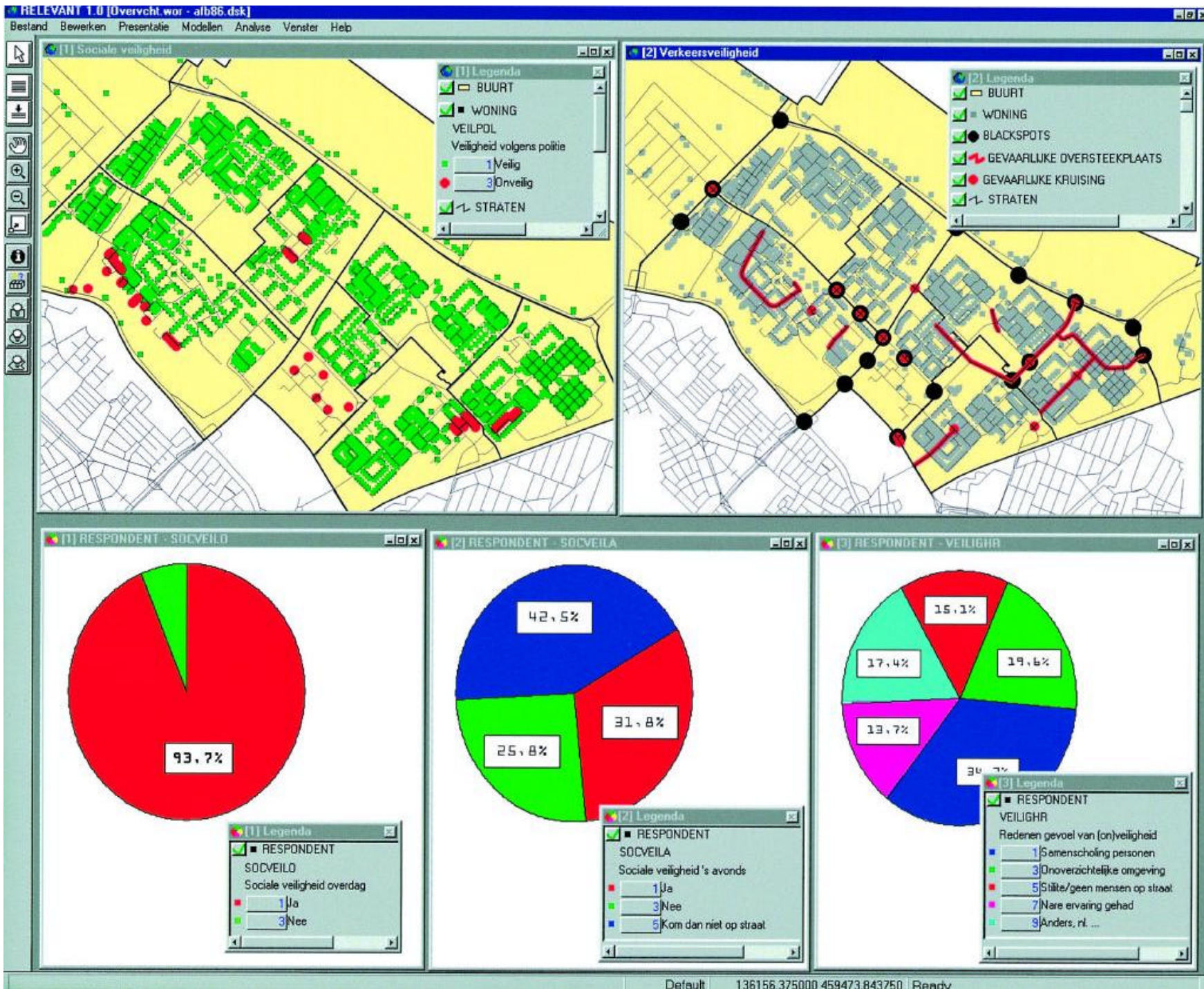
Figuur 8.16 Respondenten en hun woonsatisfactie en verhuisplannen







Figuur 8.18 Ruimtelijke hoofdstructuur Overvecht



Figuur 8.19 Waardering woongebieden in Overvecht op sociale en verkeersveiligheid

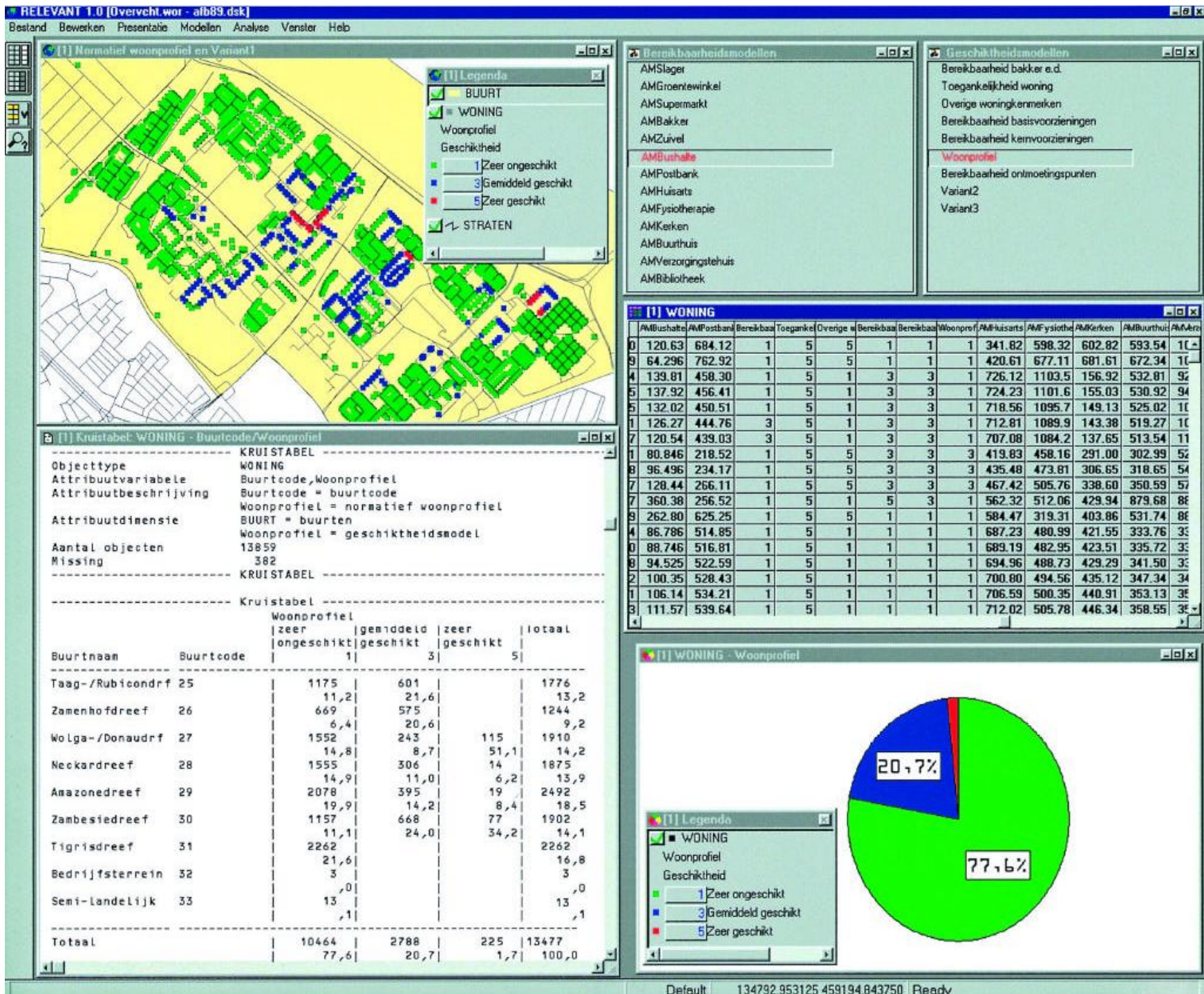
Figuur 8.20 Woonvoorzones van sleutelinformanten en ouderen

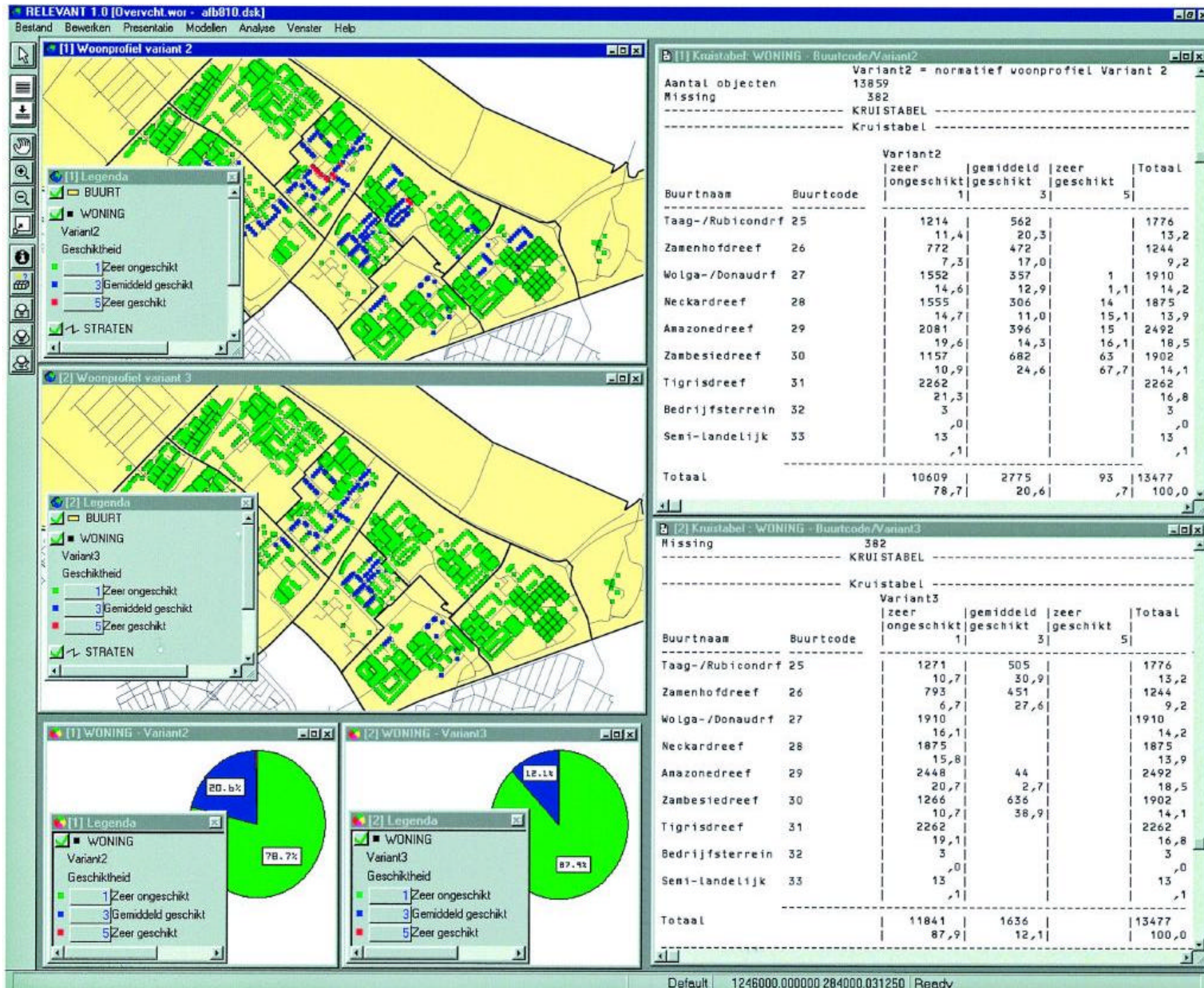




Figuur 8.21 Presentatie resultaten afstandminimalisatiemodel

Figuur 8.22 Presentatie normatieve woonprofielen inclusief variant 1





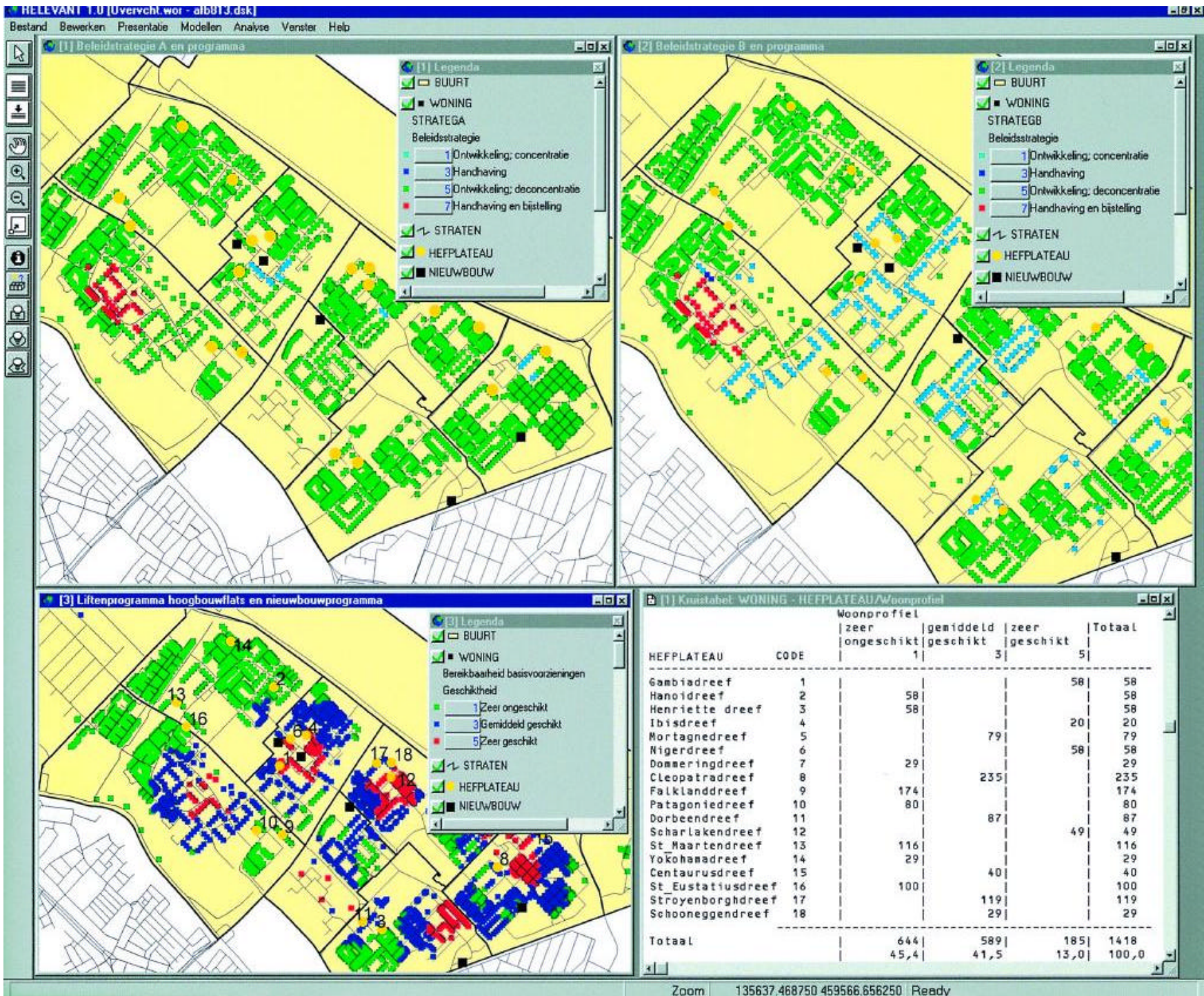
Figuur 8.23 Presentatie normatieve woonprofielen voor variant 2 en variant 3

Figuur 8.24 Weergave van verdeling van 'geschikte' woningen (volgens variant 3) en de bewoning door ouderen naar leeftijd





Figuur 8.25 Ruimtelijke beleidsstrategieën

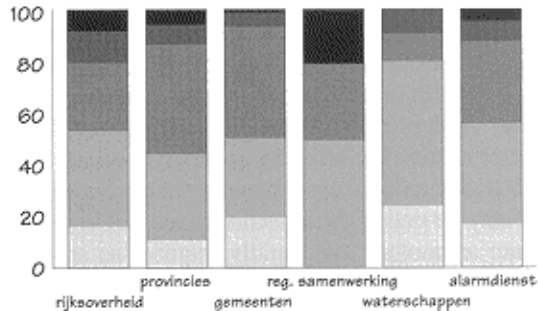
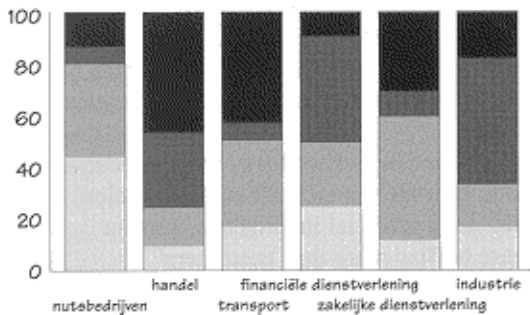


Figuur 8.26 Ruimtelijke beleidsstrategieën en lokale plannen ten aanzien van lifttenprogramma en nieuwbouwprogramma

Michel Grothe is geboren op 9 april 1965 te Groenlo. Hij behaalde in 1984 zijn VWO-diploma aan de scholengemeenschap Marianum te Groenlo. In hetzelfde jaar begon hij met de doctoraalstudie Planologie aan de Katholieke Universiteit Nijmegen. In 1989 werd het doctoraal-diploma Planologie behaald. In tussentijd is hij als medewerker informatievoorziening van april 1989 tot januari 1990 werkzaam geweest bij de (voormalige) afdeling Planning van de Rijksplanologische Dienst te 's Gravenhage. In april 1990 is hij begonnen aan de Vrije Universiteit Amsterdam als (derde-geldstroom) onderzoeker bij de sectie Ruimtelijke Informatica van de vakgroep Ruimtelijke Economie. De weerslag van een belangrijk deel van zijn werkzaamheden op de Vrije Universiteit is aan te treffen in dit proefschrift. In deze periode heeft hij tevens onderzoek verricht naar en gepubliceerd over het gebruik en de adoptie van GIS in de private én publieke sector in Nederland. Daarnaast is hij nauw betrokken geweest bij de oprichting van UNIGIS Amsterdam, een internationale postdoctorale deeltijdopleiding op het gebied van GIS. Tevens is hij als freelance redacteur werkzaam geweest voor de vakbladen VI-Matrix en Beyond. Sinds januari 1997 is hij als beleids-medewerker onderzoeksmethoden en -technieken werkzaam bij de Dienst Ruimte, Economie en Welzijn van de Provincie Noord Brabant te 's Hertogenbosch. Hij houdt zich daar bezig met beleidsmonitoring en de toepassing van geografische informatiesystemen.

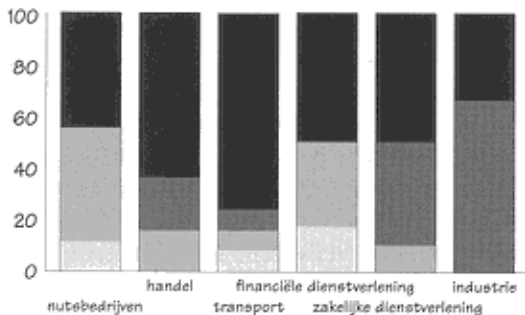
Bedrijfsleven (n=74)
(bron: Grothe et al. 1994)

Overheid (n=205)
(bron: Grothe et al. 1996)



Bedrijfsleven (n=74)

(bron: Grothe et al. 1994)



Overheid (n=205)

(bron: Grothe et al. 1996)

