



BIBLIOTHEEK  
PPO sector Bloembollen  
Postbus 85  
2160 AB Lisse  
0252 462121

## VERSLAG VAN EEN STUDIEREIS NAAR ENGELAND VAN 9 TOT EN MET 15 SEPTEMBER

### INLEIDING

Op uitnodiging van Dr. A.A. Rutherford, hoofd van de afdeling Statistiek en Computer van het East Malling Research Station (E.M.R.S.), tijdens een studieweek in Gembloux, hebben wij een drietal onderzoekinstellingen in Engeland bezocht.

Doel van deze reis was:

- het verruimen van het inzicht in de toegepaste statistiek;
- het uitdiepen van een aantal specifieke problemen;
- het nagaan in hoeverre integratie van de statistiek en de computer in het landbouwkundig onderzoek in Engeland gevorderd is;
- het nagaan van ontwikkelingen op het gebied van statistische programmatuur.

De samenstelling van het programma is voor een groot deel verzorgd door Ken Martin, statisticus op het E.M.R.S.

Hieronder volgt een overzicht van deze instituten, alsmede de personen waarmee wij gesprekken hebben gevoerd.

zo. 9 sept. reis Wageningen/Heemstede-Maidstone

ma. 10 sept. bezoek East Malling Research Station, Maidstone

- K.J. Martin, MA, MSc                      stat. proeven overzee
- R.A. Sharples, BSc, PhD                hoofd bewaarsectie
- D.A. Holland, BSc, FIS                stat. bewaarproeven, sensoriek, ADAS
- G.H. Maude, BSc                        stat. veldproeven E.M.R.S.

di. 11 sept. bezoek East Malling Research Station, Maidstone

- J. Tamsett, HNC                        hoofd computersectie
- M.G. House, BSc, Dip. App.  
Stats.                                      stat. automatische sorteerder

reis Maidstone - Barford (bij Wellesbourne)

P-12  
ISBN 139701

wo. 12 sept. bezoek National Vegetable Research Station, Wellesbourne

- G.H. Freeman, MA, Dip. Stat.  
Phd, DSc.                                          hoofd statistiek/computer
- G.E.L. Morris, MSc.                                          stat. fysiologie, ADAS
- W.G. Tucker, BSc, Phd.                                          hoofd bewaarsectie
- A. Barnes, MSc.                                          stat. teeltkunde, math. modellen

do. 13 sept. reis Barford, Harpenden

bezoek Rothamsted Experimental Station, Harpenden

- J.A. Nelder, DSc.                                          hoofd statistiek
- R.H. Wimble, MSc.                                          stat. ADAS
- J.H.A. Dunwoody, BA                                          stat. veldproeven Roth.
- A.D. Todd, MSc.                                          GENSTAT-programmapakket

vr. 14 sept. bezoek Rothamsted Experimental Station, Harpenden

- N.G. Alvey, M.I.S.                                          GENSTAT programmapakket
- H.R. Simpson, MA                                          GENSTAT programmapakket
- G.V. Dijke, MA                                          stat. veldproeven Roth.
- R.J. Baker, MSc.                                          GLIM en MLP programma's
- D.A. Preece, MSc.                                          stat. proeven overzee.

reis Harpenden - Harwich

za. 15 sept. reis Harwich - Wageningen/Heemstede

In dit verslag zullen de onderwerpen, die tijdens de gevoerde gesprekken aan de orde zijn gekomen, behandeld worden.

Opvallende punten, die we opgemerkt hebben tijdens de rondleiding door de proefvelden en bewaarruimten van de instituten, zullen eveneens vermeld worden.

1. Historie

Voor het ontstaan van de toepassing van wiskundige statistiek in de landbouw moeten we teruggaan naar het jaar 1919. In dat jaar kwam R.A. Fisher op het Rothamsted Experimental Station (R.E.S.). Deze heeft als eerste een groot aantal proefopzetten en analysemethoden ontwikkeld. Ook zijn opvolger F. Yates, die vanaf 1930 tot 1968 hoofd van de statistische afdeling van het R.E.S. was, heeft een belangrijk aandeel gehad in de verdere ontwikkeling van proefopzetten en de daarbij toegepaste wiskundige statistiek.

Gedurende die periode is de statistische afdeling op het R.E.S. aanzienlijk uitgebreid, zodanig dat het een centrumfunctie kreeg voor andere landbouwkundige instellingen, zowel in Engeland als in de gebiedsdelen overzee (Yates bezoekt

nog regelmatig het R.E.S. Hij houdt zich dan voornamelijk bezig met het schrijven van computerprogramma's!).

Vooraf door de ontwikkeling van het computerprogrammapakket GENSTAT (General Statistical Program), waarvan de eerste aanzet is gegeven, ende verdere ontwikkeling is gestimuleerd door het huidige hoofd van de statistische afdeling, J.A. Nelder, heeft deze afdeling zijn centrale positie en omvang behouden.

Het E.M.R.S. reageerde snel op de ontwikkelingen die in Rothamsted op gang waren gebracht.

Het resultaat hiervan is nog merkbaar, wanneer we alleen maar kijken naar de grootte van de secties statistiek en computer op dit instituut (zie organisatie). T.N. Hobyn, S.C. Pearce en G.H. Freeman zijn in deze volgorde bij het E.M.R.S. werkzaam geweest op het gebied van de statistiek. Allen hebben een bekende naam in de internationale statistische wereld.

G.H. Freeman is momenteel hoofd van de statistische afdeling van het door ons bezochte National Vegetable Research Station (N.V.R.S.), waar hij de eerder genoemde J.A. Nelder opvolgde.

## 2. Organisatie

Rothamsted heeft een zeer grote statistische afdeling, waar 40-50 mensen werkzaam zijn. Daarnaast is er een aparte computerafdeling, die wat de bezettingsgraad betreft daarmee ongeveer overeenkomt. Beide secties zijn ondergebracht in een afzonderlijk gebouw.

De grote omvang van beide secties is noodzakelijk voor het uitoefenen van een centrumfunctie.

Deze centrumfunctie bestaat o.a. uit:

- het ontwikkelen van statistische computerprogrammatuur, waar over de gehele wereld gebruik van wordt gemaakt;
- het verwerken van gegevens van andere onderzoekinstellingen. De meeste landbouwkundige instituten in Groot-Brittannië zijn via terminals aangesloten op het rekencentrum van Rothamsted;
- het verwerken van onderzoekresultaten afkomstig van de overzeese gebiedsdelen;
- het intensief samenwerken met het Agricultural Development and Advisory Service (A.D.A.S.) wat het opzetten van proeven en verwerking van de waarnemingsuitkomsten betreft.

Ook op het E.M.R.S. zijn statistiek en computer afzonderlijke secties met elk een bezetting van ongeveer 8 mensen. De totale staf van het E.M.R.S. telt ruim

200 personen. Zij werken eveneens voor overzeese gebiedsdelen en A.D.A.S., speciaal op het gebied van de fruitteelt.

Alle proeven worden hier opgezet in samenwerking met de statistische afdeling. Het ponsen van de proefresultaten, die meestal via de statistische sectie aan de computerafdeling worden aangeboden, geschiedt voornamelijk door ponsstypistes. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld de werkwijze op het N.V.R.S.

Het E.M.R.S. is via een Remote Job Terminal (via de telefoon) aangesloten op het computersysteem in Rothamsted.

Onlangs hebben zij ook zelf een klein systeem in huis voor ontwikkeling van specifieke programmatuur, alsmede voor reductie van grote databestanden.

Op het N.V.R.S. vormen de secties statistiek en computer één afdeling. De bezetting is hier duidelijk lager dan bij de twee andere instituten, namelijk ongeveer 8 mensen. Hier wordt getracht de onderzoekers enige kennis en inzicht bij te brengen op het gebied van de statistiek en de computer. Dit zou dan moeten resulteren in het door de onderzoeker zelf statistisch verantwoord opzetten van proeven en verwerken van de resultaten m.b.v. de computer. Op deze manier wordt met succes de statistische afdeling als een geïntegreerd deel van het onderzoek beschouwd en niet als een (als vaak noodzakelijk kwaad gezien) verlengstuk van het onderzoek.

Ook het N.V.R.S. is via een terminal aangesloten op de computer in Rothamsted.

### 3. Proefopzetten

#### 3.1. Algemeen

Op elk instituut is ons opgevallen dat, met name bij het opzetten van veldproeven, grotendeels gebruik wordt gemaakt van vrij eenvoudige proefopzetten, zoals 'randomized block designs' (+ 70%) en 'split-plot designs' (+ 20%).

Er wordt in het algemeen meer waarde gehecht aan het uitvoeren van herhalingen dan aan het opzetten van zeer complexe proefschema's.

Morris geeft ook duidelijk de voorkeur aan eenvoudige proefschema's vanwege o.a.:

- een kleinere kans op foutieve waarnemingen;
- de meer eenvoudige verwerking, hetgeen bij de analyse van een grote hoeveelheid van belang is.

Bij kasproeven wordt op het N.V.R.S. nogal eens gebruik gemaakt van 'Latin-square designs' en ook 'incomplete block designs'.

Wat de grootte van de experimentele eenheden betreft viel het ons op dat hier overwegend niet zó zwaar aan wordt getild. Als we maar voldoen aan een zekere, per gewas verschillende, minimum plotgrootte (Freeman). Zo bestaat in East Malling elke experimentele eenheid slechts uit één fruitboom.

Omdat het verkrijgen van een volwassen fruitboom, die in een bepaalde proef als experimentele eenheid moet fungeren, een langdurige en kostbare zaak is, wordt nogal eens gebruik gemaakt van oude nog bestaande proefvelden.

Een voorbeeld hiervan is het volgende schema.

B1	D2	A2	C1
C2	A1	D1	B2
D1	C2	B2	A1
A2	B1	C1	D2

Het oude proefschema bestond uit een 4 x 4 Latijns vierkant met de behandelingen A, B, C en D.

In het nieuwe proefschema, een 'overcomplete Latijns vierkant' genoemd, komen de behandelingen 1 en 2 voor. Deze staan loodrecht op de behandelingen van de oude proef.

In Rothamsted worden éénjarige proeven meestal groter en complexer opgezet dan meerjarige proeven. Bij éénjarige proeven komen  $2^7$  en  $2^8$  'factorial designs' in een halve herhaling nogal eens voor. Bij meerjarige proeven wordt dikwijls nagegaan welke rotatieschema's, wat de vruchtwisseling betreft, goed voldoen. Een dergelijke proef wordt uitgevoerd met een aantal gewassen opéénvolgend op verschillende plaatsen, maar ook met één gewas meerdere keren onafgebroken terugkomend op dezelfde plaats. Het z.g. 'serial factorial design' wordt in dergelijke situaties wel eens toegepast.

Een ander aspect is, de onderlinge beïnvloeding, het z.g. 'competitie-element' tussen b.v. bomen in het proefveld. Bij het bestaan hiervan zou dit in een alternerend beeld van grotere en kleinere bomen moeten resulteren.

Dit zou de resultaten van een proef behoorlijk kunnen beïnvloeden. Bij het E.M.R.S. is een analyse uitgevoerd op appelbomen van verschillende vorm en grootte. Deze bomen stonden op een commercieel perceel, dat vanwege noodzakelijke uitbreiding is gekocht door het E.M.R.S. Uit deze analyse zijn geen aantoonbare effecten gevonden.

Met Dijke is gesproken over proeven waarin sprake is van onderlinge beïnvloeding van naast elkaar gelegen experimentele eenheden (z.g. 'inter-plot interactions'). Hij heeft ervaring met proefopzetten waarin een beeld van de verspreiding van meeldauw op wintergerst is na te gaan.

Het bleek dat verschillen in aantasting tussen gelijkbehandelde experimentele eenheden niet alleen in grote mate veroorzaakt werd door de windrichting maar ook door de behandelingen toegepast op de aangrenzende proefveldjes (zie lit. 03,09). Mogelijk bieden dergelijke proefopzetten enig perspectief in proeven waarbij de ziektebestrijdende werking van een aantal middelen tegen pythium wordt nagegaan.

### 3.2. Proeven in bewaarruimten

Een van de grote problemen bij bewaaronderzoek is de beperking in het aantal bewaarruimten.

Op het N.V.R.S. bijvoorbeeld zijn slechts zes bewaarruimten (op praktijkschaal) in gebruik. Meestal worden dan drie behandelingen uitgevoerd in twee herhalingen. Hier en ook op het E.M.R.S. worden dergelijke proeven allemaal tenminste in 2-voud opgezet. Niet zelden bleek bij het N.V.R.S. de spreiding tussen de herhalingen (bewaarruimten) groter te zijn dan tussen de behandelingen. Voor invoeren van meer herhalingen zou men de seizoenen kunnen beschouwen als herhalingen. Hierbij komen echter problemen wanneer blijkt dat bepaalde effecten afhankelijk zijn van het seizoen. Vergelijk afhankelijkheid tussen effect en herkomst (lit. 04,05).

Een volgend probleem is de onderlinge beïnvloeding van verschillende experimentele eenheden binnen dezelfde bewaarruimte. In dit verband noemde Sharples de onderlinge beïnvloeding in scaldproeven met appels.

Ook het plaatseffect binnen dezelfde bewaarruimte kan storend werken op de resultaten bij bewaarproeven. Preece heeft in samenwerking met Pearce (voorheen op E.M.R.S. werkzaam) proefopzetten ontwikkeld, waarbij de invloed van de plaats binnen één ruimte in drie dimensies kan worden nagegaan (zie lit. 10).

### 3.3. Documentatie

Een opvallend aspect is de uitermate zorgvuldige documentatie van de proeven inclusief de proefresultaten op alle drie bezochte instituten. Dit is voor veldproeven, die bovendien nogal eens meerjarig zijn (fruit), van zeer groot belang. We hebben in Rothamsted zelfs proeven met gras, klaver en tarwe gezien, die reeds meer dan 100 jaar lopen! Op het E.M.R.S. is het data-bestand reeds vanaf 1913 opgebouwd. Op dit instituut zijn enkele mensen speciaal be-

last met deze documentatie.

Onder meer wordt jaarlijks het gehele proefveld m.b.v. luchtfotografie in beeld gebracht. Eventuele vruchtbaarheidsverlopen in het proefveld worden hiermee snel onderkend, hetgeen van essentieel belang is bij het opzetten van veldproeven.

Documentatie is ook van groot belang voor noodzakelijke teeltwisselingen in verband met optredende ziekten.

Tevens kan documentatie o.a. hulp bieden bij bemestingsproeven, waar rekening gehouden moet worden met nawerking van bepaalde behandelingen. Voor het opnieuw gebruiken van een dergelijk proefveld worden dan ook vaak gedurende enkele jaren andere gewassen geteeld zoals b.v. graan en erwten.

Tenslotte zou documentatie nuttig kunnen zijn bij analyse van bepaalde effecten over een groot aantal jaren bij diverse gewassen.

In Rothamsted wordt jaarlijks uit  $\pm$  50 experimenten getracht verschillen in plaats e.d. te verklaren.

#### 4. Waarnemingen

##### 4.1. Algemeen

Bij veel onderzoek wordt vaak een groot aantal variabelen gemeten. Bij bewaaronderzoek kunnen dat b.v. aantal gaaf, rot, bruin, stip, scald enz. zijn.

Bij bloembollen kunnen oogstgewicht en aantal leverbaar in de verschillende maten waargenomen worden.

Ook wordt waarnemingsmateriaal verzameld dat b.v. bij tomaten er als volgt uitziet:

Verdeling van het aantal tomaten van een bepaald object

<hr/>			
sortering	groen	oranje	rood
<hr/>			
A		aantallen	
B		tomaten	
C			

Voor vergelijking van een aantal objecten zouden deze tabellen geschikt kunnen zijn voor analyse m.b.v. gegeneraliseerde lineaire modellen (GLIM).

Martin beweert echter dat, zeker voor meer op de praktijk afgestemd onderzoek, zulke analysemethoden nog niet voldoende geïntroduceerd zijn. Het gebruik ervan

komt ook moeilijk van de grond, omdat artikelen betreffende deze analysemethoden, moeilijker of geheel niet voor publikatie worden geaccepteerd. Men geeft de voorkeur aan een aantal, voor elke variabele afzonderlijke, analyses, waarbij getoetst wordt m.b.v. de klassieke methoden.

Ook komt het voor dat bij analyse van b.v. de oogstresultaten van een rassenproef met tomaten, waarbij alles is gesorteerd volgens het bovenstaande schema, alleen het totale oogstgewicht wordt geïnterpreteerd. Het sorteren is hierbij dan volledig overbodig geweest.

Er wordt in het algemeen teveel gemeten.

Morris tracht m.b.v. multivariate technieken na te gaan met welke combinatie van variabelen bepaalde effecten het best beschreven kunnen worden

Op het N.V.R.S. wordt bij b.v. het waarnemen van groei en gewasstand gebruik gemaakt van scores. Hierbij hanteert men een 4 of 5-puntsschaal. Freeman stelt dat het beter is grof te meten op veel materiaal, dan zeer nauwkeurig en geavanceerd op weinig materiaal.

Een eis hierbij is wel dat minimaal tien eenheden per object moeten worden 'gescoord'. Op het N.V.R.S. ligt dit aantal meestal tussen 12 en 20.

Een nauwkeuriger indeling (bijv. 1 t/m 10) is weinig zinvol, omdat mensen meestal niet zoveel onderscheidingen kunnen maken. In de praktijk gebruikt men dan toch meestal 3/4, 5, 6, 7 en 8/9.

Een ander probleem, dat op het N.V.R.S. ter sprake kwam, is de extra moeilijkheid bij verzameling van oogstwaarnemingen. Het komt nogal eens voor dat binnen hetzelfde object een verschil in oogstrijpheid te zien is. In dergelijke gevallen zou met toepassing van reeds bij hun bekende verdelingen nuttig gewerkt kunnen worden.

#### 4.2. Automatische registratie

Een veel belovende ontwikkeling op dit gebied is een zg. 'field-recorder'.

Een apparaat ter grootte van een forse zakrekenmachine, waarbij men direct op het veld zijn waarnemingen kan inpassen.

Men pons resp. objectnummer, waarneming 1, waarneming 2, objectnummer, waarneming 1, waarneming 2, enz. . . . .

Na het doen van waarnemingen kan men een adapter aan het apparaat pluggen waarmee de gegevens via de telefoon direct de computer kunnen worden ingevoerd met een overdrachtsnelheid van 200 Baud.

Dit apparaat, dat er zeer robuust uitziet, wordt in East Malling reeds gebruikt. Het kost momenteel ca. £ 400,--.



De geheugeninhoud is 4 K (= 4000 cijfers).

Merk en type: UCSSL-M25 van Norand Corporation, Iowa.

Voor het onderzoek bij het Sprenger Instituut biedt een dergelijk apparaat interessante mogelijkheden.

Het ponsen wordt overbodig en het maken van fouten hierbij wordt voorkomen.

Bij het N.V.R.S. heeft men op het veld apparatuur staan waarmee automatisch temperaturen worden geregistreerd op cassettes. Bodemtemperaturen worden tijdens het experiment vastgelegd om in een latere fase een mogelijk verband te kunnen leggen tussen temperatuur en opname van voedingsstoffen.

In East Malling is ons een specifiek voor dit instituut ontwikkelde sorteerinstallatie gedemonstreerd (House). Op dit apparaat worden appels twee aan twee op twee parallel lopende banden met cups geleid.

Elke appel wordt hierbij afzonderlijk gewogen.

Bij elk schaalpje zijn tevens twee knoppen, die men wel of niet kan indrukken om aan te geven in welke kwaliteitsklasse de appel behoort. Indeling in 4 klassen is hierbij mogelijk. 00, 01, 10 of 11 (0 = niet, 1 = wel ingedrukt). Halverwege de lijn worden de knoppen afgetast en teruggezet, zodat een kwaliteitssortering op een tweede aspect mogelijk is (bijv. kleur en ziekte).

Al deze gegevens worden zg. on-line ingevoerd in de computer. Tevens kan men naar keuze laten bemonsteren bijv. 1 op 10, om vanuit elke partij een monster te trekken voor nader onderzoek (bijv. inwendig bruin).

Na elk object wordt automatisch nagegaan of het totaalgewicht klopt met de som van de gewichten van alle appels afzonderlijk.

Een andere vorm van automatische metingen bij het E.M.R.S. is het meten van de gasconcentraties in proeven met CA-condities. Het met de hand meten en opnieuw bijstellen van een groot aantal cellen leverde, vooral ook in weekenden, dermate grote problemen op, dat de omvang van de proeven hierdoor vaak beperkt moest zijn. Het bewaarseizoen wordt immers steeds langer. Door het gebruik van automatische meetapparatuur en een microprocessor, waarmee automatisch afwijkingen, rekening houdend met ijkingsafwijkingen, worden gecorrigeerd, is dit probleem uit de wereld. M.b.v. deze apparatuur is ook een nauwkeurigere instelling mogelijk, zodat men tot lagere O<sub>2</sub>-concentraties kan overgaan zonder kans op verstikking.

## 5. Analyse van waarnemingsuitkomsten

### 5.1. Algemeen

Op onze vraag, welke criteria aangelegd zouden moeten worden om op grond hiervan te kunnen beslissen welke vorm van analyseren in aanmerking zou komen gaf Freeman de volgende informatie.

Hij maakt hierbij een onderscheid in vier typen onderzoek

#### 1. ORIENTEREND ONDERZOEK

De proefopzet bij dergelijk onderzoek is meestal eenvoudig van aard. Interpretatie van de resultaten geschiedt meestal op basis van beschrijvende statistiek, dus met eenvoudige grafieken en tabellen.

#### 2. TECHNOLOGISCH ONDERZOEK

In dit type onderzoek wordt veel gebruik gemaakt van standaard proefopzetten (nieuwe rassen, bestrijdingsmiddelen e.d.). De op laboratoriumschaal uitgevoerde proeven zijn meestal complexer van opzet. Bij de analyse van resultaten uit dergelijk onderzoek worden systematische effecten van toevallige effecten onderscheiden, gevolgd door een toets (meestal variantieanalyse e.d.).

#### 3. ECONOMISCH ONDERZOEK

Nagegaan wordt of de bij het technologisch onderzoek gevonden effecten reproduceerbaar zijn op semi-commerciële schaal. In hoeverre zijn economisch gezien nieuwe rassen of bestrijdingsmiddelen e.d. een verbetering t.o.v. de reeds bestaande.

Dergelijke proeven zijn meestal eenvoudig van opzet, worden uitgevoerd op meerdere plaatsen en hebben meestal niet meer dan 2 herhalingen per plaats. (Vergelijk de landelijke bewaarproeven en het werk op de verschillende landelijke proeftuinen.)

De hier veelal gebruikte analysetechnieken bestaan uit het schatten van de grootte van de effecten en nagegaan wordt in hoeverre effecten worden beïnvloed door de herkomst (zie lit. 04,05).

#### 4. WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK

Hierbij wordt getracht een indruk te krijgen hoe bepaalde effecten kunnen optreden zowel alleen als in onderlinge samenhang. Bij de analyse van dit type onderzoek wordt veelal gebruik gemaakt van mathematisch (statistische) modellen. Ook simulatie kan hier worden ondergebracht.

Een voorbeeld van toepassing van een mathematisch model op het N.V.R.S. is het leggen van eitjes door een bepaalde vlieg bij penen.

Uit deze opsomming blijkt duidelijk dat de keuze van de analysemethode inherent is aan de proefopzet en zodoende in deze fase reeds bij aanvang van het onderzoek bekend is.

## 5.2. Residuen

Bij elke statistische analyse worden de waarnemingsuitkomsten opgesplitst in een gedeelte dat verklaard wordt door systematische invloeden en een gedeelte dat niet kan worden verklaard en daarom als toeval wordt beschouwd (residu). Onze indruk is dat steeds meer aandacht wordt besteed aan het bestuderen van deze toevallige invloeden of residuen.

Wanneer de residuen bij bepaalde experimentele eenheden nogal groot zijn of de residuen vormen een bepaald patroon, dan tracht men dit op onderzoektechnische gronden te verklaren. Na opsporing van de oorzaak kan men de gegevens opnieuw analyseren. Het resultaat van deze laatste analyse geeft dan veelal een beter beeld van de werkelijkheid.

Indien men de residuen laat plotten volgens de platte grond van het proefveld, kan men vaak een bepaald verloop in het proefveld onderkennen. Een correctie hierop zou dan bij de analyse toegepast kunnen worden. Tevens kan bij een nieuw op te zetten proef op hetzelfde proefveld met dit verloop rekening worden gehouden.

Het berekenen en plotten van residuen (ook in de vorm van histogrammen) is voor vele GENSTAT-gebruikers een standaard routine geworden.

## 5.3. Levensduur

Een ander belangrijk aspect dat nauw samenhangt met het bewaaronderzoek is de toepassing van de levensduurtheorie bij het analyseren van de resultaten. Deze theorie wordt toegepast in de actuariële wetenschappen en de industrie. Sinds een artikel van D.R. Cox (1972) is een ware stortvloed van artikelen op gang gekomen omtrent de toepassing van levensduurverdelingen in experimenten met biologisch materiaal.

Morris van het N.V.R.S., die voorheen als statisticus werkzaam is geweest in de industrie (conservenblikken) ziet veel in deze benadering. Zijn achtergrond speelt hierbij een rol, Bij het N.V.R.S. is hij onder meer belast met de statistische analyse van resultaten bij bewaaronderzoek. Met betrekking tot deze problematiek zag hij veel in de mogelijkheden van het programma GLIM, dat in Rothamsted is ontwikkeld voor het bewerken van dergelijke resultaten. Baker, mede-ontwikkelaar van het programma GLIM, in Rothamsted bevestigde dit. Hij dacht hierbij vooral aan toepassing van de Gamma-verdeling. Hij raadde aan over dit onderwerp contact op te nemen met Prof. Aitken van het Cartmel College in Lancaster. Deze heeft over dit onderwerp een artikel in voorbereiding. Aangezien op het Sprenger Instituut ook gestart is met deze benadering kon literatuur over dit onderwerp worden uitgewisseld (zie lit. 01, 02, 07, 11 en Biometrics van maart en juni 1979).

#### 5.4. Sensoriek

Van de drie bezochte instituten kent alleen het E.M.R.S. sensorisch onderzoek van enige omvang.

D.A. Holland is de man van het sensorisch onderzoek. Bij dit onderzoek wordt vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van rangordemethoden en van een aangepaste driehoekstest.

Hij ziet weinig in waarnemingen die bestaan uit scores vanwege het verschillend schaalgebruik door de verschillende proefpersonen.

Bij de aangepaste driehoekstest worden naast de normaal aangeboden driehoeken AAB of CCA, waarbij men het afwijkende monster dient aan te wijzen, ook de combinaties AAA of ABC aangeboden.

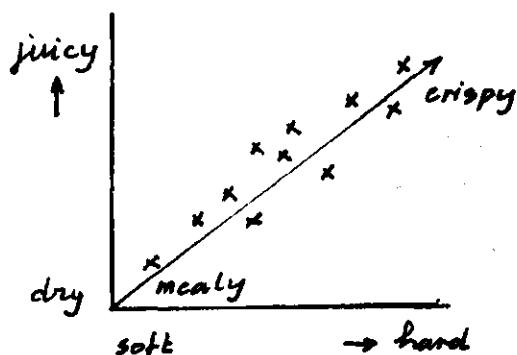
De uitspraken 'er zijn geen verschillen' of 'ze zijn alle verschillend' zijn dan ook mogelijk. Met dit systeem wordt de keurder niet meer in een dwangpositie gebracht. Zijn vrees om te 'falen' wordt hiermee weggenomen.

Indien een keurder een afwijkend monster aanwijst, wordt hem verzocht een omschrijving te geven van de afwijking. Deze aanvullende informatie wordt de onderzoeker eveneens meegedeeld. De driehoekstestresultaten worden statistisch geanalyseerd. Het aantal keurders wordt meestal op 15 gehouden. Voor zover men in het verleden op het N.V.R.S. sensorisch onderzoek heeft gepleegd, is eveneens gebruik gemaakt van deze methoden.

Holland heeft een onderzoek uitgevoerd, waarbij hij keurders heeft verzocht om een appel puur verbaal te beschrijven. Hij verkreeg een zeer groot aantal termen. Door nader onderzoek heeft hij synoniemen en antoniemen weten te ontdekken. Tenslotte kwam hij tot slechts 5 termen,

- zuurheid (acidity)
- zoetheid (sweetness)
- textuur (dry ↔ juicy; hard ↔ soft)
- taaiheid (toughness; chewiness)
- aroma (fruitiness)

Uit de responses op de schaal dry-juicy en de schaal hard-soft kan de meligheid (mealy ↔ crispy) worden afgelezen, zie grafiekje (zie lit. 08).



*Relatie tussen textuurkenmerken van appelen*

De textuur wordt als belangrijkste parameter gezien. Zij zien weinig in de benadering om de kwaliteit in te delen in  $\ast$ -klassen.

Appreciatie van appels lijkt namelijk erg streekgebonden (Amerika: rode appels; Engeland: groene, minder rijpe appels; Schotland: groene, rijpere appels).

Beter is het om objectief aan te geven bijv. hoe hard een partij appels is (bijv. 35 punten of 60 punten).

De consument zal dan een ervaring opbouwen en dan appels met die hardheid kiezen, die hij het meest apprecieert.

Sensorisch geeft het naar hun mening problemen om een kwantitatieve grootte voor de aangenaamheid van een partij te produceren, voor studies waarmee men het subjectieve element door fysische of chemische parameters wil objectiveren.

Het gebruik van multivariate analysemethoden wijst Holland af. Deze methoden zijn mathematisch gezien erg veel belovend, maar in de praktijk geeft een vertaling naar de werkelijkheid echter onoplosbare problemen.

#### 5.5. Multivariate technieken

Het grootste probleem van multivariate technieken is het interpreteren van resultaten afkomstig uit dergelijke analyses. Mede op grond hiervan worden in Engeland multivariate analyses nog weinig toegepast.

Op het E.M.R.S. bijvoorbeeld is van de ruim 3000 verwerkte jobs gedurende de periode van januari tot eind augustus van dit jaar slechts een zeer kleine fractie geanalyseerd met multivariate technieken.

Mogelijkheden voor toepassing van deze methoden ziet men echter wel.

Zo denkt Maude m.b.v. deze technieken te komen tot een voorspelling betreffende de grootte van de appelenoogst op basis van de appelbezetting aan de boom direct na de rui. Een redelijk nauwkeurige voorspelling zou belangrijk kunnen zijn i.v.m. het reserveren van opslagruimten. Een betere benutting van deze ruimten zou mede op grond hiervan bewerkstelligd kunnen worden.

Morris ziet mogelijkheden om m.b.v. multivariate technieken te komen tot een verstandige keuze van te meten variabelen (zie 4.1.); zo ook bij onderzoek naar de gedragingen van de vlieg, die aantasting in de peen veroorzaakt. In dit onderzoek wordt nagegaan welke componenten uit de stof, die door de wijfjes worden uitgescheiden, in het bijzonder een aantrekkingskracht uitoefenen op de mannetjes.

Multivariate analyse is reeds met succes toegepast bij de voorspelling betreffende de houdbaarheid van bananen op basis van vruchtgrootte, oogsttijdstip en teeltmaatregelen. De gegevens uit dit onderzoek zijn door Martin geanalyseerd. Een publikatie hierover is in voorbereiding en zal te zijner tijd geplaatst worden in 'Annals of Applied Biology'.

#### 5.6. Modelbouw

Het is ons opgevallen dat vooral op het N.V.R.S. veel aan modelbouw wordt gedaan.

Barnes heeft veel ervaring op dit gebied. Hij heeft o.a. een model ontworpen, waarbij de groeisnelheid wordt weergegeven als functie van de onderling onafhankelijke componenten tijd, plantgewicht en oogstgewicht per oppervlakte-eenheid. Ook heeft hij een model, waarin de verhouding tussen de wortels en het blad bij de peen wordt beschreven.

Morris heeft gewerkt aan een model, waarin de relatie tussen seizoen, groei en oogstbaarheid van sla weergegeven wordt (zie lit. 06).

Voor een vergelijking tussen verschillende modellen prefereert Barnes een grafische presentatie boven vermelding van statistische grootheden. De resultaten uit zo'n analyse moeten vertaald worden in vrij eenvoudige modellen.

Bij modelbouw wordt veel gebruik gemaakt van het hierna nog te bespreken computerprogramma M.L.P. en de N.A.G.-subroutines. M.L.P. vindt Barnes moeilijker te gebruiken dan de N.A.G.-subroutines. Op grond van statistische overwegingen schijnt M.L.P. beter te zijn.

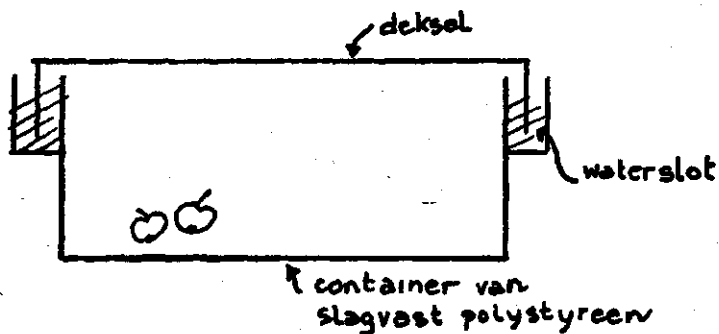
Hij waarschuwt er echter voor dat M.L.P. niet gebruikt dient te worden als een z.g. 'black box'.

Wat de groeicurves betreft noteren we de volgende opmerking van Wimple. Er zijn weinig problemen om het maximum van dergelijke curves te schatten. Moeilijkheden treden wel op bij de economische interpretatie, omdat een maximale oogst geen maximale geldelijke opbrengst impliceert.

#### 6. Algemene opmerkingen over bewaaronderzoek

- Het N.V.R.S. heeft vrijwel alleen ervaring met de produkten ui, wortel, rode biet en bloemkool.
- Het schijnt dat koprot (neck rot) van uien afkomstig is uit het zaad. Het in het zaad bestrijden van deze schimmel voorkomt dat men moet stoken tijdens de bewaring om de koppen droog te krijgen.
- Bloemkool is een produkt met hoge variatiecoëfficiënten.

- Succes heeft men bereikt met bewaring van witte kool. Men wist hiermee namelijk het optreden van pepper-spot te onderdrukken.
- Op het N.V.R.S. maakte men bij onderzoek met bijv. ethyleeninstellingen gebruik van het doorstroomprincipe. Dit kost meer, maar de nauwkeurigheid van instelling is hiermee echter aanzienlijk verbeterd.
- In East Malling hebben wij een container voor CA-bewaring gesignaleerd, die geproduceerd was van slagvast polystyreen. Verder paste men hier een zgn. waterslot toe, waarmee gasdichtheid werd verkregen, alsmede een regeling voor drukverschillen; zie schema



*Dwarsdoorsnede van  
een container voor  
CA-onderzoek*

## 7. Computer

### 7.1. Algemeen

Zoals reeds in hoofdstuk 2 is vermeld, wordt vrijwel al het (grote) statistisch rekenwerk op landbouwkundig gebied centraal uitgevoerd op het I.C.L. 4-70 computersysteem in Rothamsted. Deze methode van verwerking blijkt zeer efficiënt en mede daardoor erg succesvol te zijn. Dit komt waarschijnlijk door de enorm goed ontwikkelde universeel toepasbare programmatuur. Deze programmatuur is volledig en goed gedocumenteerd. Ook vindt een intensieve begeleiding van de instituten door Rothamsted plaats wat het gebruik van deze programmatuur betreft. Zo bestaat er b.v. een z.g. 'Main Users Group', die zeer regelmatig bij elkaar komt. In deze groep zitten niet alleen mensen van Rothamsted, maar ook vertegenwoordigers van andere landbouwkundige instellingen. Nieuwe ontwikkelingen op programmatisch gebied worden in deze groep meegedeeld. Ook suggesties van de gebruikers kunnen langs deze weg kenbaar gemaakt worden. Hieronder worden nadere bijzonderheden betreffende de 4 belangrijkste programma-pakketten weergegeven.

## 7.2. GENSTAT

Tijdens zijn verblijf in Australië, 15 jaar geleden, heeft Nelder de eerste versie geschreven met een structuur die overeenkomt met S.P.S.S. en ook U.P.P. van het Sprenger Instituut. Voor variantie-analysedoelinden bleek de structuur van deze versie niet toereikend. Later is het pakket enorm uitgebreid. Momenteel werkt een groot aantal mensen aan GENSTAT t.b.v. uitbreiding en verbetering van de reeds bestaande versie. Versie 4.01 draait o.a. ook op I.W.I.S.-T.N.O. in Den Haag. Zowel het L.B.O. als het Sprenger Instituut maken reeds veel gebruik hiervan.

We hebben de aanvullingen op de manual betreffende de versie 4.02 meegekregen. GENSTAT vraagt een geheugencapaciteit van 200 Kb., hetgeen in het algemeen voor minicomputers te omvangrijk is. Tamsett heeft behoefte aan een soort mini-GENSTAT speciaal voor toepassing op minicomputers, die veelal in de overzeese gebiedsdelen staan.

Er is een interactieve versie van GENSTAT ontwikkeld. Voorlopig draait deze alleen nog maar in Rothamsted.

- De 'supporting' van GENSTAT vindt nu nog vanuit Rothamsted plaats. Men is in onderhandeling om dit in de toekomst over te dragen aan de 'Numerical Algorithm Group' (N.A.G.) in Oxford.
- Dunwoody liet ons de mogelijkheid zien om met GENSTAT een dummy-analyse te draaien nog voordat de proef is uitgevoerd. Hierbij wordt de structuur van de analyse eerst geponst. De voordelen van een dummy-analyse zijn de volgende:
  1. Men is in staat na te gaan of de gekozen proefopzet goed te analyseren is.
  2. In het drukke seizoen kan men alleen volstaan met het ponsen en invoeren van de waarnemingsuitkomsten. Al de overige gegevens zijn reeds tijdens de dummy-analyse ingevoerd en worden tijdelijk opgeslagen tot het moment waarop de proefresultaten binnen komen. Een betere verdeling van de arbeid wordt hiermee bereikt.
- Ook liet hij een jaarlijks uitgegeven verslag zien, waarin alle proefresultaten over een bepaald jaar zijn samengevat. De tabellen die hierin weergegeven zijn, worden m.b.v. GENSTAT volledig automatisch geproduceerd.
- Todd heeft uitgelegd hoe residuen volgens de plattegrond van het betreffende proefschema kunnen worden geplott. Het lotingsresultaat van het proefschema dient m.b.v. x- en y-coördinaten te worden vastgelegd. Deze coördinaten moeten als 'FACTOR' worden gedeclareerd. Met behulp van 'TABULATE' kan men dan het gewenste resultaat verkrijgen.
- In het GENSTAT programmapakket zijn recentelijk zeer geavanceerde z.g. Macro's opgenomen, waarmee o.a. clusteranalyse kan worden uitgevoerd.



Mogelijk kan clusteranalyse worden toegepast teneinde een keuze van sorteercriteria, bij de op het Sprenger Instituut ontwikkelde sorteermachine, te maken op basis van z.g. schaduwmetingen.

### 7.3. GLIM

Dit programma kan o.a. gebruikt worden voor analyse van meerdimensionale afhankelijkheidstabellen (contingency tables) m.b.v. bijvoorbeeld log-lineaire modellen e.d. GLIM kan ook toegepast worden bij analyse van experimenten op het gebied van de levensduur of ziektebeschrijving.

Dit programma is alleen interactief. Hierdoor kan men snel onderzoeken met welk model men te maken heeft. Naar keuze kan men daarna gebruik maken van b.v. GENSTAT (niet interactief).

Ook dit programma draait al ongeveer één jaar op I.W.I.S.-T.N.O. in Den Haag. GLIM vraagt een geheugencapaciteit van ca. 100 Kb. Dit programma is op een mini-computer te gebruiken. Het wordt uitgegeven door de N.A.G. (zie folder in bijlage 1).

Baker, die één van de ontwikkelaars van dit programma is, heeft een korte demonstratie op een terminal gegeven. De output hiervan is ook in deze bijlage opgenomen (zie ook lit. 12).

### 7.4. M.L.P. (Maximum Likelihood Program)

Met dit, eveneens op Rothamsted ontwikkelde programma kan een groot scala van modellen worden opgelost, t.w.

- polynomen
- logistische modellen
- samengestelde exponentiële modellen
- Gompertz groei-curven
- zelf te specificeren modellen.

De zelf te specificeren modellen mogen maximaal 6 niet-lineaire parameters bevatten, eventueel door een vast punt of via een vaste asymptoot.

Verder kan men o.a. multi-pele regressie-analyse uitvoeren, verdelingen schatten, algemene lineaire modellen oplossen, enz.

De output bestaat uit ML-schatters van de parameters, residuen, standard errors, grafieken, enz.

Dit programma draait nog niet in Nederland. Het vraagt een geheugencapaciteit van 75-100 Kb. en wordt uitgegeven door Rothamsted (zie bijlage 2).

#### 7.5. N.A.G.-subroutines

Een aantal universiteiten heeft zich verenigd in de Numerical Algorithm Group. Deze groep heeft een groot aantal programma's gedocumenteerd. Men kan deze subroutines kopen. Voor nieuw te bouwen programma's kan men dan vaak grote programmagedelen vervangen door simpele subroutine-calls.

N.A.G. verzorgt ook de uitgave van GLIM en in de toekomst waarschijnlijk ook van GENSTAT.

LITERATUUR

- lit. 01. Bartlett, N.R.  
A survival model for a wood preservative trial.  
Biometrics 34 (4) 673-679 (1978).
- lit. 02. Cox, D.R.  
Regression Models and Life-Tables.  
J. Roy. Stat. Soc. 187-220 (1972).
- lit. 03. Dijke, G.V.; Shelley, C.F.  
Serial-designs balanced for effects of neighbours on both sides.  
J. agric. Sci. 87, 303-305 (1976).
- lit. 04. Freeman, G.H.  
Statistical methods for the analysis of genotype-environment interactions.  
Heredity 31 (3) 339-354 (1973).
- lit. 05. Freeman, G.H.; Crisp, P.  
The use of related variables in explaining genotype-environment interactions.  
Heredity 42 (1) 1-11 (1979).
- lit. 06. Gray, D; Morris, G.E.L.  
Seasonal effects on the growth and time to maturity of lettuce.  
J. agric. Sci. 01, 523-524 (1978).
- lit. 07. Hilhorst, R.A.  
Onderzoek naar statistisch levensduurverdelingen van tuinbouwprodukten,  
Wageningen, Sprenger Instituut, Rapport no. 2044 (1979).
- lit. 08. Holland, D.A.  
On developing a colloquial vocabulary for the description of eating quality.  
J. Sci. Fd. Agric. 28, 436-442 (1977).

- lit. 09. Jenkyn, J.F.; Bainbridge, A.; Dijke, G.V.; Todd, A.D.  
An investigation into inter-plot interactions in experiments with  
mildew on barley, using balanced designs.  
Ann. appl. Biol. 92, 11-26 (1979).
- lit. 10. Preece, D.A.; Pearce, S.C.  
Orthogonal designs for three dimensional experiments.  
Biometrika 60, 349-358 (1973).
- lit. 11. Thompson, W.A. jr.  
On treatment of grouped observations in life studies.  
Biometrics 33 (3), 463-470 (1977).
- lit. 12. Whittaker, J.; Aitkin, M.  
A flexible strategy for fitting complex log-linear models.  
Biometrics 34, 487-495 (1978).

# THE GLIM SYSTEM

GLIM is a program developed by the Working Party on Statistical Computing of the Royal Statistical Society. It provides a framework for the fitting of generalised linear models to data, although its uses are considerably wider than this.

## RELEASE 3 PROSPECTUS

### GLIM-3 ORDER FORM—NOTES

- 1. Distribution**  
Source and executable versions of GLIM are usually distributed together, on magnetic tape. Distribution on other media may be arranged, at an extra charge.
- 2. Documentation and Support**  
The package is despatched with a copy of the GLIM-3 Users' Manual and a set of supporting installation notes. The cost of this documentation is included in the basic distribution charge. Plastic binders and further copies of the Manual are available from NAG Central Office. (See overleaf.)  
Updates to both software and documentation may be issued, if necessary, during the lifetime of this release. Reported difficulties and queries will also be investigated if resources permit. The developers and distributors reserve the right, however, to withdraw all support for the package at some stage, after giving due notice of their intention to do so to all GLIM-3 installations.

- 3. Distribution Charges**  
A proportion of the distribution charge payable for each release of GLIM reverts to the Royal Statistical Society. The rest of the charge defrays the costs incurred by NAG in making the package available.

The basic distribution charge is £200 to non-academic sites or £120 to academic sites. This charge is for a single machine version to be used on one computer. A tape containing a second or subsequent machine version to be used on one computer at the same site will be charged at 50% of the basic rate. Use of a supplied version on a second or subsequent computer at the same site will be subject to a charge of 25% of the basic rate for each such computer.

GLIM-1 and GLIM-2 sites may claim a single discount of £40 and £50 respectively on the price of GLIM-3.

Overseas delivery is normally by airmail.

Charges are subject to revision. Value Added Tax (for U.K. sites) is additional to the basic charge.

- 4. Payment of Distribution Charge**  
Cheques should be made payable to "Numerical Algorithms Group Ltd".  
Overseas customers are requested to pay in pounds sterling.

- 5. Disclaimer**  
Care has been taken in the development, documentation and checking of the GLIM program; nevertheless some errors may remain. Neither NAG nor the Royal Statistical Society accepts responsibility for damage or injury, consequential or otherwise, which may arise from the use or mis-use of the GLIM program or from errors therein.

### General-purpose Uses

Besides its primary use for the fitting of generalised linear models, GLIM can be used in at least three other ways.

First, it can serve as a *calculator*, operating on vectors and scalars with general arithmetic expressions including many standard functions. Suffices allow subsets of vectors to be extracted and operated upon. Results may be displayed graphically, in scatter diagrams, by listing in parallel columns, or by printing serially across the page. Data may be entered at the terminal (if the program is being used interactively) or read from another previously prepared file, the numbers being in fixed or free format. The GLIM language allows macros to be defined and used as blocks in branching and looping; it is thus a programming language of considerably generality.

A second use is for *data exploration*, e.g. by trying various transformations in order to produce approximate linearity of relationship between two variables, to subdivide the data into subsets and to average values over those subsets, to check data visually for the presence of outliers, and to calculate simple statistics.)

Thirdly, GLIM can be used as a *teaching aid*; its use can remove the burden of getting the arithmetic right, thus allowing the student to think about the statistical aspects, and its flexibility allows scope for following through original ideas. Standard examples can be prepared in advance and the output presented in standard text-book form if required. Pseudo-random numbers can be generated to provide simulated data.

### Availability

The package consists of a single FORTRAN program of about 11,500 lines, of which about 40% are comments, including those used in the automatic conversion of the program for different machine ranges. The program is designed to run efficiently in an overlaid form if space is at a premium.

GLIM-3 has already been implemented on several computer ranges. Further implementations are in progress or are planned. The list of computer ranges on which GLIM-3 is or will be available includes:

Burroughs 5000 and 6000	Honeywell Series 60
CDC 6000, Cyber and 7600	IBM 360/370
CHIRIS	ICL 1900, System 4 and 2900
DEC PDP 11, System 10, System 20, VAX 11	Prime R & V Modes
GEC 4070/80	Siemens BS200
Harris 4	Telefunken TR440
	Univac 1100

As the above list indicates, GLIM-3 is a highly transportable package and can usually be adapted to additional machine ranges with little alteration.

**Model Fitting Facilities**

The kernel of GLIM is the algorithm for the fitting of generalised linear models, of which the following are special cases:

1. Linear regression with quantitative independent variates and Normal errors assumed.
2. The fitting of linear models with factors and covariates, assuming Normal errors; construction of the appropriate analysis of variance.
3. The fitting and testing of loglinear or linear models for discrete data including binomial or multinomial data and contingency tables with responses and/or factors.
4. Linear models on a logit scale for multiway tables of proportions.
5. Probit analysis of dose-response curves/surfaces.
6. The estimation of variance components from independent mean squares.
7. Inverse-polynomial response surfaces with gamma errors.
8. Models for survival data based on the exponential distribution.

GLIM allows the user to fit not only these models but also extensions such as

- (a) The use of mixed quantitative-qualitative terms in linear models to enable, for example, separate, parallel or common regressions to be fitted and compared.
- (b) Models which require one transformation to produce the right error structure in the data and another to produce additivity in the fitted effects, e.g. models with Normal errors for the data but systematic effects additive on the inverse scale.
- (c) Models where the proportional standard error is constant rather than the standard error itself.

A more general facility of GLIM to do iterative weighted least squares can be used to program any generalized linear model and many robust regression procedures; such a procedure, once developed, can be stored as a macro for future use.

The results of fitting a model can be displayed to show the parameter estimates and their standard errors, residuals, fitted values, variance-covariance matrix, etc.

**Model Specification**

Given the data, a model is defined by three components:

The *distribution* attached to the response vector  $y$  which has mean vector  $\underline{\mu}$ .

The *linear model*  $\eta = \sum \beta_i x_i$  where  $\underline{g}$  is a vector of parameters and the  $(x_i)$  are explanatory vectors.

The *link function*  $\eta = g(\underline{\mu})$  connecting the linear predictor  $\eta$  with  $\underline{\mu}$ .

GLIM allows as standard four distributions and eight link functions. The table shows their valid combinations and the cells corresponding to the eight examples given earlier. ( $p$  denotes the expected proportion for binomial data, and  $c$  is a known exponent.)

Link Function	Distribution			
	N o r m a l	P o i s s o n	G a m m a	B i n o m i a l
Identity $\eta = \mu$	1 2	3	6	X
Log $\eta = \log \mu$		3	8	X
Inverse $\eta = 1/\mu$			7	X
Square root $\eta = \sqrt{\mu}$				X
Exponent $\eta = \mu^c$				X
Logit $\eta = \log \frac{p}{1-p}$				4
Probit $\eta = \Phi(p)$				5
Complementary log-log $\eta = \log(-\log(1-p))$				

Prior weights may be specified for any model, and zero weights used to omit any desired subset of the data. The intercept (grand mean) may be omitted from a model and a subset of the parameters assigned prior fixed values.

**Other Facilities**

**Input of Data**

**Calculation**

Fixed or free format;  
Choice of input channel.  
  
Arithmetic operations on vectors and scalars;  
suffices;  
functions including pseudo-random-number generator, standard arithmetic functions and relational operators;  
sorting.

**Output**

Choice of output channel;  
control of layout of text and data values.

**Scatter Plotting**

Up to nine variates simultaneously;  
automatic scaling;  
selection of subsets.

**Program Control**

Definition and use of macros as named blocks of instructions;  
use of macros in looping and branching;  
argument substitution in macros.

**Environment**

Information on current configuration, space allocation and availability, and program control state.

**Space Utilisation**

Vector and macro selection with space re-usable;  
dynamic allocation of storage.

**Dumping/Restoring**

Current program state can be dumped for later recovery.

**User Libraries**

Division of files of macros, instructions or data into subfiles for individual access.

**Diagnostics**

Extensive internal checks for faults;

```

REPEAT
??/ LOGIN FTTP
PASSWORD?
12.24 12/09/79 FFS = 304
12/09/79:4470 USEFS NO2 PAGE 04 470
??/ LON LIB:SPRG.CLIM3,...,680
??/ H
OF INSTIC:SPRG .GLIM3 ,6800 LIB 12P39 12:24:38 12/09/79 041000
OF GLIM 3.11 (C)1977 ROYAL STATISTICAL SOCIETY, LONDON
OF

```

OUTPUT  
GLIM

```

OF?*IS05 COUNTS 30 STATE COUNT *FEAL 58 11 5
OF?*IS05 75 19 7 49 14 10 58 17 8 33 18 15 26 22 10
OF?*IS05 15 13 15 39 22 18 4 12 17 5 15 8 5
OF?*IS05 $FACTORS LEF 3 LS 5 TRMT 2 $CAL
OF?*IS05 DEF =ZGL(3,1) $CAL LS=ZGL(205,6) $CAL TRMT=ZGL(2,3)

```

```

OF?*IS05 $LOOK COUNT DEF LS TRMT 4

```

		COUNT	DEF	LS	TRMT
OF	1	58.00	1.000	1.000	1.000
OF	2	11.00	2.000	1.000	1.000
OF	3	5.000	3.000	1.000	1.000
OF	4	75.00	1.000	1.000	2.000
OF	5	19.00	2.000	1.000	2.000
OF	6	7.000	3.000	1.000	2.000
OF	7	49.00	1.000	2.000	1.000
??/ H	OF				
OF	8	14.00	2.000	2.000	1.000
OF	9	10.00	3.000	2.000	1.000
OF	10	58.00	1.000	2.000	2.000
OF	11	17.00	2.000	2.000	2.000
OF	12	8.000	3.000	2.000	2.000
OF	13	33.00	1.000	3.000	1.000
OF	14	18.00	2.000	3.000	1.000
??/ F	OF				
??/ H					

```

OF *ORR
OF?*IS05 $ERR P 40SLINK L $VARIATE COUNT

```

```

OF?*IS05 $FIT 5
OF
OF SCALEF
OF CYCLE DEVIANCE DF
OF 4 366.3 29
OF
OF?*IS05 $FIT TRMT+LS+IF: ADF 5

```

*gebruikte linkfunctie Log Poisson error*

```

OF
OF SCALEF
OF CYCLE DEVIANCE DF
OF 4 114.4 22
OF
OF?*IS05 $FIT +DEF.TRMT 5

```

```

DE          SCALE1
DE  CIRCLE  LEVANCE  IF
DE          0      107.8  00
DE
DE? * I 05 5115 88

```

```

DE          ESTIMATE      S.F.      PARAMETER
DE          1      3.746      0.1024      ZOM
DE          2      0.3338      0.1039      TRMT(2)
DE          3     -0.1149      0.1101      LS(2)
DE          4     -0.2019      0.1127      LS(3)
DE          5     -0.3608      0.1179      LS(4)
DE          6     -1.054      0.1485      LS(5)

DE          7     -0.3494      0.1449      IFF(2)
DE          8     -0.2418      0.1497      IFF(3)
DE          9      0.5960E-03      0.1898      TMT(2).IFF(2)
DE         10     -0.5291      0.2157      TMT(2).IFF(3)
DE          SCALE PARAMETER TAKEN AS      1.000
DE
DE

```

```

DE          UNIT  OBSERVED      FITTED      RESIDUAL
DE          1          58          42.35          2.405
DE          2          11          18.11          -1.671
DE          3           5          16.51          -2.833
DE          4          75          59.13          2.063
DE          5          19          25.30          -1.253
DE          6           7          13.58          -1.786
DE? * I 05 5115 88
DE          7          49          37.75          1.830
DE? * I 05 5115 88
DE? * I 05 5115 88
DE          0088

```

DE? \* I 05 5115 88 SCAL R=(COUNT-2\*CV)/ZSOR(Z\*CV) \*SOR R \*PLOT OF SCAL R \*

```

DE          5.50      *
DE          5.00      *
DE          4.50      *
DE          4.00      *
DE          3.50      *
DE          3.00      *
DE          2.50      *
DE          2.00      *
DE          1.50      *
DE          1.00      *
DE          0.500      *
DE          0.000E 00  *
DE          -0.500      *
DE          -1.00      *
DE          -1.50      *
DE          -2.00      *
DE          -2.50      *
DE          -3.00      *
DE          -3.50      *
DE          -4.00      *
DE          -4.50      *
DE          .....*.....*.....*.....*.....*.....*.....*.....*.....*
DE          -3.20      -1.60      0.000E 00      1.60      3.20
DE? * I 05 5115 88

```

STOP

DE EQ 00 4C048E78 0000 12:06:02

?? LOCOUT  
12.06 RTU USED = 00



# **MAXIMUM LIKELIHOOD PROGRAM (MLP)**

## **Prospectus**

**1976**

### **CONTRIBUTORS**

**G.J.S. Ross**

**R.W. Payne**

**R.A. Kempton**

**Diana Hawkins**

**F.B. Lauckner**

**R. White**

## 1 PURPOSE AND SCOPE

The main purpose of MLP is to provide a simple means of fitting models to data, with appropriate statistical analysis.

Its secondary uses include data manipulation, simulation, graphical methods and the design of experiments.

### 1.1 Computing methods used

Non-linear models are fitted by modified Newton optimisation without derivatives applied to the log likelihood or residual sum of squares of suitable transformations of the parameters, chosen for rapid convergence and numerical accuracy. Nested optimisation and sequential optimisation are used where appropriate. Linear models are fitted by Choleski inversion of matrices. No understanding of these methods is needed for successful use of MLP, but convergence may be monitored if required. Every effort is made to detect pathological cases, usually caused by insufficient information in the data for the required model.

### 1.2 Models fitted by MLP

Numerous standard models are available, classified by the form in which the data appear. Initial estimates, step lengths and limits are set up automatically by a preliminary data analysis. In addition, general models with up to 6 non-linear parameters may be defined in user language.

#### 1.2.1 Curve fitting

MLP fits polynomials, exponentials, double and compound exponentials logistic and Gompertz growth curves, compartment models, and rational functions (inverse polynomials). Curves may be constrained to pass through a fixed point, or to have a fixed asymptote. Different forms of weighting are allowed. Output may include slopes, standard errors of prediction, graphs of curve and data, and the response of the fitted curve to changes in each parameter.

Several sets of data may be input simultaneously and compared in an analysis of parallelism. Values at extra points may be output.

#### 1.2.2 Multiple regression

Weighted multiple regression on up to 8 independent variables is easily specified. Output includes fitted values, standard errors of prediction, summary tables of all the combinations fitted with their associated residual sums of squares. If several groups are input the full between- and within-group regressions are computed, with the analysis of parallelism.

Quantal responses may be analyzed using iterative logistic regression.

#### 1.2.3 Quantal responses and bioassay

The analysis of quantal responses allows for probit or logit transformations, the supply or estimation of control mortality and high dose immunity, analysis of parallelism, analysis of heterogeneity, graphs, estimation of LD50, LD95 and other percentage points.

on logarithmic or natural scales, estimation when sample size is unknown (Wadley's problem), the probit plane, the analysis of mixed populations of differing susceptibility, fixed slope analysis for small samples.

Estimation of most probable number of organisms, by the dilution method.

Quantitative assays using parallel logistic curves.

#### 1.2.4 Frequency distributions

Data may be discrete, consisting of integers 0,1,2 etc. or continuous. Histograms are read or constructed. Discrete distributions include the Poisson, Negative Binomial, Geometric, Logarithmic Series, Neyman Type A, Polya-Aeppli and Poisson Log Normal. Estimation of missing zero cell, and grouping of tail frequencies.

Continuous distributions include Normal, Normal mixtures, Log normal, Exponential, Weibull and Gamma.

Output includes residuals and histogram plots.

For counts of numbers of individuals and species an index of diversity may be calculated.

#### 1.2.5 Miscellaneous special models

Genetic models for estimation of linkage and gene frequencies, with comparison of families.

Transition matrix models for fitting deterministic time series.

#### 1.2.6 General models

The user specifies a sequence of calculations to create working variables that are functions of the parameters, and the form of the error distribution (normal, binomial, Poisson etc.). The model calculations may operate on parameters, variables or single values, and may include jumps and logical functions besides the usual arithmetical operations and functions.

Output may include fitted values and weighted residuals, standard errors of prediction, first derivatives of fitted values with respect to each parameter, exact 95 per cent support limits of parameters and nominated functions of parameters obtained from the critical likelihood contour, automatically scaled contour plots of the critical contour, and adjustments for correlated equally-spaced observations.

#### 1.3 Diagnostic facilities for all models

For all models convergence can be monitored, and the likelihood plotted either at a grid of equally spaced points or as a contour plot for any two dimensional cross section of parameter space. The discrepancy function between the observed likelihood and its quadratic approximation may also be plotted as a set of cubic contours. Parameters may be fixed or required to lie within certain limits. Functions of parameters may be defined, and their estimates, standard errors and

intercorrelations printed after each set of data is fitted. Sets of parameters may be combined by pooling their information matrices. Principal component analysis of parameters reveals stable linear combinations.

1.4 Users language and data input

Users language is free format, controlled by three letter directives. Elements of the language are number lists, calculation sequences and option settings. Only the minimum information need be input, provided the instructions are not ambiguous.

Data may be read, generated, transformed, edited or reordered by a comprehensive set of directions and functions.

1.5 Output of results

Output is generally in fixed format, with fractional places under user's control, for greater legibility and acceptability to non-specialists in computing. Output may be generated by fitting models, but special outputs exist for printing tables of variables, for printing intermediate calculations, for scatter diagrams and contour plots, for printing the mean values of classified variables and for plotting classified variables.

Diagnostic error messages are printed in response to input errors, failures of convergence, non-existence of solutions and invalid calculations.

Parameters and fitted values are usually accurate to four figures and standard errors to three figures, except where the parametrisation is extremely ill-conditioned. Where possible results are given in terms of stable parametrisations from which conventional parameters are calculated.

1.6 Speed of convergence

For standard models convergence is much faster than with traditional methods of applying optimisation to ill-conditioned parametrisations, and the methods used are more reliable than specially-programmed Newton-Raphson iteration.

It is worthwhile trying to express non-standard models in terms of parameters which are expected to be stable, as described in the references, and to use the diagnostic facilities to improve poor performance. No reasonable model fitted to good data should take excessive time if it is properly parametrised.

1.7 References

- Ross, G.J.S. (1970) J.R.Statist.Soc., C, 19, 205-221.
- Ross, G.J.S. (1975) Proceedings of the I.S.I. 40th Session.

2 AGREEMENTS, DISTRIBUTION AND FEES

The agreement for software distribution offers two options - Scheme A or Scheme B.

(a) This scheme is for a user representing a single institution. He will be provided with a magnetic tape holding the program, a test job with results and a set of examples, and a listing of the user's guide. Source or object versions of individual subprograms are not supplied. For this he will pay an annual charge covering the annual licence fee (see Appendix 1). For the first year the licence fee may be reduced.

(b) This scheme is for a user who wishes to become a distributor for a group of institutions. He will receive software, documentation and support as outlined under Scheme A, but will pay nothing. In return he will be responsible for distributing software and documentation to the users in his group. Annual charges will be paid direct to Rothamsted and the distributor will be refunded for his expenses.

Under both schemes a computer specialist will be nominated as co-ordinator by the user. Service support will be channelled through this coordinator. The Statistics Department of Rothamsted Experimental Station must be consulted about the appointment of this coordinator, and about any subsequent replacements.

### 3 SERVICE SUPPORT

#### (a) Maintenance

Program faults are investigated but the time taken will depend on the nature of the fault and the resources available.

#### (b) Advice

Limited resources are available for the discussion of problems encountered in using MLP.

#### (c) Updates

Major releases containing new facilities are normally issued once a year. Updates correcting known faults are issued as required.

### 4 EDUCATION

Assistance may be given in organising courses at centres if there is sufficient demand.

### 5 DOCUMENTATION

This comprises

- (a) User's Guide giving an informal introduction to the language. At present it is available as a computer file in four parts, including an index and a set of worked examples. A printed guide is being prepared.
- (b) Implementor's Manual gives information on the program structure and contents for those engaged in converting the program for other machine ranges

A Reference Manual giving a full formal description of the system is being prepared.

6 SOFTWARE FORMAT AND OPTIONS

The program is written in ASA FORTRAN IV and the full program has over 150 subroutines, but smaller configurations are possible.

MLP versions (despatched as source modules) are available for:

- (a) IBM 360, 370 installations running on OS: partition required 128 bytes upwards dependent on data area and subroutines included.
- (b) ICL 4-70 installation running on Multijob; partition or region required 75-100 K bytes dependent on data area and subroutines included. An interactive version is available.

7 ENQUIRIES

Enquiries should be made to

The Programs Secretary,  
Statistics Department,  
Rothamsted Experimental Station,  
Harpenden, Herts AL5 2JQ,  
England.

Appendix 1

Charges

(a) Program supply and maintenance.

<u>Class of user</u>	<u>Type of use</u>	<u>Basis of charge</u>	<u>Licence fee as at 1.1.76</u>
1. Universities in U.K.	(a) Academic	Fixed annual	0
	(b) Commercial	By negotiation	-
2. Universities abroad.	(a) Academic	Fixed annual	£150
	(b) Commercial	By negotiation	-
3. Ministries, government agencies in U.K.	(a) In house use	Fixed annual	£100 + VAT
	(b) Bureau service	By negotiation	-
4. Other organisations	(a) In house use	By negotiation	£250 + VAT
	(b) Bureau service	By negotiation	-

These charges include for installation instructions and one copy of the Reference Manual.

Fixed charge per release £20 + VAT

(Updates to correct faults are not charged for.)

(b) Documentation	Prospectus		0
	Reference Manual		£1.50
	User's Guides		50p
	Worked examples	} supplied free with program	
	Notice Board		

(c) Courses and Seminars £2.50 + VAT per lecture

(d) Consultancy Fees on application to

Head of Statistics Department,  
Rothamsted Experimental Station,  
Harpenden,  
Herts AL5 2JQ.

N.B. All charges to be remitted in sterling.

I N H O U D

	Blz.
INLEIDING	1
1. Historie	2
2. Organisatie	3
3. Proefopzetten	4
3.1. Algemeen	4
3.2. Proeven in bewaarruimten	6
3.3. Documentatie	6
4. Waarnemingen	7
4.1. Algemeen	7
4.2. Automatische registratie	8
5. Analyse van waarnemingsuitkomsten	10
5.1. Algemeen	10
5.2. Residuen	11
5.3. Levensduur	11
5.4. Sensorisch	12
5.5. Multivariate technieken	13
5.6. Modelbouw	14
6. Algemene opmerkingen over bewaaronderzoek	14
7. Computer	15
7.1. Algemeen	15
7.2. GENSTAT	16
7.3. GLIM	17
7.4. M.L.P.	17
7.5. N.A.G.-subroutines	18
LITERATUUR	19
BIJLAGEN	

Wageningen, 2 november 1979

RAH/JPvT/AvH