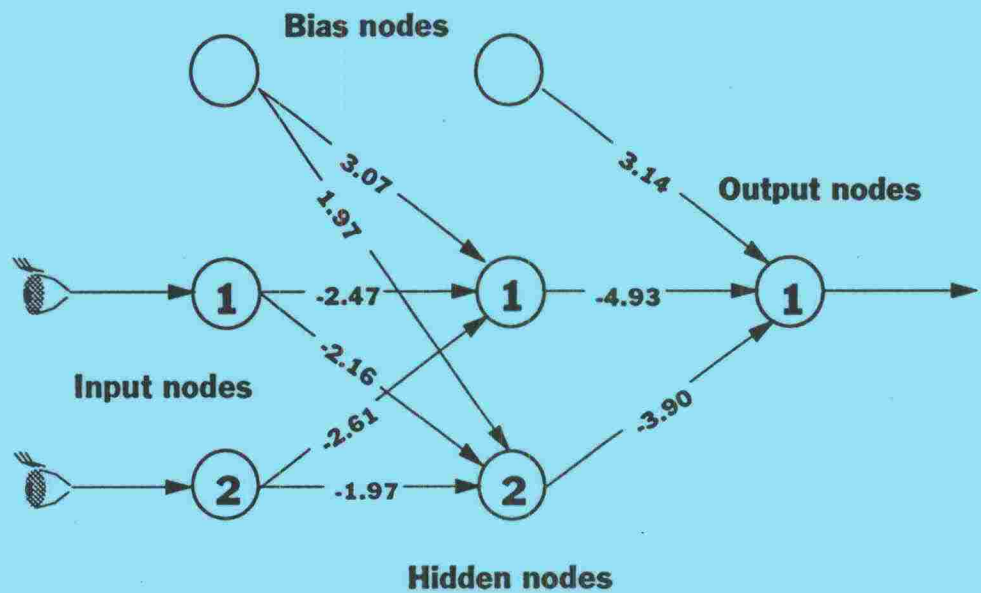


Neuraaliverkkomallin käyttö autokannan ennustamisessa



Tiehallituksen sisäisiä julkaisuja
40/1992

Ville Makkonen

**Neuraaliverkkomallin käyttö
autokannan ennustamisessa**

Tielaitos
Tiehallitus, tutkimuskeskus

Helsinki 1992

Valtion painatuskeskus
Pasilan VALTIMO
Helsinki 1992

Julkaisua saatavana:
Tiehallitus, tutkimuskeskus

Tielaitos
Tiehallitus
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721

ALKULAUSE

Tiehallituksen tutkimuskeskus laatii ja ylläpitää pitkän aikavälin auto-kanta- ja liikenne-ennusteita. Perusennuste uusitaan muutaman vuoden välein, mutta nykyinen nopeasti muuttuva talous- ja yhteiskuntakehitys vaatii ennusteen jatkuvaa seurantaa ja tarkentamista. Tähän ja myös taloudellisen tilanteen kehityksen lyhyen ajan ennakkointiin on kehitelty apuvälineitä.

Neuraaliverkko-teknologia on uusi ja kiinnostavia mahdollisuuksia avaava menetelmä reaali maailman tuottaman tiedon analysointiin. Neuraali-mallit eivät useinkaan anna täsmällisiä vastauksia esitettyihin ongelmiin, mutta niiden avulla saattaa olla mahdollista löytää ratkaisuja ja näkö-kulmia, joiden perusteella voidaan tehdä parempia päätöksiä nopeasti muuttuvassa toimintaympäristössä.

Tässä selvityksessä kuvataan kokeilua, jossa neuraaliverkkomalleja sovellettiin autokannan muutosten ennakkointiin. Sen on tutkimuskeskuksessa tehnyt tekn.yo *Ville Makkonen* ja työtä ovat ohjanneet erikois-tutkijat *Nils Halla* ja *Veijo Kokkarinen*.

Helsinki, syyskuu 1992

Tutkimuskeskus

Sisältö

1 NEURAALIVERKOT	7
1.1 Uusi apuväline	7
1.2 Sovellukset tunnistamisessa	7
1.3 Neuronit jäljittelevät hermosolun toimintaa	7
1.4 Neuronit yhdistetään verkoksi	8
1.5 Oppiminen	9
1.6 Takaisin kytketyt verkot	9
1.7 Virhe pienenee	9
1.8 Malli toistaa opetusaineiston	10
1.9 Neuraaliverkon käsittelemä tieto	10
2 NEUROHELL - OHJELMISTO	10
2.1 Mikrotietokoneohjelma	10
2.2 Neljä osaa	10
2.3 Käsikirjat ja lehti	11
2.4 Neurowindows, Neurosheet ja Neuroboard	11
3 AUTOKANNAN MUUTOKSEN ENNUSTAMINEN	12
3.1 Mallinnustyö	12
3.2 Autokantaennusteen tarkastelukehikko	12
3.3 Reaalilukumuuttujat	13
3.4 Selittävät muuttujat	14
3.5 Lähtöaineisto	15
3.6 Aikasarjat	15
4 ENNUSTEMALLIN KEHITTÄMINEN	16
4.1 Mallien luominen	16
4.2 Verkon opettaminen	17
4.3 Testausmenetelmät ja selittäjien valinta	19
5 AUTOKANTAENNUSTE VUOSILLE 1992-1996	24
5.1 Ennustemalli	24
5.2 Ennustearvotaulukko	24
5.3 Selittäjien arvot	25
5.4 Ennuste bruttokansantuotteen perusteella	25
5.5 Ennuste arvioitujen selittäjämuuttujien arvojen perusteella	25
5.6 Mallin arviointia	26
6 LIITTEET	28

1 NEURAALIVERKOT

1.1 Uusi apuväline

Lineaarisen regressiomallin rinnalle on tullut uusi matemaattinen mallinnusmenetelmä, neuraaliverkko. Neuraaliverkoilla voidaan mallittaa erilaisia selittäjä- ja tulosarvojen probleemeja. Niitä käytetään mm. asiantuntija- ja päättelytehtävissä.

Neuraaliverkkoteoria on saanut alkunsa kiinnostuksesta hermoston toimintaan. Kiinnostus on koskenut hermosolujen tehokasta yhteistoimintaa, rinnakkaista prosessointia ja aistien ominaisuuksia. Esimerkiksi näköaistilla on hyvä hahmontunnistuskky. Näköaistinsa avulla ihminen tunnistaa esineitä miltei erehtymättä, mikä onkin välttämätöntä järjestä toimintaa ajatellen.

Tyypillinen tunnistustehtävä on kasvilajin tunnistus, jossa päättelysäännöt ovat esim. terälehtien ja varren väri, lehtien ja terälehtien muoto. Tässä kuvasta tulee hahmottaa ja jäsentää kasvin osat ääriiviivojen ja värien sekä valojen- ja varjojen muodostamasta kokonaisuudesta ja lisäksi luokitella kasvi. Jos kuvasta näköhavaintoon ja kasvin nimeen johtavan päättelysäännösten sisältävät osat hermostoa voitaisiin valjastaa koneen osaksi, hyöty olisi suunnaton. Kehittyneelle koneelliselle hahmontunnistukselle olisi runsaasti käyttöä erilaisissa materiaalinkäsittelytehtävissä.

1.2 Sovellukset tunnistamisessa

Koneellisessa hahmontunnistuksessa käsitellään digitaalisen kuvan lukuaineistoa. Samanlaista aineistoa syntyy puheentunnistuksessa, käsialantulkittamisessa tekstiksi ja monenlaisissa vaativissa tunnistustehtävissä. Eräs neuraaliverkkomallin sovellus liikennetekniikassa on ajoneuvon tunnistus maantiehen asennetun johdinsilmukan antaman signaalin perusteella. Silmukasta saatavan monimuotoisen ja kullekin ajoneuvotyypille ominaisen signaalin lukuaineiston perusteella suoritettu luokittelu on erityisesti neuraaliverkkojen sovellusalueita.

Monissa nykyajan mallinnustehtävissä lukuaineisto on epämääräistä ja kuvattavan asian eri tekijöiden yhteydet ovat monimutkaisia. Tässä tutkimuksessa neuraaliverkkomallia sovellettiin autokannan kasvun ennustamiseen ts. ihmisen toimintaa kuvaavien tilastojen käsittelyyn.

1.3 Neuronit jäljittelevät hermosolun toimintaa

Neuraaliverkon perusyksiköllä neuronilla l. hermosolulla on tuoja- ja viejähaarat. Solu tuottaa tuojahaaraan saamastaan signaalista tulossignaalin viejähaaraan. Sekä viejä- että tuojahaaroja voi olla monta. Solu muuttaa signaalia ja välittää sen eteenpäin oppimiensa sääntöjen mukaisesti. Käytännön sovelluksessa signaalit ovat reaalityyppisiä ja oppiminen on jonkin funktion parametrien säätämistä, jolloin verkon toiminta on reaalityyppistä.

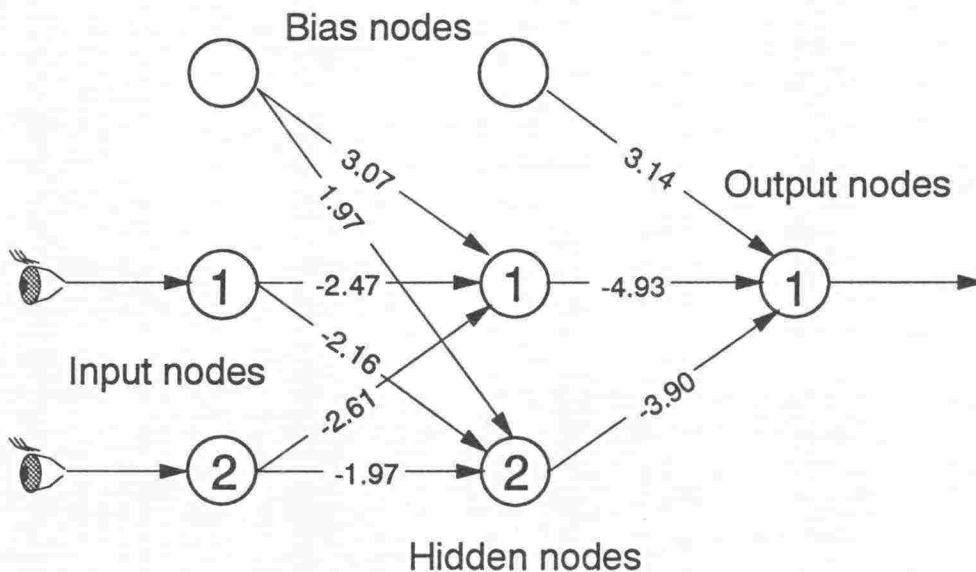
Yksinkertaisin tapa, jolla solu käsittelee signaalia, on kertoa kunkin tuojahaaran signaali haaran nk. painokertoimella ja muodostaa kaikkien signaalien ja painokertoimien tulojen summa. Kyseessä on nk. pistetulo-neuroni. Saatu tulojen summa annetaan syötteenä muunnosfunktiolle f , josta saadaan viejähaarojen signaali.

$$x_i = f(A_i) \text{ kun } A_i = \sum_{j=1..n} (W_{ij} x_j) \quad /2/$$

A_i = pistetulo j = tuojahaaran numero
 W_{ij} = tuojahaaran painokerroin i = viejähaaran numero
 x_j = tuojahaaran signaali
 x_i = lähteväsignaali

1.4 Neuronit yhdistetään verkoksi

Yksittäinen neuroni ei ole tehokas malli. Kun neuroneita kytkeetään yhteen l. yhden solun viejähaara yhdistetään toisen solun tuojahaaraan peräkkäin, saadaan solujen jono, jossa laskenta etenee solusta toiseen. Kytkemällä soluja ristiin verkoksi, esimerkiksi tasolla oleviksi kerroksiksi, joissa esim. jokaisesta kerroksen solusta on viejähaara kaikkiin seuraavan kerroksen soluun, saadaan kerrosverkko, jossa laskenta etenee kerroksen vuorolla samanpituisissa aikajaksoissa. Tällaiset monen kerroksen verkot (Multi Layer Perceptrons) soveltuvat juuri alku- ja tulosarvotehtäviin (kuva 1).



Kuva 1: Kolmekerroksinen neuraaliverkko

Verkkoa syötetään syöttökerroksesta ja tulos luetaan tuloskerroksesta. Em. kohdat muodostuvat verkon uloimman kerroksen soluista, joilla on vain yksi tuojahaara tai viejähaara käyttötarkoituksen mukaisesti. Syöttökohtaan annetaan lähtöaineiston selittäjien arvot. Niistä laskenta etenee tulosarvoihin verkon rakenteen mukaisessa järjestyksessä.

1.5 Oppiminen

Neuraaliverkko oppii lähdeaineiston hahmon. Oppiminen tapahtuu siten, että verkon toimintaa muutetaan lähdelukuaineiston selittäjän arvojen joukosta laskettujen tulosarvojen perusteella, kunnes verkon avulla laskettujen ja lähdelukuaineiston tulosarvojen erotus on riittävän pieni. Käytännössä tämä merkitsee neuroniin tallentuvien parametrien esi-merkiksi em. painokertoimien määrittystä.

$$\text{uusi painon muutos} = \text{oppimisaste} * \text{virhefunktio} + \text{momentum} * \text{edellinen paino}$$

Kahden kerroksen verkossa lopputulos määräytyy kerroksien välisten haarojen painokertoimien perusteella. Jokaiseen tulosarvoon vaikuttaa jokainen lähtöarvo syöttö- ja tuloskerrosten välisten painojen mukaisesti. Näin yhden painon muuttamisella ei ole vaikutusta muihin tuloskerroksen solujen saamiin arvoihin. Tällainen verkkomalli on lineaarista mallia vastaava.

1.6 Takaisin kytketyt verkot

Kun kerroksia on kolme, painon muuttaminen kerrosten kaksi ja kolme välillä ei riitä, vaan yhden tulosarvon virheen korjaamisen vaikutus tulee johtaa koko verkon läpi takaisin lähtöarvojen kerrokseen ts. painoja tulee muuttaa myös kerrosten yksi ja kaksi välillä. Tätä ominaisuutta kutsutaan takaisin kytkennäksi (back propagation). Painokertoimen muuttaminen kerroksien yksi ja kaksi välillä muuttaa kaikkia mallin antamia tulosarvoja, koska kolmannen kerroksen soluun on viejähaarat kaikista kerroksen kaksi soluista.

Kolmekerroksinen neuraaliverkkomalli jäljittelee selittäjien ja selittäjien yhdistelmien kaikki matemaattiset yhteydet tulosarvoihin. Neuraaliverkkomallista saatava tuloskäyrä voi saada minkä tahansa matemaattisen funktion esim. exponenttifunktion, logaritmisien tai polynomifunktion muodon rajatulla välillä, jolloin perinteistä tilastollista työskentelyä ei tältä osin tarvita. Selittäjien yhdistelmiä ja eri asteita ei tarvitse erikseen käsitellä. /1/

1.7 Virhe pienenee

Oppimisen edetessä mallin antamat tulokset lähenevät lähtöaineiston tulosarvoja ts. virhe pienenee. Virhe saattaa joissakin tapauksissa alkaa heittelehtiä ja tulokset saattavat hajaantua siten, että ratkaisua ei saavuteta sopivassa ajassa. Tällöin oppimisalgoritmia tulee säätää. Oppimisalgoritmi on aina säädettävissä sellaiseksi, että halutut tulosarvot saavutetaan.

Verkon suorituskykyyn vaikuttaa keskimmäisen nk. kätkeyn kerroksen solujen lukumäärä. Kun tarkkuutta halutaan lisätä, tarvittavien kätkeyn kerroksen solujen määrä saattaa kasvaa eksponentiaalisesti. Kätkeyn solujen määrän valitseminen on nykyisellään arviointitehtävä.

Neuraaliverkon opettaminen ei ole vaikeaa. Sen sijaan oppimisalgoritmien laatiminen on vaativa matemaattinen tehtävä. Jo tällaisen kolmi-kerroksisen takaisin kytketyn verkon oppimisalgoritmeissa joudutaan turvautumaan yksinkertaistuksiin ja etsimään nopeuttavia numeerisia

ratkaisuja. Verkon rakennetta ja signaalien käsittelytapaa rajaa juuri oppimisalgoritmien kehittämisen monimutkaisuus ja laskentaprosessista suoriutumisen aika.

1.8 Malli toistaa opetusaineiston

Jos opetettuun neuraaliverkkomalliin syötetään jokin oppimisaineistoksi annettu selittäjien joukko, verkkomallista saadut tulokset ovat tarkasti lähellä lähtöaineiston tulosarvoja. Kun syötteeksi annetaan aineiston osa, jota ei ole käytetty oppimiseen, verkkomallin antamat tulokset saattavat poiketa huomattavasti aineiston tulosarvoista. Tällöin mallia ei voi pitää yleistyksenä lähtöaineiston selittäjien ja tulosten kuvaamasta asiasta.

Yleistystä voi tutkia jakamalla lähtöaineisto opetus- ja testiaineistoihin. Jos erillistä testiaineistoa pidetään verkon opettamisen lopettamisen perusteena tai se neuraaliverkon tila, jossa testiaineiston virhe on pienin tallennetaan lopulliseksi malliksi, hyvä yleistyys saavutetaan.

1.9 Neuraaliverkon käsittelemä tieto

Mallia muodostettaessa tulee valita, ovatko syötteet ja tulokset totuusarvon kyllä-ei sisältäviä (binäärinen malli) vai reaalityttö muotoisia (analoginen malli). Reaalityttö luvut rajataan aina jollekin arvovälille. Totuusarvoilla on vain kaksi arvoa, käytännössä määrittelyvälin suurin ja pienin arvo. Mallin kannalta toimintatilat ovat erilaiset (*liite 2*).

Analoginen malli ilmoittaa suoran tulosarvon matemaattisen kaavan tapaan. Binäärisessä mallissa jokaisella tulosvaihtoehdolla on arvo, joka osoittaa neuraaliverkkomallin suorittamaa valintaa tulosarvojen joukosta. Esimerkiksi annettujen kasvin ominaisuuksien perusteella saadaan suurin luku oikean kasvinnimen kohdalle. Analogisessa mallissa voi käyttää myös totuusarvoja ns. dummy-muuttujien tapaan, jolloin suurin arvo on kyllä ja pienin arvo on ei.

2 NEUROHELL - OHJELMISTO

2.1 Mikrotietokoneohjelma

Neuraaliverkkomallien kokeiluun käytettiin NeuroShell 4.0 -ohjelmistoa. Ohjelmisto on tarkoitettu IBM-PC yhteensopiviin mikrotietokoneisiin, jotka käyttävät Dos-käyttäjärjestelmää. Ohjelmiston valmistaja on amerikkalainen Ward System Group Inc.

2.2 Neljä osaa

Ohjelmiston 4.0-versioon kuuluu neljä eri ohjelmaa. Malli muodostetaan F-ohjelmalla (fanalog.exe). F-ohjelmalla muodostetaan tarvittavat neuraaliverkkomallin tiedostot (file) ja määrätään selittäjämuuttujat, tulosarvomuuuttujat ja niiden arvojen vaihtelalueet. F-ohjelmalla asetetaan neuraaliverkon oppimisen ja muodon säädöt sekä käynnistetään itse oppiminen. Siinä on myös oppimisaineiston ja tulosaineiston käsittelyyn tarvittavat osat.

Valmista neuraaliverkkomallia voi käyttää uusien arvojen laskemiseen ts. ennustamiseen ja tunnistamiseen Runtime- l. R-ohjelmalla (ranalog.exe). R-ohjelmassa on ainoastaan tulosaineiston käsittelyosa F-ohjelmasta. Kaikki muut toiminnot on karsittu pois.

Erilaisiin tiedostomuunnoksiin ja siirtelyyn on käytettävissä apuohjelma, utility.exe. Lähtöaineiston voi syöttää Lotus 123 - taulukkolaskentaohjelman käyttämässä tiedostossa ja siirtää sen oppimisaineistoksi ja testiaineistoksi apuohjelman komennoilla. Apuohjelmalla voi lisäksi tarkastella tulosarvoja ja selittäjien arvoja graafisesti sekä tutkia neuraaliverkon parametreja ts. solujen välisten haarojen painoja.

Ohjelmiston kolmas käyttöliittymä on B-ohjelma (banalog.exe). B-ohjelma laskee valitulla neuraaliverkkomallilla syötteeksi annetusta tekstitiedostosta, jossa selittäjien lähtöarvot ovat taulukoituina, tulosarvojen tekstitiedoston eräajoperiaatteella (batch). Tiedostot ovat Dos-tekstitiedostoja. B-ohjelmaa käytettiin ohjelmiston testaukseen.

Neuraaliverkkomallin laskentarutiinit voi kääntää (compile) neljälle eri ohjelmointikielelle. C-ohjelmalle annetaan syötteeksi mallin nimi ja se tuottaa tekstitiedostoon ohjelmointikielen komennot ja lauseet.

2.3 Käsikirjat ja lehti

Englannin kielisissä NeuroSell-käsikirjoissa on esitetty perustiedot ohjelmiston käytöstä: näyttöjen sisältö, käskyvalikkojen sisältö, näppäimistön komennot ja virheilmoitukset. Niissä käydään mallin rakentaminen ja ohjelmiston käyttö vaihe vaiheelta läpi. Esimerkeissä neuraaliverkkomallilla päätellään presidenttiehdokkaan nimi, ennustetaan ravilähdön ja jalkapallo-ottelun tulos (binääriset mallit) sekä pörssikurssin kehitys (analoginen malli). Lisäksi siinä on selostettu neuraaliverkkojen toimintaperiaatteita.

Kirjat ovat huolellisesti laadittuja. Koska ohjelmistoa on kehitetty koko ajan ja siitä on julkaistu uusia versioita käsikirjat ovat muuttuneet saraksi, jonka myöhemmät osat täydentävät aikaisempia. Tämä ei kuitenkaan haittaa kokonaisuutta.

Ohjelman käyttäjien mielipiteitä on esitelty Ward System Groupin julkaisemassa lehdessä NeuroShell News. Artikkeleissa esitellään tuotteen uusimpia versioita ja käyttäjien sovelluksia tapauskohtaisesti.

2.4 Neurowindows, Neurosheet ja Neuroboard

Valmistaja on julkistanut NeuroShell-ohjelmistostaan 4.1-version joulukuuhun 1991 mennessä ja uusinta on ohjelmiston windows-versio 2.0. NeuroWindows koostuu dynaamisen linkkikirjaston (DLL) rutiineista, jotka sisältävät kaikki neuraaliverkon muodostamiseen ja käyttöön tarvittavat rutiinit. Kirjaston rutiineja käytetään VisualBascin avulla. Rutiineja voi käyttää käytännössä millä tahansa ohjelmistolla, jolla voi antaa komentoja DDE-linkin kautta.

NeuroSheet-ohjelma lukee lähtöarvot ja palauttaa tulokset taulukkolaskentaohjelmaan.

Rutiineja voi käyttää kaikissa niissä taulukkolaskimissa, joista voi tallentaa Lotus 123 - tiedostomuotoon. NeuroSheet-ohjelmalle osoitetaan eri tietojen sijainti taulukossa tunnuksin. Ohjelma suorittaa oppimisprosessin sille osoitetun taulukon tietojen perusteella ja palauttaa halutut tulokset taulukkoon. Lotus 123 - taulukkolaskentaohjelman 2.0 - versiossa neuraaliverkko-ohjelmat ovat käytettävissä liitettynä funktiona. Funkti-
on nimi on FORECAST.

Ward System Group tarjoaa mikrotietokoneisiin sopivan NeuroBoard lisäkortin. Kortille on asennettu laskentaan sopivia tehokkaita piirejä, joille neuraaliverkko toiminnot on ohjelmoitu assembler-ohjelmointikielellä. Valmistajan ilmoituksen mukaan kortti suoriutuu 4.8 minuutissa oppimistehtävästä, johon 386/20 Mhz mikrotietokone kuluttaa kahdeksan tuntia. Kyseessä ei kuitenkaan ole varsinainen neuraalitietokone.

3 AUTOKANNAN MUUTOKSEN ENNUSTAMINEN

3.1 Mallinnustyö

Ohjelmiston käyttöä kokeiltiin kehittämällä NeuroShell-malli autokannan kasvun ennustamiseksi. Malleja tehtiin useita. Autokannan ennustamisen perusteet ja lähtöaineisto saatiin tutkimuskeskuksen ennusteprojektista. Malleilla koetettiin ennakoida autokannan kehitystä lyhyellä aikavälillä vuosien 1992-1996 aikana.

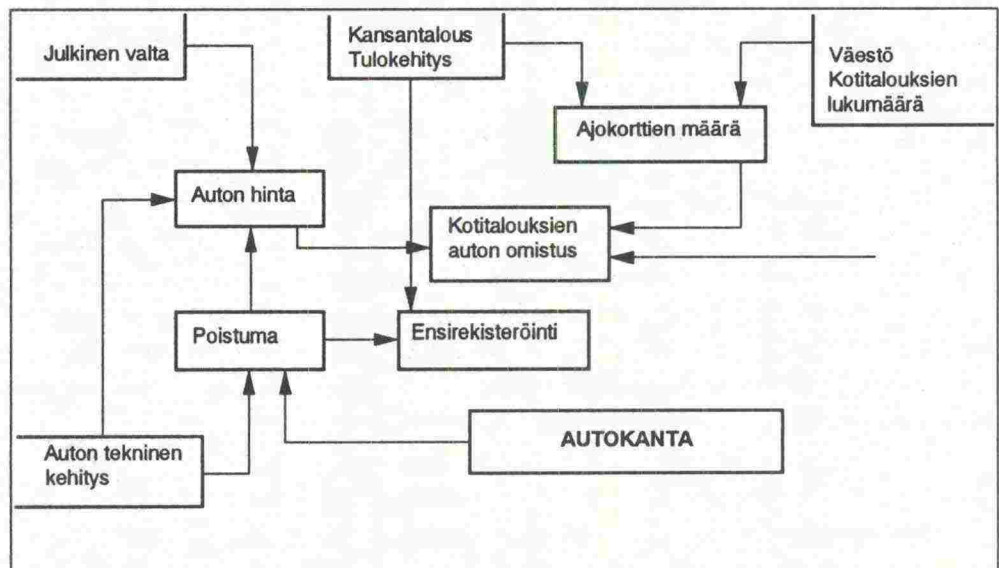
Suurin työ ennustettaessa tehdään peruslainalaisuuksien etsinnässä. Kun asia saadaan mallinnettua muotoon, jossa jokin tietoa-aineistosta saatu kuvaaja, esim. luku ei muutu ajan kuluessa, ennustaminen on arviointitehtävä, jonka laatu riippuu vain tietojen tarkkuudesta. Kuitenkin tällaisen ajasta riippumattoman lainalaisuuden löytäminen on vaikeaa. Kehitystrendit löytyvät pitkän osatekijöiden vaikutusten erittelyn jälkeen.

Neuraaliverkkomalli käsittelee aineistoa vapaammin sikäli, että yksittäisten selittäjien ja tuloksen välillä ei välttämättä ole selkeästi osoitettavissa olevaa yhteyttä. Mallinnustyössä pyritään löytämään mahdollisten selittäjien joukko. Mallin hyväksymisen ja käyttökelpoisuuden perusteena pidettiin lähtötietojen saatavuutta, mallin tuottamien arvioiden ja lähtöarvojen yhtäpitävyyttä sekä selittäjien muutoksen vaikutusta mallin tuottamaan tulokseen.

3.2 Autokantaennusteen tarkastelukehikko

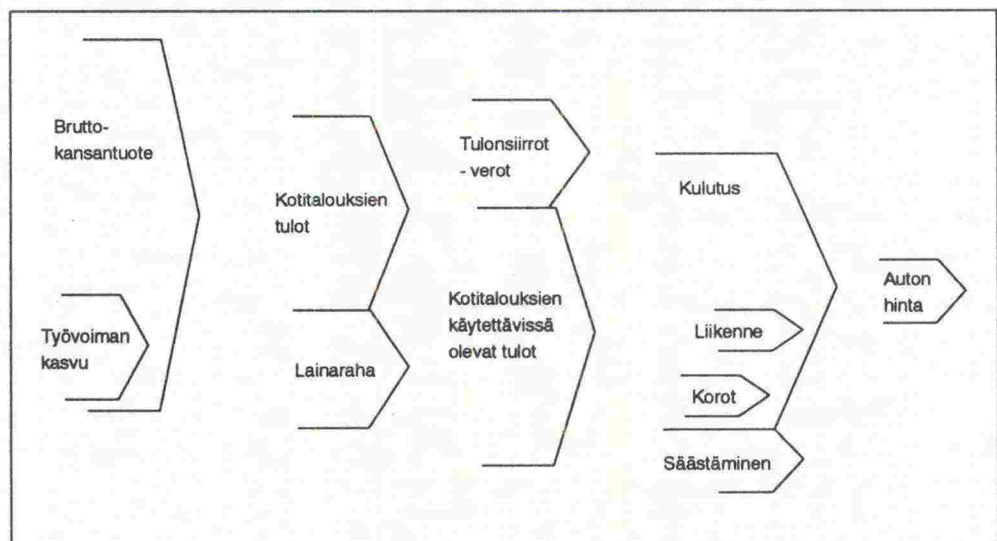
Autokantaennustemallin selittäjien määrityksessä käytettiin tiehallituksen "Liikenne- ja autokantaennuste 1989-2010" henkilöautojen hankinnan ja käytön tarkastelukehikkoa. Tarkastelukehikossa autonomisuuden perusyksikkö on kotitalous.

Kansantalouden ja tulokehityksen katsotaan vaikuttavan kotitalouden auton omistukseen. Erään Tilastokeskuksen tutkimuksen mukaan ansiotasolla on suora yhteys kotitalouksien autotiheyteen. Lisäksi tulokehitys vaikuttaa ajokorttien hankintaan ja sitä kautta mahdollisten autonomistajien lukumäärään.



Kuva 2: Ote "Liikenne- ja autokantaennuste 1989" - tarkastelukehikosta

Koemalleissa keskityttiin enimmäkseen kuluttajien taloudelliseen tilaan liittyviin tekijöihin: tulot, varallisuus ja kulutus sekä autonkäytön ja hankinnan kustannuksiin. Sopivaa aineistoa ts. taloudellisia lukuja löytyi kansantalouden tilinpidosta. Tarkasteluun valittiin talouspainotteisia muuttujia, koska niitä oli hyvin saatavilla ja auton hankintapäätös oletettiin suureksi osaksi taloudellisista seikoista riippuvaksi. Selittäjiksi sopivia muuttujia on kuvassa 3, joka kuvaa rahavirtaa: tuloja ja kulutusta.



Kuva 3: Kansantalouden tilinpidon tulot ja kulutus

3.3 Reaalilukumuuttujat

Muuttujien keskinäiset vaikutukset eivät olleet keskeisiä mahdollisten selittäjien etsinnässä, koska mallitusta ei pyritty eristämään yksittäiseen

kohteeseen, vaan asiaa lähestyttiin ottamalla kaikki autokannan muutoksiin vaikuttavat muuttujat mukaan riippumatta niiden keskinäisistä suhteista.

Matemaattisia malleja käytettäessä keskitytään sellaisiin asiaa koskeviin tietoihin, jotka ovat mitattuja, rekisteröityjä tai laskettuja lukuja. Näin oli käytännössä syytä tehdä koemalleissakin. Mallissa olisi voitu käsitellä totuusarvotietoja esim. "on lama / ei ole lama". Tämä olisi edellyttänyt totuusarvomallin rakentamista, jolloin kaikki lukuarvot olisi käsitelty jonkinlaisen luokkajaon perusteella, tai Dummy-muuttujien käyttöä. Kumpaankaan ei ryhdytty, koska aineistoa muokkaaminen yksinkertaisempaan muotoon ei olisi ollut perusteltua. Kaikki koemallien selittäjät ovat siis reaalitylukumuuttujia.

3.4 Selittävät muuttujat

Yksinkertaisimmillaan mallin selittävänä muuttujana olisi aika, jolloin kuvattava tapahtuma toistuu aikaan sidotusti. Tällainen on esimerkiksi taivaankappaleiden liikeradoista johtuva vuorovesi-ilmiö. Tällaista ajasta riippuvaa kehitystä ei aineistossa ollut. Aineistossa oli toki havaittavissa 60-luvun voimakas autoistumisen vaihe, jolloin autonhankinnan tulojousto oli suurempi nykyiseen verrattuna. Aika selittää paremmin autokannan pitkän aikavälin kehitystä.

Auton käyttö on yksityistä kulutusta, johon käytettävissä olevia resursseja kuvaa bruttokansantuote. Bruttokansantuotteen kehitys heijastuu kotitalouksien käytettävissä olevaan tuloon. Mitä nopeammin bruttokansantuote kasvaa sitä suurempi autokannan kasvu.

Kotitalouden tuloja kuvaavaa aineistoa oli saatavissa ansiotasosta ja kotitalouden käytettävissä olevista tuloista, joita kokeiltiin selittäviksi muuttujiksi. Kotitalouden käytettävissä olevat tulot on laskettu ansiotasosta ottamalla tulonsiirrot laskuihin. Tämän vuoksi ansiotaso jätettiin pois tarkastelusta. Kasvavien tulojen katsotaan lisäävän auton hankintaa. Työvoiman kasvua käytettiin työllisyyttä ja autonkäyttäjien määrää kuvaavana tekijänä. Työttömyysaste jätettiin pois. Työllisyyden paraneminen lisää auton hankintaa.

Kotitalouksien säästämisastetta käytettiin kulutuksen ja säästämisen suhdetta kuvaavana tekijänä. Autonhankinta katsotaan kansantalouden tilinpidossa kulutusmenoksi, joten säästämisasteen nousun tulisi vähentää autonhankintaa lyhyellä tähtäimellä. Pankkien antolainauksen keskikorkoa käytettiin rahoitustilanteen mittarina. Henkilöautoja hankitaan usein lainarahalla, jolloin korkea korko lisää autonhankinnan kuluja ja siten vähentää auton hankintaa.

Liikennemenojen osuus kotitalouden kulutusmenoista kuvaa kulutustottumuksia sekä liikenteen hintatasoa suhteessa muuhun kulutukseen. Liikennemenojen osuuden kasvu lisää liikenteeseen käytettyjä varoja. Osuuden katsottiin olevan suoraan verrannollinen auton hankintaan ja käyttöön. Autonkäyttöä kuvaavista luvuista kokeiltiin polttoaineen ja henkilöautojen hinnankasvusta. Korkeiden kustannusten katsottiin vaikuttavan autonhankintaa vähentävästi.

KOEMALLEISSA KÄYTETYT SELITTÄJÄT:	SUURIN JA PIENIN ARVO	
	1) Antolainauksen vuosittainen keskiporko	20
2) Auton keskihinnan reaalin kehitys	-40	41
3) Bruttokansantuotteen muutos	-10	20
4) Kotitalouksien käytettävissä olevien tulojen muutos	-10	20
5) Kotitalouksien säästämisaste	-10	20
6) Liikenteen osuus kotitalouden kulutusmenoista	0	30
7) Polttoaineen hinnan reaalin kehitys	-30	30
8) Työvoiman kasvu	-10	20
9) Yksityinen kulutus	-10	20

3.5 Lähtöaineisto

Lähtöaineisto on peräisin Tilastokeskuksen julkaisuista, 'Korkotilastoa 1960-1986', 'Kansantalouden tilinpito' 1960-1981 sekä 1981-1990, OECD:n 'Economic Outlook 50/1991' -julkaisusta sekä tielaitoksen "Liikenne- ja autokantaennuste 1989-2010" -julkaisun liitteistä. Osa tiedoista on ennakkotietoja (*liite 1*).

NeuroShell-malleissa kannattaa poistaa tasainen trendi ja käsitellä lukuarvon vaihtelua jollakin välillä. Jotta lukuarvojen muutokset eri vuosina olisivat olleet oikeat edelliseen vuoteen verrattuna, markkamääräiset lukuarvot pyrittiin muuttamaan samaan hintatasoon. Näin saadaan tulosarvojen ja lähtöarvojen muutosten suhteet säilymään.

Kansantalouden tilinpidon käyvin markkamääräisin hinnoin ilmoitetut luvut eivät sopineet aineistoon sellaisenaan. Kaikissa näitä lukuja koskevilla laskemissa käytettiin kiinteähintaisia aikasarjoja, jotka oli muutettu osin vuoden 1980 ja osin vuoden 1985 hintatasoihin. Polttoaineen- ja auton keskihintojen reaaliset kehitykset saatiin indeksisarjasta, joka alkoi vuodesta 1960. Näistä hinnoista ja muista reaalisista luvuista laskettiin muutosprosentit lähtöaineistoksi.

Malleissa käytettiin vuosien 1961-1990 lukuarvoja. Vuosien 1961-1970-aineisto jätettiin pois osasta malleja, koska 60-luvulla oli sekä hinta- että tuontisäännöstelyä. Osassa malleja käytettiin Economic Outlookin aineistoa, jota oli saatavissa vain vuosilta 1974-1990.

3.6 Aikasarjat

Tavallisesti selittäjät ovat mitatut saman pituiseen aikajaksoon sidotusti kuin itse tulos. Lähtötietojen mittausjaksoksi valittiin yksi vuosi. Viiden vuoden summa tai keskiarvoaineiston käyttö olisi tasoittanut aineistoa liiaksi, koska mallin tavoitteena oli luoda lyhyen aikavälin ennuste. Kuukausittaista aineistoa ei ollut käytettävissä ja lisäksi oletettiin, että auton hankintapäätös tehdään pitempiaikaisen tarkastelun kuin esim. kuukauden ansion perusteella.

Erilaisia aikasiirtymiä kokeiltiin. Tutkittiin, vaikuttavatko vuoden ja kahden vuoden takaiset selittäjä arvot nykyiseen autokannan muutokseen. Ilman perustelua pääteltiin, että kahden vuoden takaisella bruttokansantuotteen kasvulla ei ole yhteyttä tämän vuoden autokannan kasvuun tai ainakin parempia selittäjiä on löydettävissä saman vuoden muista selittäjistä. Koska lähtöaineiston mittausjaksoksi oli valittu yksi

vuosi, aikasiirtymän käyttö ei ollut perusteltua, joten näin tehdyistä malleista luovuttiin. Kaikissa malleissa kukin tulos- ja lähtöarvojen joukko koostui saman vuoden lukuarvoista.

AIKASARJA	OPETUSAINEISTO	TESTIAINEISTO
M	1974-1980, 1985-1990	1981-1984
P	1961-1990	1961-1990
T	1971-1990	1971-1990
X	1971-1973, 1975-1981, 1983-1986, 1988, 1990	1974, 1982, 1987, 1989

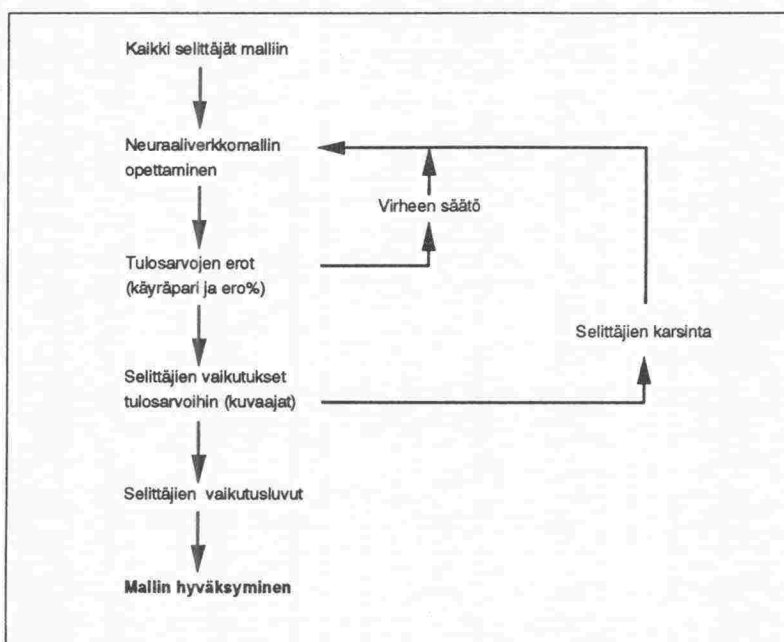
Aineistoa ei jaettu erilliseen testiaineistoon hyvän yleistyksen saamiseksi. Tähän aineistoa oli käytettävissä liian vähän. Testiaineisto oli sama kuin opetusaineisto kaikissa malleissa malleja akt0m10x ja akt9m10m lukuun ottamatta. Opetusaineistoissa oli 15:sta 30:een eri vuosien lukuarvojoukkoa.

4 ENNUSTEMALLIN KEHITTÄMINEN

4.1 Mallien luominen

Malleja luotiin NeuroShell-ohjelmalla, jossa määrettiin tulosmuuttuja ja selittävät muuttujat. Kullekin muuttujalle annettiin määrittely väli. NeuroShell-ohjelma synnytti tarpeelliset tiedotot.

Aineiston eräajojen valmistelussa ja muokkaamisessa NeuroShell-ohjelmistoa varten käytettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaa, johon rakennettiin tarvittavat makro-rutiinit syötetiedoston muodostamiseen, pilkkumuunnoksiin ja tulosten taulukointiin ja eräajon käynnistämiseen. Aineisto tallennettiin tietokantaan, joka on tiedostossa kanta.xls ja siitä valmistettiin Lotus 123-tiedostot. Tiedot siirrettiin oppimis- ja testiaineistoiksi Lotus 123 -tiedostoissa.



Kuva 4: Ennustemallin kehitystyö

Selittäjien valinta

Ennustemalliin etsittiin sopivia selittäjiä autokannan kasvulle. Ensiksi kokeiltiin kaikkia selittäjiä ja sitten selittäjiä karsittiin jatkokehittelystä. Lopuksi selittäjiä valittiin vielä ennusteaineiston saatavuuden perusteella.

Ensimmäisessä mallissa (akt0m10p) käytettiin kahdeksaa tarkastelun selittäjistä. Opetteluaineistona oli vuosien 1961-1990 selittäjäaineisto ja autokannanmuutokset (p-aikasarja). Lisäksi tehtiin kaksi muuta kahdeksan selittäjän mallia. Niiden oppimisaineistona käytettiin toisessa (akt9m10m) vuosien 1974-1980 ja 1985-1990 (m-aikasarja) ja toisessa (akt0m10t) vuosien 1971-1990 aineistoa (t-aikasarja).

Kahdeksan selittäjän mallin tarkastelun perusteella muodostettiin kuuden selittäjän malli m12. Tästä edettiin neljän selittäjän malleihin, jolloin selittäjien vaikutuksen suunta oli tarkasteluissa määrävä tekijä. Autokannan kasvua yritettiin myös selittää pelkästään bruttokansantuotteen muutoksella.

MALLI	SELITTÄJIÄ	TESTIAJOT MALLISSA	MALLI	SELITTÄJIÄ	TESTIAJOT MALLISSA
AKT9M10I	8	1	AKT9M10M	8	1
AKT0M10P	8	2	AKT0M10X	8	1
AKT0M11T	4	1	AKT0M12P	6	2
AKT0M12T	6	2	AKT0M13P	4	1
AKT0M13T	4	2	AKT0M15t	4	1
AKT0M16T	5	1	AKT0M17T	4	1
AKT0M19T	1	1	AKT0M20T	9	3

Mallien nimeäminen

Malleille annettiin dos-tiedostonimet kaavaimen, AKTxMyyZ mukaan. Mallin nimen kaksi ensimmäistä kirjainta, A ja K ilmaisevat, että kyseessä on autokannan kasvu. Seuraavat kaksi kirjainta osoittavat selittäjien ja tulosarvojen tai arvon sitomista aikaan. T0 - ja T9 -malleissa nämä sekä selittäjien arvot että tulosarvot olivat saman vuoden aineistoa. Kolmen kirjaimen yhdistelmästä, m10, m11 jne. voi päätellä, mitkä selittäjät valittiin malliin. Viimeinen mallin nimen kirjain osoittaa, minkälainen opetusaineiston aikasarja oli käytössä.

4.2 Verkon opettaminen

Mallin virherajan asettaminen

Malleja opetettiin, kunnes virhe l. mallin antamien ja lähtöaineiston tulosarvojen välinen ero havaittiin riittävän pieneksi l. asetettu virheraja alitettiin. Mallien virherajojen asettamisessa tyydyttiin osin 0,001 ja 0,0005 virheeseen, osin käytettiin oletusasetuksena ollutta 0,0001.

Neuraaliverkkomallin opettaminen aloitettiin yleensä suuremmalla virheraja-asetuksella, koska näin oppimisalgoritmi muuttaa verkkoa ts. painokertoimia tasaisesti. Tarkkuutta lisättiin pyrittäessä suurempaan mallin ja lähtöaineiston kunkin vuoden tulosten vastaavuuteen.

Malleissa m10p, m10t, m15p, m15t, m13t ja m16t virheasetuksena oli 0,0005. Mallissa m12p se oli 0,00025. Oppimista ei kuitenkaan suoritettu virherajan alitukseen saakka. Malleissa m11p ja m10m virheasetuksena oli 0,0001.

Kätketyt solut

Kätketyn kerroksen neuronien (hidden nodes) määrä vaikuttaa neuraaliverkon suorituskykyyn. NeuroShell-ohjelmassa tämä määrä voidaan asettaa 1:stä 32 767 soluun. Jos käyttäjä ei aseta tätä määrää l. antaa arvon nolla, ohjelma tekee sen itse. Ohjelman asettama määrä on pieni.

Suurimmassa osassa malleja käytin 20 kätkettyä solua. Määrä vaikutti riittävältä monimutkaisempien selittäjämuuttujien ja tulosarvojen yhteyksien kuvauksen kannalta. Kun autokannan kasvua yritettiin selittää pelkästään bruttokansantuotteella, kätkettyjen solujen lukumäärä asetettiin 60:een mallissa m19t.

Oppimistapahtumien määrän kasvu ja oppimisaika

Oppimismäärien kasvu ja oppimisajan lisääntyminen riippuvat oppimisalgoritmin asetuksista, mallin muuttujien määrästä ja aineiston tapauksien lukumäärästä. Kun verkon koko kasvaa ja aineistoa on enemmän, oppimistapahtumaan tarvittavan laskennan määrä kasvaa suoraan verrannollisesti. Laskenta voidaan asettaa pyrkimään nopeammin ratkaisuun. Tästä saattaa kuitenkin seurata tulosten hajaantuminen. Pyritäessä pienempään virheeseen oppiminen kestää yleensä kauemmin.

Oppimisaikaan vaikuttaa lisäksi mikrotietokonelaitteiston laskentateho. Mallin m12t laskentaan käytettiin IBM-yhteensopivaa 386-suorittimella varustettua mikrotietokonetta, joka toimi 25 MHz taajuudella. Mallin m20t laskennassa tietokone oli 486-suorittimella varustettu.

Mallia akt0m20t opetettiin ensin 0,0005-virheasetuksella. Virheraja alitettiin 83 700 opintotapahtuman ts. 19 ja 1/2 minuutin tietokoneajon lopuksi. Kaikkien vuosien tulosarvojen eroprosenttien keskiarvo oli tällöin 11,1 %. Mallia opetettiin edelleen, kunnes 0,00025-virheraja alittui. Aikaa oli kulunut yhteensä 42 ja 1/2 minuuttia ja opintotapahtumia oli kertynyt 115 450. Eroprosenttien keskiarvo oli 6,1 % (liite 3).

Mallista akt0m12t tehtiin kaksi tulosvertailua eri oppimismäärillä. Ensimmäinen mallin testaus tehtiin 23 700 oppimistapahtuman jälkeen, kun 0,0005 virheraja alitettiin. Oppimisaika oli 6 minuuttia. Virheen l. tulosten erotusten neliösumma oli 14,84 ja keskimääräinen eroprosentti 2,31. Toinen testaus tehtiin 287 950 oppimistapahtuman kohdalla virherajan ollessa 0,00025. Oppimisaika oli yhteensä 1 tunti 12 minuuttia. Tulosarvojen keskimääräinen eroprosentti oli 4,45 % ja erotusten neliösumma 7,65 (liite 3).

4.3 Testausmenetelmät ja selittäjien valinta

Virhe

Mallin antamia ja lähtöaineiston tulosarvoja verrattiin toisiinsa laske-
malla niiden erotus. Lisäksi laskettiin erotuksen osuus lähtöaineiston ar-
vosta eroprosentiksi. Näitä arvoja tarkasteltiin sekä NeuroShell-ohjelman
omassa testiaineiston käsittelyosassa että eräajojen tuloksista tehdyissä
otteista.

Mallien antamat tulokset poikkesivat testiaineiston tuloksista useana
vuotena yli 20 %. Kun lähtöaineistona oli vuosien 1971-1990 aineisto ja
virheasetuksena käytettiin 0,0001, tulosten eroprosentit pysyivät alle 10
% suuruisina. Vuoden 1990 alkavan laman aineistosta saatiin kuitenkin
ylisuuri virhe. Suurimmat eroprosentit olivat yli 200 % (liite 3).

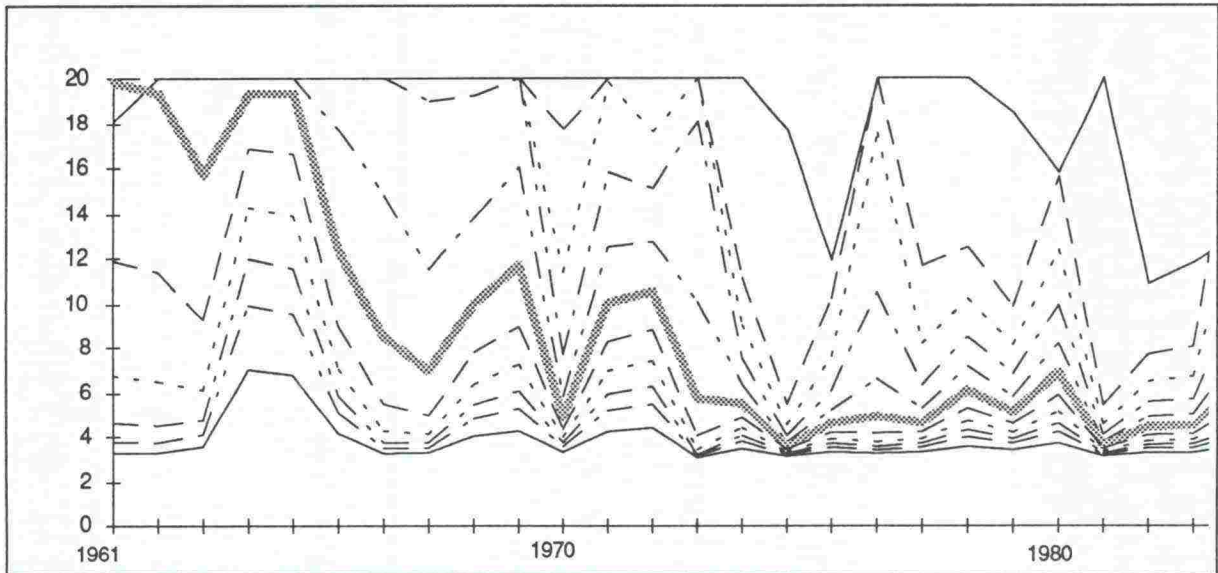
Jos mallin antama tulos poikkeaa 10 % odotetusta tulosarvosta, autokan-
nan kasvukertoimen virhe on silloin 0,5 % (= 10 % x 5 %). Kasvukertoimen
0,5 %:n virhe merkitsee autokantaennusteessa n. 10 000 ajoneuvon vir-
hettä (= 0,5 % x 2 000 000).

Malleista m13p ja m12t laskettiin erotusten l. jäännösten neliösummat ja
lähtöaineiston ja tulosaineiston keskiarvon erotusten neliösummat. Ne-
liösummat laskettiin samoin periaattein kuin lineaarisen regressiomallin
tapauksessa. Lukuarvoista on laskettavissa selityksasteen r^2 arvot. Tätä
verrattiin ensimmäisen asteen lineaarisen regressiomallin selityksaste-
eseen (liite 3).

MALLI	SELITYKSASTE Neuraaliverkko	SELITYKSASTE Lin. regressiomalli
m13p	0,92	0,67
m12t	0,84	0,76

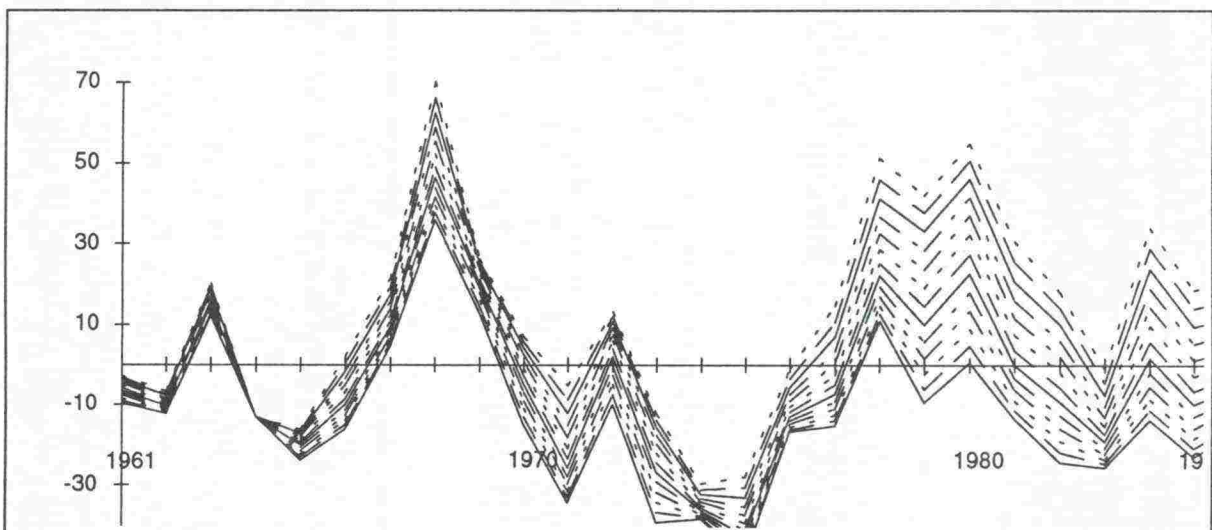
Kuvaajat poikkeuttamalla selittäjien arvoja

Selittäjän vaikutuksen suunta selvitettiin laskemalla tulosarvoja poik-
keuttaen yhden selittäjän arvoa kerrallaan. Valitun selittäjän arvoa
poikkeutettiin lähtöaineiston jokaisen vuoden toteutuneesta arvosta
(15-30 kpl) sama määrä. Poikkeutuksen määrää muutettiin tietyn astei-
kon mukaisesti. Esimerkiksi bruttokansantuotteen muutoksen arvoissa
käytettiin -3 %, -2,5 %, -2 %, -1,5 %, -1 %, -0,5 %, 0 %, 0,5 %, 1 %, 1,5 %, 2
%, 2,5 % ja 3 % poikkeutuksia (13 kpl). Muiden selittäjien (1-8 kpl) arvoina
olivat mallin muodostamisessa käytetyt kunkin vuoden todellisuutta ku-
vaavat arvot.



Kuva 5: Mallin antama autokannan muutos, eri poikkeutuksen määrillä

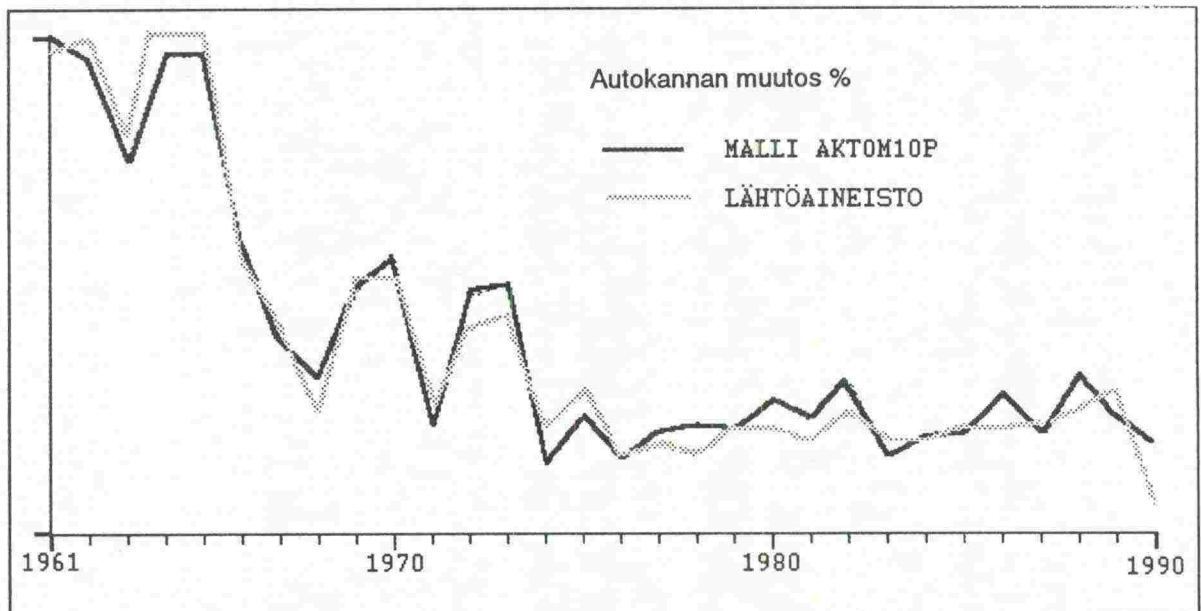
Poikkeutukset olivat suuria. Bruttokansantuotteen pieneneminen 3% prosentilla vaikuttaisi varmasti myös muihin selittäjämuuttujien arvoihin, ainakin kotitalouden käytettävissä oleviin tuloihin ja kulutukseen. Jaottelut olivat kuitenkin tarkoitetut suuntaa antaviksi.



Kuva 6: Eroprosentit säilyttävät suuruusjärjestyksensä eri poikkeutuksen määrillä

Koemallin antamia tulosarvoja (195-3510 kpl) verrattiin lähtöarvojen mukaisiin arvoihin (15-30 kpl) ja näiden eroprosentti laskettiin. Mikäli eroprosentti oli negatiivinen koemallin antama arvo oli pienempi kuin lähtöarvo. Saman poikkeutuksen eri vuosien eroprosentit hajaantuivat suuresti. Kuitenkin eroprosentit (*kuva 6*) ja tulosarvot (*kuva 7*) pysyivät suuruusjärjestyksessä saman selittäjän eri poikkeutusmäärillä jokaisena vuonna.

Kunkin poikkeutusmäärän osalta sen eri vuosien muodostamasta aineistosta laskettiin keskiarvot ja eroprosenttien keskiarvot. Poikkeutuksen määrät ja eroprosentit esitettiin graafisesti koordinaatistossa. Saaduista kuvaajista pääteltiin, vaikuttiko selittäjä koemallin tulokseen oikeaan suuntaan, kun poikkeutuksen vaikutusta ja poikkeutuksen määrää verrattiin toisiinsa.



Kuva 7: Mallin antamat tulosarvot verrattuna lähtöaineistoon vuosina 1961 - 1990

Selittäjien vaikutuksen suunta vaihteli eri malleissa. Kaikissa kahdeksan selittäjän malleissa oli virheellisiä selittäjien vaikutussuuntia. Mallissa m10p bruttokansantuote oli kääntäen verrannollinen autokannan kasvuun. Mallissa m10t kotitalouden käytettävissä olevat tulot sekä kotitalouksien säästämisaste olivat kääntäen verrannollisia autokannan kasvuun. Vaikutuksen suunnat olivat erilaiset, kun käytettiin eri aineistoa eli t- ja p-aikasarjoja.

Kun malleja opetettiin paljon, vaikutussuuntien graafiset esitykset saivat polynomi- ja eksponenttifunktioiden muotoja. Mallissa m20T kotitalouksien säästämisaste sai toisen asteen polynomin muodon ja mallissa 12t bruttokansantuotteen kasvun kuvaaja käyrystyi 23 700 ja 280 000 opintotapahtuman välillä selvästi toisen asteen käyräksi.

Selittäjän vaikutuksen määrän arviointi

Yhden selittäjän vaikutusta malliin voi arvioida sen syöttösolun painoarvoista lasketun vaikutusluvun (contribution) perusteella. Luku on kaikkien selittäjän syöttösolusta lähtevien ja tulosarvoihin päättyvien yhteyksien haarojen painokertoimien summa. Näiden kertoimien perusteella on mahdollista jättää pois selittäjiä, joilla ei ole paljon vaikutusta mallin antamiin tuloksiin ts. vaikutusluku on pieni.

VAIKUTUS	SELITTÄJÄ
I 138.1	Antolainauksen vuosittainen keskikorko
II 70.0	Kotitalouksien säästämisaste
III 61.8	Liikenteen osuus kotitalouden kulutus menoista
IV 58.3	Auton keskihinta reaalisena kehitys
V 37.2	Työvoiman kasvu
VI 25.3	Bruttokansantuotteen muutos
VII 17.4	Polttoaineen hinnan reaalisena kehitys
VIII 14.6	Kotitalouksien käytettävissä olevien tulojen muutos

Mallin akt0m10p vaikutusluvut suuruusjärjestyksessä

Vaikutuslukujen arvot vaihtelivat mallista toiseen. Niiden lukuarvot vaihtelivat 1 ja 250 välillä. Erimalleista saatuja vaikutuslukuja ei voinut verrata keskenään. Vertailun oli suoritettava selittäjien keskenäisen vaikutuslukujen mukaisen suuruusjärjestyksen perusteella. Selittäjien keskenäinen vaikutuslukujen suuruusjärjestys vaihteli, kun mallista poistettiin selittäjiä ja lisäksi suuruusjärjestys muuttui oppimisen edistyessä. Myös opetusaineiston vaihtaminen vaikutti suuruusjärjestykseen.

VAIKUTUS	SELITTÄJÄ
I 72.5	Antolainauksen vuosittainen keskikorko
IV 61.4	Auton keskihinta reaalisena kehitys
II 61.1	Kotitalouksien säästämisaste
III 50.9	Liikenteen osuus kotitalouden kulutusmenoista
V 34.6	Työvoiman kasvu
VI 29.7	Bruttokansantuotteen muutos

Mallin akt0m12p vaikutusluvut suuruusjärjestyksessä 250 000 opintotahtuman jälkeen

VAIKUTUS	SELITTÄJÄ
I 82.9	Antolainauksen vuosittainen keskikorko
II 67.4	Kotitalouksien säästämisaste
IV 65.3	Auton keskihinta reaalisena kehitys
III 57.4	Liikenteen osuus kotitalouden kulutusmenoista
V 34.0	Työvoiman kasvu
VI 25.6	Bruttokansantuotteen muutos

Mallin akt0m12p vaikutusluvut suuruusjärjestyksessä 350 000 opintotahtuman jälkeen

VAIKUTUS	SELITTÄJÄ
III 34.1	Liikenteen osuus kotitalouden kulutusmenoista
IV 22.2	Auton keskihinta reaalisena kehitys
I 16.6	Antolainauksen vuosittainen keskiporko
II 13.8	Kotitalouksien säästämisaste
V 10.2	Työvoiman kasvu
VI 9.2	Bruttokansantuotteen muutos

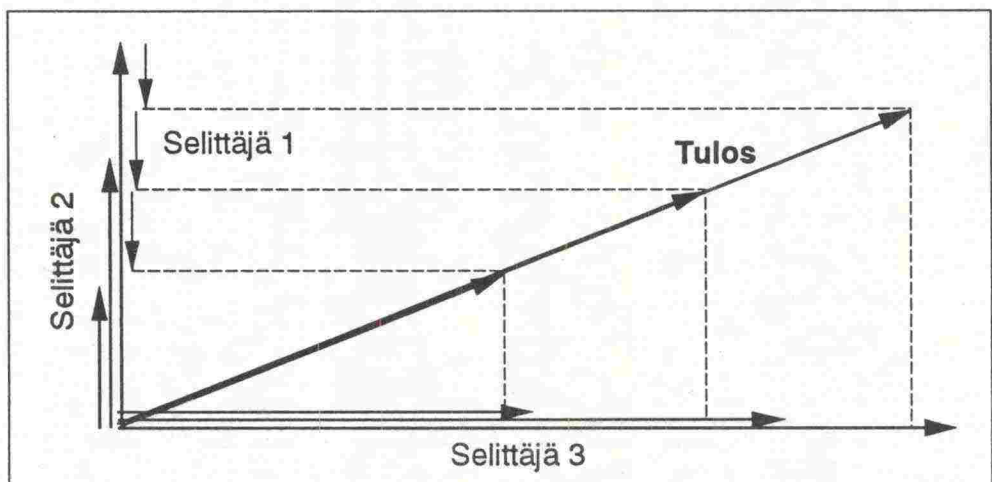
Mallin akt0m12t vaikutusluvut suuruusjärjestyksessä käytössä on t-ai-neisto vuosilta 1971-1990

Eri mallien vaikutuslukuja ei voinut verrata keskenään, koska vaikutusluvut ja selittäjän vaikutus poikkeutusmenetelmällä saadun kuvaajan perusteella eivät muuttuneet samaan suuntaan. Esimerkiksi mallissa m20t polttoaineen hinnan reaalisena kehityksen vaikutusluku kasvoi, kun taas kuvaajasta saattoi päätellä, että todellinen vaikutus pieneni. Lisäksi antolainauksen keskiporkolla oli suuri vaikutus tulokseen graafisena kuvaajan perusteella, mutta sen vaikutustekijä oli pieni verrattuna muihin.

Kahdeksan ja yhdeksän selittäjän malleista valittiin pienimmät vaikutusluvut saaneet selittäjämuuttujat. Kahdeksan selittäjän mallista karsittiin pois kaksi pienimmän vaikutusluvun saanutta selittäjää. Mallista m12 jätettiin pois kotitalouksien käytettävissä olevat tulot ja polttoaineen hinnan reaalisena kehitys. Yhdeksän selittäjän mallin vaikutuslukuja ei käytetty jatkokehittämissä.

Samana selittävät muuttujat pois

Lineaarisissa regressiomalleissa jätetään pois toinen kahdesta selittäjästä, joilla on suuri korrelaatio keskenään ts. selittäjät ovat hyvin tarkasti joko suoraan tai kääntäen verrannollisia toisiinsa nähden. Selittäjät sotkevat mallia, koska ne yhdessä selittävät samaa asiaa täysin satunnaisen keskenäisen kombinaation mukaisesti, jolloin kumpikaan selittäjä ei saa oikeita parametreja, lineaarisen regressiomallin tapauksessa regressiokerrointa.



Kuva 8: Selittäjät 1 ja 2 vaikuttavat samansuuntaisesti tulosarvoihin

KORRELAATIOMATRIISI

	Korko	Auto	BKT	Tulot	Sääst.	Osuus	PA	Työv.	AKM
Antolainauksen korko	1	0,00	-0,29	-0,38	0,03	0,67	0,24	-0,07	-0,73
Auton k.hinnan reaali. kehitys	1	-0,28	0,03	0,06	-0,10	0,32	-0,28	-0,33	
Bruttokansantuotteen muutos		1	0,77	-0,18	-0,04	-0,03	0,83	0,39	
Kotitalouksien käytett. olevat tulot			1	0,11	-0,25	-0,03	0,64	0,36	
Kotitalouksien säästämisaste				1	-0,25	0,15	0,09	-0,21	
Liikenteen osuus kotitalouksien kulutusmenoista					1	-0,09	-0,03	-0,57	
Polttoaineen hinnan kehitys						1	0,14	-0,22	
Työvoima kasvu							1	0,26	
Autokannan muutos								1	

Mallista akt0m12p muodostettiin kolme neljän selittäjän mallia, mallit m11p, m13t ja m15t sekä yksi viiden selittäjän malli, m16t, josta työvoiman kasvu oli poistettu ja bruttokansantuotteen kasvu jätetty malliin. Malleissa tutkittiin suuren keskinäisen korrelaation omaavien selittäjien pois jättämistä.

Bruttokansantuotteen, työvoiman kasvun ja kotitalouksien käytettävissä olevien tulojen katsottiin korreloivan paljon keskenään. Näistä selittäjistä valittiin malleihin vain yksi kerrallaan. Mallissa m16t yksikään selittäjistä ei vaikuta autokannan muutoksiin väärän suuntaisesti.

Keskenäisen korrelaation vaikutusta huonoihin selittäjän vaikutuksen suunnan graafisiin kuvaajiin ei voitu todeta. Neljän selittäjän malleissa nämä selittäjät eivät sekaantuneet. Toisaalta mallissa m11t bruttokansantuotteen muutosta ja työvoiman kasvua käytettiin yhtäaikaisesti. Kummankaan vaikutus ei ollut väärän suuntainen.

5 AUTOKANTAENNUSTE VUOSILLE 1992-1996

5.1 Ennustemalli

Ennuste laskettiin mallin m13p neuraaliverkolla. Sen kaikki selittävät muuttujat vaikuttivat oikeaan suuntaan ja keskimääräinen eroprosentti ei ollut kuin 2,8 %.

5.2 Ennustearvotaulukko

Autokannan kasvun arvoja laskettiin mallin m13p neuraaliverkolla selittävien muuttujien arvojen vaihdellessa. Kaikille neljälle selittäjälle annettiin kolme mahdollista oheisen taulukon mukaista arvoa, joita ne saattaisivat olla vuosien 1992-1996 aikana. Bruttokansantuotteen kasvulle annettiin neljä arvoa. Näiden selittäjän arvojen kaikista yhdistelmistä laskettiin autokannan kasvun arvot, jotka taulukoitiin sopivasti.

Antolainauksen keskikorko	8	10	12	
Auton keskihinnan reaalin kehitys	-5	-2.5	0	
Bruttokansantuotteen kasvu	0	2	4	6
Kotitalouksien säästämisaste	-1	0	1	

Autokannan kasvun arvot vaihtelevat 4 ja 14 % välillä. Mallin m13p opettamiseen käytettiin vuosien 1961-1990 aineistoa. Vuosina 1961-1970 autokanta kasvoi yli 10 % vuosivauhdilla. Autokannan kasvun arvoista tuli liian suuria nykytilannetta silmällä pitäen (liite 4).

5.3 Selittäjien arvot

Ennusteaineistoa ei ollut saatavissa kaikkien selittäjien arvoiksi. Bruttokansantuotteen kasvun ennusteena käytettiin valtiovarainministeriön ennustetta vuosiksi 1992-1996. Lukuarvot saatiin "Talouden näkymät ja talouspolitiikan linja vuoteen 1996" - julkaisusta. Bruttokansantuotteen kehitysennusteessa on viisi eri skenaariota. Kaikissa skenaarioissa bruttokansantuote pienenee vuonna 1992. Ennusteen mukaan lama on ohi vuonna 1993. Laskelmissa käytettiin perusura-skenaarion arvoja (*liite 5*).

Auton reaalisen keskihinnan kehitystä arvioitiin verotuksen muuttumisen perusteella. Autonhinnan vero-osuuden, joka on 122 % vuonna 1992, arvioitiin laskevan kymmenen prosenttia vuosittain ennusteajanjakson aikana vuodesta 1993 alkaen, jolloin auton keskihinta laskee n. 5 % vuosittain. (*liite 6*).

Liikenteen osuus kotitalouksien kulutuksesta oli 16,73 % vuonna 1991. Sen arvioitiin kasvavan 2,5 % vuosittain. Vuonna 1996 sen arvioitiin olevan 18,93 %.

Niistä selittäjistä muuttujista, joiden tulevaa kehitystä ei muuten voitu arvioida, ja bruttokansantuotteen kehityksestä rakennettiin neuraaliverkkomallit, joissa bruttokansantuotteen kasvu oli selittäjänä. Mallien perusteella arvioitiin antolainauksen koron arvot ja kotitalouksien säästämisaste. Lisäksi tehtiin malli autonkeskihinnasta.

5.4 Ennuste bruttokansantuotteen perusteella

Autokannan kasvukertoimet laskettiin mallin m13p neuraaliverkolla vuosiksi 1992-1996. Laskettujen arvojen perusteella kannan kasvu on vuodesta 1992 alkaen 4-5 % vuosittain. Laskelmat perustuivat bruttokansantuote-ennusteen perusura-skenaarioon.

VUOSI		1991	1992	1993	1994	1995	1996
Autokannan kasvu	%		4.27	4.71	4.71	4.56	4.53
Autokanta	1000 kpl	1910	1990	2085	2185	2285	2385
Vertailu	1000 kpl		1900	1935	2010	2090	2175

Ennusteen arvoista tuli suuria verrattuna tiehallituksen vastaaviin arvoihin. Ennustemallissa, m13p vuosien 1961-1970 lukuaineistoa ei oltu jätetty pois, jolloin lasketut autokannan kasvun kertoimet ovat suuria.

5.5 Ennuste arvioitujen selittäjämuuttujien arvojen perusteella

Kolmen selittävän muuttujan arvoista tehtyjen arvioiden perusteella laskettiin ennuste vuosille 1992-1996. Laskentaan käytettiin mallia m18t. Saadut autokannan kasvukertoimet olivat yhtä lukuun ottamatta yli 5,0 %.

VUOSI		1991	1992	1993	1994	1995	1996
Autokannan kasvu	%		2.4	5.1	5.5	5.0	5.2
Autokanta	1000 kpl	1910	1955	2055	2170	2275	2395
Vertailu	1000 kpl		1900	1935	2010	2090	2175

Autokannan kasvuun vaikuttaa selvästi arvion mukainen auton keskihinnan alentuminen vuodesta 1993 alkaen.

5.6 Mallin arviointia

Neuraaliverkkomalli näyttää soveltuvan hyvin autokannan kehityksen kuvaamiseen ja selittämiseen. Kokeillut aikasarja-aineistoon sovitettut mallit, joissa autokannan muutoksen selittäjinä oli taloudelliseen kehitykseen liittyviä muuttujia, antoivat hyviä tuloksia. Nämä tulokset poikkesivat vain vähän lähdeaineiston arvoista, joten mallien selitysasheet olivat hyviä.

Neuraaliverkkomalli näyttäisi olevan käyttökelpoinen lyhyen ja keskipitkän aikavälin autokannan ja liikenteen ennustamiseen. Jossain määrin malleja voisi kehittää edelleen. Nyt kokeilluista malleista puuttuu vuoden 1991 muuttujatiedot. Ja koska vuosi 1991 oli hyvin poikkeuksellinen, sillä olisi voinut olla jonkin verran vaikutusta ennustamistilanteessa.

Myös joitakin lisämuuttujia voisi kokeilla. Autokannan ja liikenteen kehitys reagoi herkästi yksityisen kulutuksen kehitykseen. Ja yksityisen kulutuksen sisällä liikennemenot ja varsinkin uusien autojen hankintamenot vaihtelevat paljon taloudellisen kehityksen mukaan.

Malliin valituille muuttujille voisi laatia sisäisesti loogisia skenaarioita ennustetilannetta varten. Muuttujille muodostettaisiin vaihtoehtoisia kehityspolkuja, joista sitten koottaisiin loogisia kokonaisuuksia ennusteskenaariovaihtoehtoiksi. Taloudelliset näkymät ovat Suomessa syksyllä 1992 niin epävarmat, että hyvin erilaiset kehitysnäkymäskenaariot ovat mahdollisia, ja vastaavasti myös autokannan ja liikenteen kehitys voi olla hyvinkin arvaamaton.

Tässä on kokeiltu ainoastaan analogiamallia, jossa muuttujat ovat reaalityyppisiä aikasarjoja. Neuraaliverkkokokeilua voisi laajentaa myös binäärisiin malleihin, jossa syötteen ja tulokset saavat kyllä- tai ei- arvoja, esim. on lama, auton keskihinta on laskenut 2 %, autokanta kasvaa 3.0 %, jne. Binäärimallissa neuraaliverkko laskee tulosmuuttujan arvoille myös todennäköisyydet.

Tiehallituksen pitkän aikavälin liikenne-ennusteissa käyttämät ennustemenetelmät eivät sovellu lyhyen aikavälin suhdanne-ennusteisiin. Tämän takia ennustemenetelmien täydentäminen lyhyen ja keskipitkän aikavälin ennusteiden laatimismalleilla parantaa ennusteden tarkkuutta ja käyttökelpoisuutta eri tarkoituksiin. Neuraaliverkkomalleja voitaneen käyttää tähän tarkoitukseen.

Kirjallisuus:

- /1/ *Hornik, K., Stinchcombe, M., White, H.:* Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural Networks*, vol. 2, nro 5 359-366. 1989.
- /2/ *Francoise Fogelman Soulie:* Neural Network Architectures and Algorithms: A Perspective, *Artificial Neural Networks*, vol. 1, I - 605. 1991.

NeuroShell-ohjelman käsikirjat

6 LIITTEET

1. Käytetty lähtölukuaineisto
2. Totuusarvomalli ja aikasiirtymämalli
3. Mallien kuvaukset, selittäjien muutoksen graafiset esitykset ja virhearviot malleista m20t, m18t, m13p ja m12t
4. Ennustetaulukko vuosien 1961-1990 aineistosta
5. Autokannan kasvuennuste bkt:n kehitysennusteeseen perustuen
6. Autokannan kasvuennuste arvioitujen selittäjien arvojen perusteella

Totuusarvomallin (binary) määrittelytiedoston sisältö.

Toinen rivi sisältää verkon laskenta parametreja. Tulosmuuttujat ovat katkoviivan alapuolella. Neuraaliverkon laskee jokaiselle tulosmuuttujalle sen *todennäköisyyttä* kuvaavan arvon.

```

binary
21 0 13 80 100 0.5 0.6 0.9 0.001 0 0 0
BKT on lasketut
BKT kasvu on pysähtynyt
BKT on kasvu on ennallaan 2.5 %
BKT on kasvanut 5 %
On nuosusuhdanne
On lama
Vaestonkasvu on pysähtynyt
Vaestonkasvu on hiastunut alle 2 %
Vaestonkasvu on yli 2.5 %
Autojen keskihintahinta on halventunut 2.5 %
Autojen keskihintahinta on entisellaan
Autojen keskihintahinta on kallistunut 2.5 %
Autojen keskihintahinta on kallistunut 5.0 %
Bensan hinta on kallistunut
Bensan hinta on ennallaan
Bensan hinta on halventunut
Edellisena vuonna Ensirekisterointi kasvoi huomattavasti
Kotitalouksien käytettävissä olevat tulot kasvoivat 5.0 %
Kotitalouksien käytettävissä olevat tulot kasvoivat 2.5 %
Kotitalouksien käytettävissä olevat tulot eivät kasvaneet
Kotitalouksien käytettävissä olevat tulot vähenivät 2.5%

```

```

Autokannan lisäys -5.0 0.23
Autokannan lisäys -2.0 0.25
Autokannan lisäys -1.0 0.45
Autokannan lisäys 0.0 0.93
Autokannan lisäys 1.0 0.61
Autokannan lisäys 2.0 0.42
Autokannan lisäys 3.0 jne.
Autokannan lisäys 4.0
Autokannan lisäys 5.0
Autokannan lisäys 6.0
Autokannan lisäys 7.0
Autokannan lisäys 8.0
Autokannan lisäys 9.0

```

Aikasiirtymämalli, jossa selittävien muuttujien arvoilla on vaikutusta seuraavan vuoden autokannan kasvuun.

```

analog
13 60 2
80 200 4 2 0.5 0.6 0.9 0.0001 0 0 0
-10 20
Ansiotaso -1
-20 50
Auton keskihinta reaalin kehitys -1
-5 10
BKT-kasvu -1
-100 100
Ensirekisteröinti -1
-5 20
Kotitalouksien käytettävissä olevat tulot -1
-10 20
Ansiotaso 0
-10 50
Auton keskihinta reaalin kehitys 0
-5 10
BKT-kasvu 0
-5 20
Kotitalouksien käytettävissä olevat tulot 0
-5 10
Kulutukset 0
-5 20
Kotitalouksien liikenne menot 0
-5 10
BKT-kasvu +1 (ennuste)
-5 10
Väestön lisäys +1 (ennuste)
0 0

```

```

-5 20
Autokannan lisäys seuraavana vuonna +1
-5 20
Autokannan lisäys toisena vuonna +2

```

Nro Mallin akt0m12t määrittelytiedosto.

Vaikutusluvut 1.ajo 2.ajo 3.ajo

	analog 6 20 1 80 200 4 2 0.5 0.6 0.9 0.00025 0 0 0 0 20			
1	Antolainauksen keskiporko -36 41		16,6	
2	Auton keskihinta reaalin kehitys -10 20		22,2	
3	BKT-kasvu -10 20		9,2	
4	Kotitalouksien saastamisaste 0 30		13,8	
5	Liikenteen osuus kotitalouden menoista -10 20		34,1	
6	Tyovoiman kasvu 0 0		10,2	

	-10 20 Autokannan lisays			

Nro Mallin akt0m13p määrittelytiedosto.

Vaikutusluvut 1.ajo 2.ajo 3.ajo

	analog 4 20 1 80 200 4 2 0.5 0.6 0.9 0.001 0 10000 0 0 20			
1	Antolainauksen vuosittainen keskiporko -36 41		187,1	
2	Auton keskihinta reaalin kehitys -10 20		71,4	
3	BKT-kasvu -10 20		15,4	
4	Kotitalouksien saastamisaste 0 0		65,3	

	-10 20 Autokannan lisays			

Nro Mallin akt0m18t määrittelytiedosto.

Vaikutusluvut 1.ajo 2.ajo 3.ajo

	analog 3 30 1 80 200 4 2 0.5 0.6 0.9 0.0008 0 0 0 -36 45			
1	Auton keskihinta reaalin kehitys -10 20			
2	BKT-kasvu 0 30			
3	Liikenteen osuus kotitalouden menoista 0 0			

	-10 20 Autokannan lisays			

Nro Mallin akt0m20t määrittelytiedosto.

Vaikutusluvut 1.ajo 2.ajo 3.ajo

	analog 9 20 1 80 200 4 2 0.5 0.6 0.9 0.00025 0 10000 0 0 20		0,0005	0,00025	0,00025
1	Antolainauksen vuosittainen keskiporko -40 41		11,3	11,5	11,8
2	Auton keskihinta reaalin kehitys -10 20		18,5	19,6	20,2
3	BKT-kasvu -10 20		13,6	16,6	16,9
4	Kotitalouksien kaytettvissa olevat tulot -10 20		11,0	12,1	11,9
5	Kotitalouksien saastamisaste 0 30		17,7	20,3	20,4
6	Liikenteen osuus kotitalouden menoista -30 30		10,0	10,7	10,5
7	Polttoaineen hinnan reaalin kehitys -10 20		7,8	9,0	9,1
8	Tyovoiman kasvu -10 20		11,3	13,0	13,3
9	Yksityinen kulutus 0 0		15,1	16,0	16,2

	-10 20 Autokannan lisays				

ENSIMMÄISEN ASTEEN LINEAARINEN REGRESSIOMALLI MALLIN M13P AINEISTOSTA

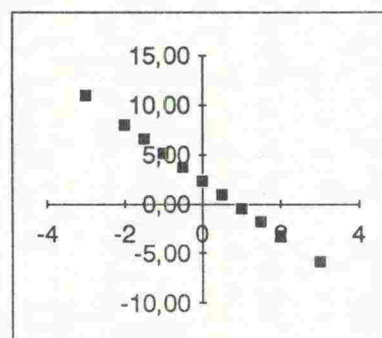
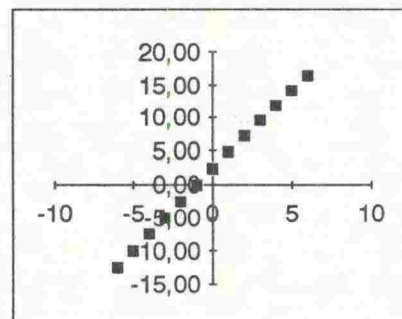
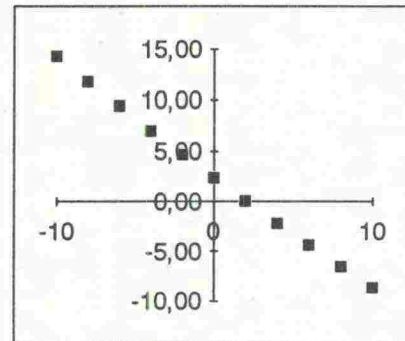
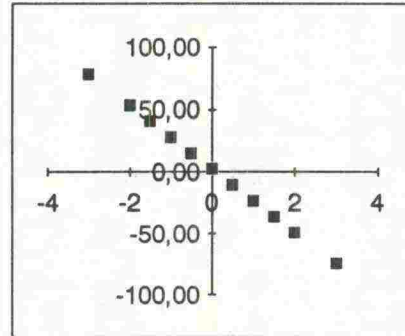
Y	=	M1*X1+	M2*X2+	M3*X3+	M4*X4	+b
SELITYS		Korko	AHinta	BKT	Sääst	AK muutos=vakio
m		-0,54	0,18	-0,26	-2,85	36,60
se		0,40	0,30	0,11	0,48	5,42
r ²		0,67	3,57	se y		
F		12,96	25,00	dF		
ss reg		660,61	318,55	ss resid		

ENSIMMÄISEN ASTEEN LINEAARINEN REGRESSIOMALLI MALLIN M12T AINEISTOSTA

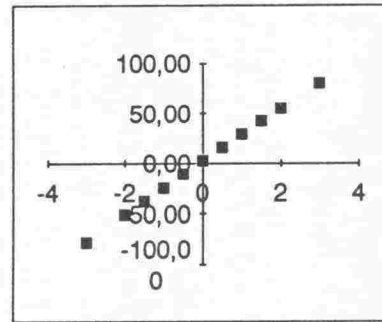
Y	=	M1*X1+	M2*X2+	M3*X3+	M4*X4+	M5*X5+	M6*X6	+b
SELITYS		Korko	AHinta	BKT	Sääst	Osuus	Työv	AK muutos=vakio
m		1,84	-1,28	-1,17	-0,57	-0,27	-2,15	57,82
se n		1,04	0,56	0,42	0,55	0,10	0,64	8,76
r ²		0,76	3,18	se y				
F		12,29	23,00	dF				
ss reg		746,40	232,75	ss resid				

SELITTÄJÄN ARVON POIKKEUTTAMISEN VAIKUTUS AUTOKANNAN KASVUUN
MALLI M12T AJO 1

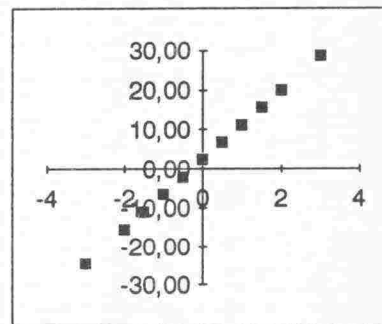
POIKKEUTUS SELITTÄJÄ	TULOSKESKIARVO MALLI	LÄHTÖ	ERO %
Antolainauksen vuosittainen keskkorko			
-3	8,50	5,16	77,75
-2	7,39	5,16	53,09
-1,5	6,82	5,16	40,55
-1	6,25	5,16	27,88
-0,5	5,68	5,16	15,13
0	5,10	5,16	2,31
0,5	4,51	5,16	-10,55
1	3,93	5,16	-23,42
1,5	3,35	5,16	-36,27
2	2,76	5,16	-49,08
3	1,60	5,16	-74,46
Auton keskihinta reaalin kehitys			
-10	5,65	5,16	14,27
-8	5,54	5,16	11,81
-6	5,43	5,16	9,38
-4	5,32	5,16	6,98
-2	5,21	5,16	4,63
0	5,10	5,16	2,31
2	4,99	5,16	0,03
4	4,89	5,16	-2,21
6	4,78	5,16	-4,40
8	4,68	5,16	-6,56
10	4,58	5,16	-8,68
Bruttokansantuotteen kasvu			
-6	4,43	5,16	-12,57
-5	4,54	5,16	-10,03
-4	4,66	5,16	-7,52
-3	4,77	5,16	-5,03
-2	4,88	5,16	-2,56
-1	4,99	5,16	-0,11
0	5,10	5,16	2,31
1	5,21	5,16	4,71
2	5,31	5,16	7,10
3	5,42	5,16	9,45
4	5,52	5,16	11,79
5	5,62	5,16	14,10
6	5,73	5,16	16,39
Kotitalouksien säästämisaste			
-3	5,50	5,16	10,93
-2	5,36	5,16	8,01
-1,5	5,30	5,16	6,57
-1	5,23	5,16	5,14
-0,5	5,16	5,16	3,72
0	5,10	5,16	2,31
0,5	5,03	5,16	0,92
1	4,97	5,16	-0,47
1,5	4,90	5,16	-1,84
2	4,84	5,16	-3,20
3	4,72	5,16	-5,88



POIKKEUTUS SELITTÄJÄ	TULOSKESKIVARVO		
	MALLI	LÄHTÖ	ERO %
Liikenteen osuus kotitalouksien menoista			
-3	1,44	5,16	-78,25
-2	2,66	5,16	-51,48
-1,5	3,27	5,16	-38,02
-1	3,88	5,16	-24,54
-0,5	4,49	5,16	-11,09
0	5,10	5,16	2,31
0,5	5,70	5,16	15,63
1	6,29	5,16	28,83
1,5	6,88	5,16	41,89
2	7,46	5,16	54,79
3	8,59	5,16	79,98

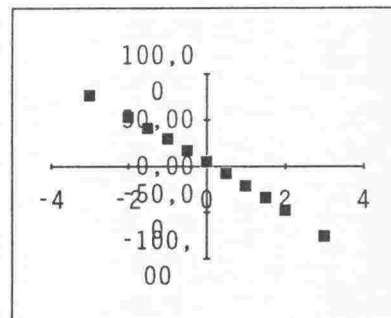


Työvoiman kasvu			
-3	3,89	5,16	-24,49
-2	4,29	5,16	-15,51
-1,5	4,49	5,16	-11,04
-1	4,70	5,16	-6,58
-0,5	4,90	5,16	-2,13
0	5,10	5,16	2,31
0,5	5,30	5,16	6,73
1	5,50	5,16	11,14
1,5	5,69	5,16	15,53
2	5,89	5,16	19,90
3	6,28	5,16	28,60



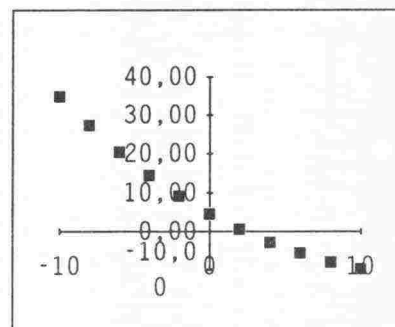
**SELITTÄJÄN ARVON POIKKEUTTAMISEN VAIKUTUS AUTOKANNAN KASVUUN
MALLI M12T AJO 2**

POIKKEUTUS SELITTÄJÄ	TULOSKESKIVARVO		
	MALLI	LÄHTÖ	ERO %
Antolainauksen vuosittainen keskiporko			
-3	8,41	5,16	76,61
-2	7,38	5,16	53,34
-1,5	6,86	5,16	41,43
-1	6,33	5,16	29,33
-0,5	5,79	5,16	17,01
0	5,24	5,16	4,45
0,5	4,68	5,16	-8,34
1	4,11	5,16	-21,38
1,5	3,52	5,16	-34,67
2	2,93	5,16	-48,22
3	1,70	5,16	-76,03

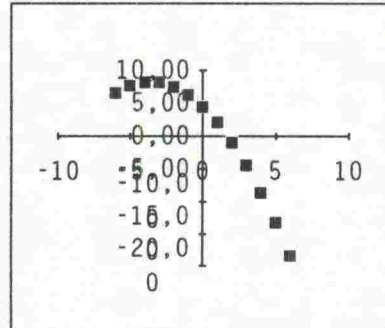


Auton keskihinta reaalin kehitys

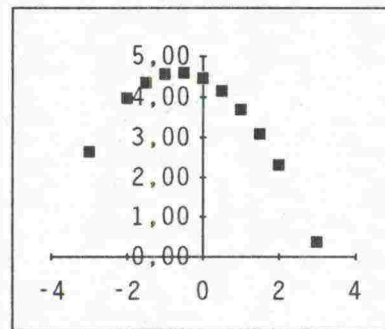
-10	6,76	5,16	34,90
-8	6,39	5,16	27,28
-6	6,05	5,16	20,45
-4	5,74	5,16	14,40
-2	5,47	5,16	9,08
0	5,24	5,16	4,45
2	5,03	5,16	0,48
4	4,85	5,16	-2,90
6	4,70	5,16	-5,71
8	4,57	5,16	-8,01
10	4,47	5,16	-9,85



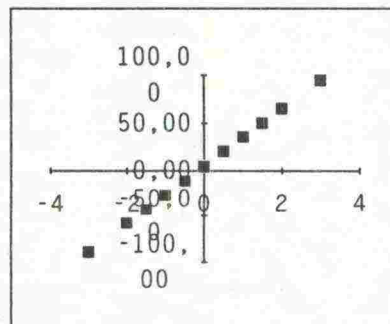
POIKKEUTUS SELITTÄJÄ	TULOSKESKIVARVO		
	MALLI	LÄHTÖ	ERO %
Bruttokansantuotteen kasvu			
-6	5,51	5,16	6,51
-5	5,53	5,16	7,65
-4	5,53	5,16	8,19
-3	5,49	5,16	8,15
-2	5,43	5,16	7,51
-1	5,35	5,16	6,28
0	5,24	5,16	4,45
1	5,10	5,16	2,05
2	4,94	5,16	-0,94
3	4,75	5,16	-4,50
4	4,54	5,16	-8,61
5	4,30	5,16	-13,26
6	4,04	5,16	-18,43



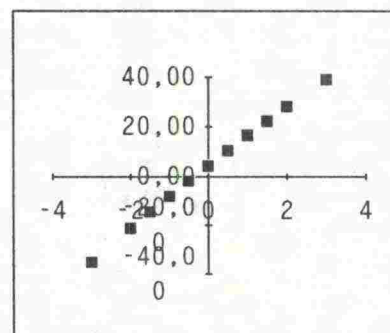
Kotitalouksien säästämisaste			
-3	5,33	5,16	2,64
-2	5,33	5,16	3,97
-1,5	5,32	5,16	4,35
-1	5,30	5,16	4,56
-0,5	5,27	5,16	4,59
0	5,24	5,16	4,45
0,5	5,20	5,16	4,15
1	5,15	5,16	3,69
1,5	5,10	5,16	3,08
2	5,04	5,16	2,32
3	4,90	5,16	0,37



Liikenteen osuus kotitalouksien menoista			
-3	0,88	5,16	-89,69
-2	2,34	5,16	-58,34
-1,5	3,07	5,16	-42,58
-1	3,80	5,16	-26,84
-0,5	4,52	5,16	-11,15
0	5,24	5,16	4,45
0,5	5,95	5,16	19,93
1	6,65	5,16	35,24
1,5	7,34	5,16	50,36
2	8,02	5,16	65,26
3	9,35	5,16	94,32

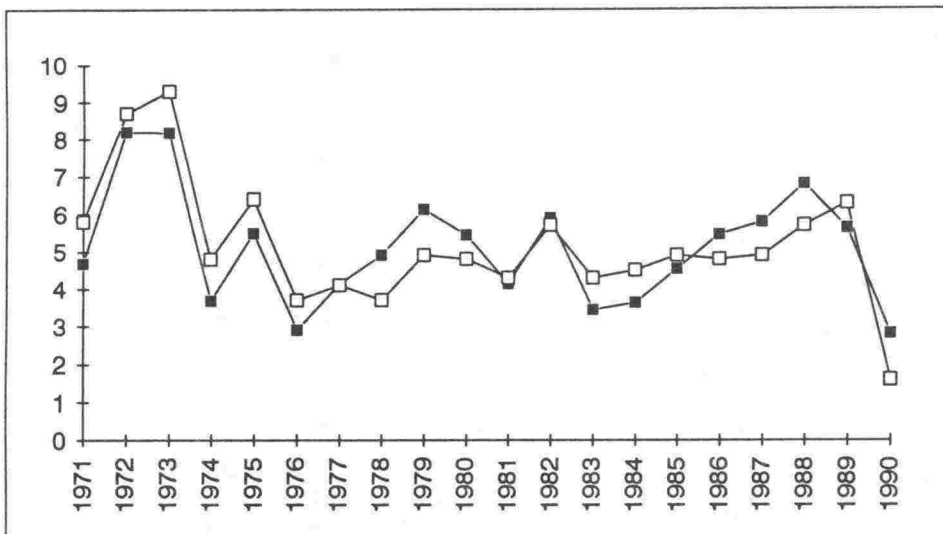


Työvoiman kasvu			
-3	3,53	5,16	-35,20
-2	4,13	5,16	-21,41
-1,5	4,41	5,16	-14,73
-1	4,69	5,16	-8,19
-0,5	4,97	5,16	-1,79
0	5,24	5,16	4,45
0,5	5,50	5,16	10,56
1	5,75	5,16	16,52
1,5	6,00	5,16	22,34
2	6,25	5,16	28,02
3	6,72	5,16	38,98



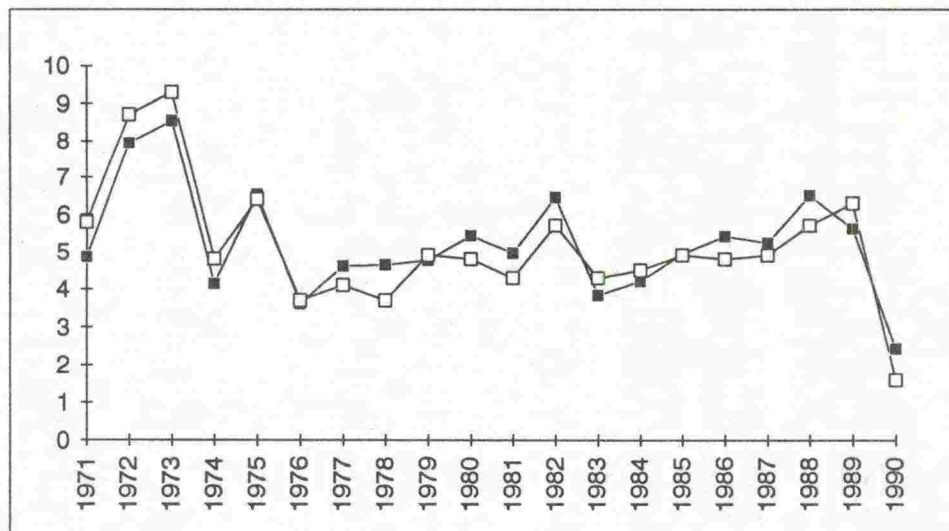
MALLIN ANTAMIEN JA LÄHTÖAINEISTON TULOSARVOJEN
 EROPROSENTTI, VIRHEEN NELIÖSUMMA JA SELITYSASTE
 MALLI M12T AJO 1

	MALLI	LÄHTÖ	ERO	JÄÄNNÖS	SELITYSASTE	0,73
	= Y^i	= Y_i	%	= $(Y^i - Y_i)^2$	MALLI	KOKONAIS
					= $(Y^i - ka)^2$	= $(Y_i - ka)^2$
Keskiarvo	5,0975	5,1600	2,3111	0,7421	2,2167	2,7034
Neliösumma				14,8426	44,3349	54,0680
1971	4,68466	5,8000	-19,2300	1,2440	0,2259	0,4096
1972	8,2085	8,7000	-5,6494	0,2416	9,2934	12,5316
1973	8,17769	9,3000	-12,0678	1,2596	9,1065	17,1396
1974	3,68983	4,8000	-23,1285	1,2325	2,1614	0,1296
1975	5,50548	6,4000	-13,9769	0,8002	0,1194	1,5376
1976	2,9013	3,7000	-21,5865	0,6379	5,1017	2,1316
1977	4,13805	4,1000	0,9280	0,0014	1,0444	1,1236
1978	4,90988	3,7000	32,6995	1,4638	0,0626	2,1316
1979	6,1339	4,9000	25,1816	1,5225	0,9485	0,0676
1980	5,44549	4,8000	13,4477	0,4167	0,0815	0,1296
1981	4,14771	4,3000	-3,5416	0,0232	1,0247	0,7396
1982	5,89173	5,7000	3,3637	0,0368	0,5354	0,2916
1983	3,44037	4,3000	-19,9914	0,7390	2,9571	0,7396
1984	3,63297	4,5000	-19,2673	0,7517	2,3318	0,4356
1985	4,53481	4,9000	-7,4529	0,1334	0,3909	0,0676
1986	5,45817	4,8000	13,7119	0,4332	0,0889	0,1296
1987	5,78621	4,9000	18,0859	0,7854	0,3921	0,0676
1988	6,80722	5,7000	19,4249	1,2259	2,7133	0,2916
1989	5,64543	6,3000	-10,3900	0,4285	0,2356	1,2996
1990	2,81059	1,6000	75,6619	1,4655	5,5197	12,6736



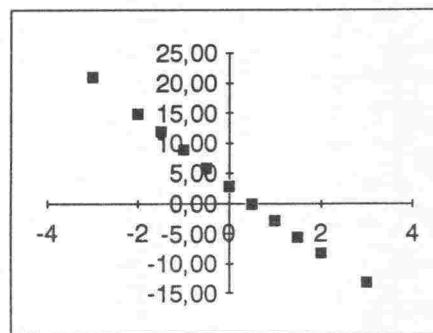
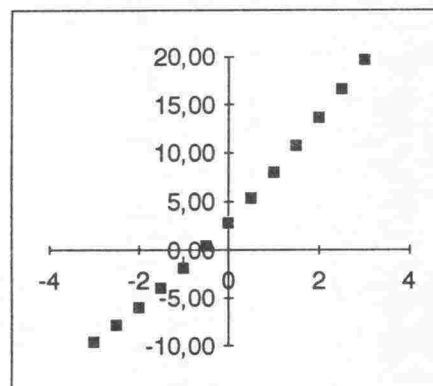
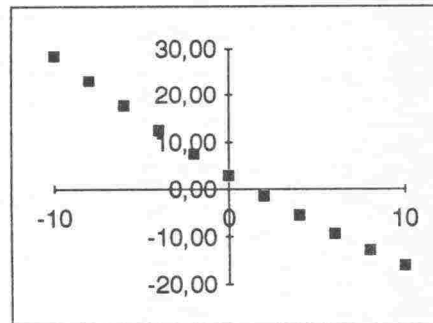
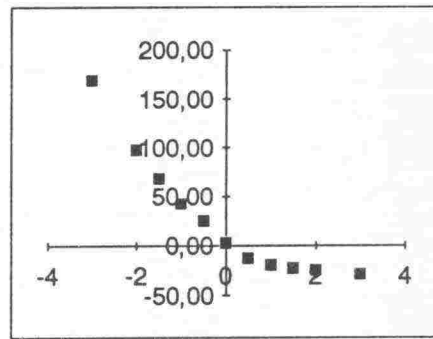
MALLIN ANTAMIEN JA LÄHTÖAINEISTON TULOSARVOJEN
 EROPROSENTTI, VIRHEEN NELIÖSUMMA JA SELITYSASTE
 MALLI M12T AJO 2

	MALLI	LÄHTÖ	ERO	JÄÄNNÖS	SELITYSASTE	0,86
	= Y^i	= Y_i	%	= $(Y^i - Y_i)^2$	MALLI	KOKONAIS
					= $(Y^i - ka)^2$	= $(Y_i - ka)^2$
Keskiarvo	5,2374	5,1600	4,4547	0,3826	1,9777	2,7034
Neliösumma				7,6514	39,5532	54,0680
1971	4,86124	5,8000	-16,1855	0,8813	0,0893	0,4096
1972	7,94775	8,7000	-8,6466	0,5659	7,7716	12,5316
1973	8,55844	9,3000	-7,9738	0,5499	11,5494	17,1396
1974	4,1378	4,8000	-13,7958	0,4385	1,0449	0,1296
1975	6,53016	6,4000	2,0338	0,0169	1,8773	1,5376
1976	3,61827	3,7000	-2,2089	0,0067	2,3769	2,1316
1977	4,60335	4,1000	12,2768	0,2534	0,3099	1,1236
1978	4,65323	3,7000	25,7630	0,9086	0,2568	2,1316
1979	4,7644	4,9000	-2,7673	0,0184	0,1565	0,0676
1980	5,43487	4,8000	13,2265	0,4031	0,0756	0,1296
1981	4,96649	4,3000	15,4998	0,4442	0,0374	0,7396
1982	6,46615	5,7000	13,4412	0,5870	1,7060	0,2916
1983	3,84645	4,3000	-10,5477	0,2057	1,7254	0,7396
1984	4,20259	4,5000	-6,6091	0,0885	0,9166	0,4356
1985	4,93394	4,9000	0,6927	0,0012	0,0511	0,0676
1986	5,41581	4,8000	12,8294	0,3792	0,0654	0,1296
1987	5,24354	4,9000	7,0110	0,1180	0,0070	0,0676
1988	6,51123	5,7000	14,2321	0,6581	1,8258	0,2916
1989	5,62993	6,3000	-10,6360	0,4490	0,2208	1,2996
1990	2,42333	1,6000	51,4581	0,6779	7,4894	12,6736



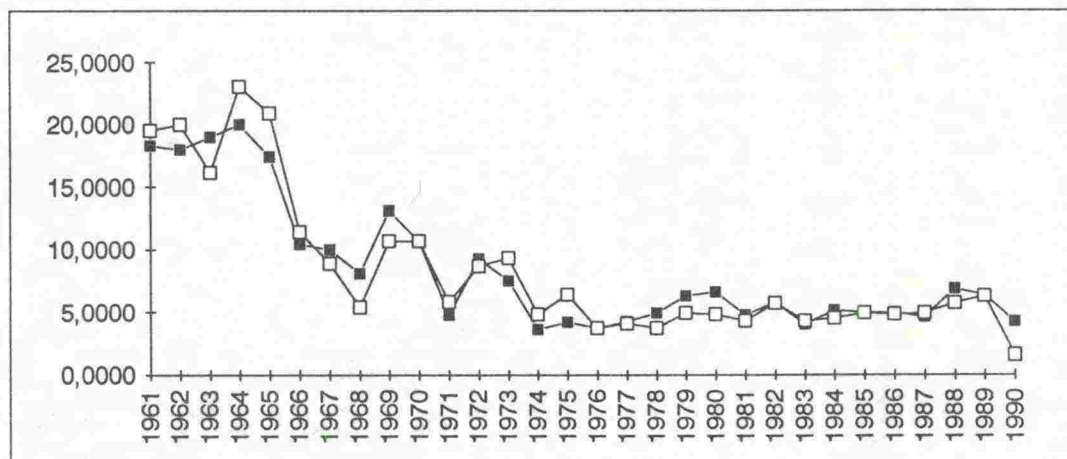
SELITTÄJÄN ARVON POIKKEUTTAMISEN VAIKUTUS AUTOKANNAN KASVUUN
MALLI M113P AJO 1

POIKKEUTUS SELITTÄJÄ	TULOSKESKIAARVO MALLI	LÄHTÖ	ERO %
Antolainauksen vuosittainen keskiporko			
-3	17,21	8,33	168,69
-2	13,68	8,33	97,55
-1,5	12,17	8,33	67,88
-1	10,97	8,33	42,67
-0,5	9,96	8,33	24,75
0	8,08	8,33	2,80
0,5	6,17	8,33	-12,54
1	5,35	8,33	-19,29
1,5	5,02	8,33	-22,65
2	4,84	8,33	-24,93
3	4,58	8,33	-28,56
Auton keskihinta reaallinen kehitys			
-10	9,63	8,33	28,55
-8	9,33	8,33	23,02
-6	9,01	8,33	17,63
-4	8,69	8,33	12,41
-2	8,38	8,33	7,46
0	8,08	8,33	2,80
2	7,79	8,33	-1,57
4	7,52	8,33	-5,61
6	7,25	8,33	-9,36
8	6,99	8,33	-12,83
10	6,74	8,33	-16,01
Bruttokansantuotteen kasvu			
-3	7,32	8,33	-9,61
-2,5	7,44	8,33	-7,88
-2	7,55	8,33	-6,01
-1,5	7,68	8,33	-4,01
-1	7,81	8,33	-1,88
-0,5	7,94	8,33	0,39
0	8,08	8,33	2,80
0,5	8,23	8,33	5,33
1	8,38	8,33	7,98
1,5	8,53	8,33	10,76
2	8,69	8,33	13,63
2,5	8,85	8,33	16,61
3	9,01	8,33	19,66
Kotitalouksien säästämisaste			
-3	9,46	8,33	20,94
-2	9,05	8,33	14,77
-1,5	8,84	8,33	11,79
-1	8,62	8,33	8,87
-0,5	8,35	8,33	5,80
0	8,08	8,33	2,80
0,5	7,82	8,33	-0,10
1	7,55	8,33	-2,93
1,5	7,28	8,33	-5,69
2	7,02	8,33	-8,32
3	6,53	8,33	-13,22



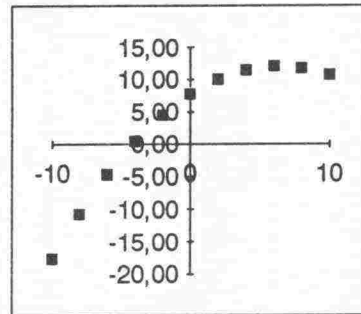
MALLIN ANTAMIEN JA LÄHTÖAINEISTON TULOSARVOJEN
EROPROSENTTI, VIRHEEN NELIÖSUMMA JA SELITYSASTE
MALLI M13P

	MALLI	LÄHTÖ	ERO	JÄÄNNÖS	SELITYSASTE	0,92
	= Y^i	= Y_i	%	= $(Y^i - Y_i)^2$	= $(Y^i - k_a)^2$	= $(Y_i - k_a)^2$
Keskiarvo	8,3898	8,3267	8,8113	2,5751	30,7962	32,6386
Neliösumma				77,2537	777,6364	979,1587
1961	18,2896	19,5000	-6,2100	1,4651	99,2600	124,8434
1962	17,9821	20,0000	-10,0900	4,0719	93,2274	136,2667
1963	18,9583	16,1000	17,7500	8,1699	113,0316	60,4247
1964	20,0000	23,0000	-13,0400	9,0000	136,2667	215,3067
1965	17,4015	20,9000	-16,7400	12,2395	82,3526	158,0887
1966	10,4246	11,4000	-8,5600	0,9514	4,4013	9,4454
1967	9,9756	8,9000	12,0900	1,1569	2,7190	0,3287
1968	8,1096	5,4000	50,1800	7,3418	0,0471	8,5654
1969	13,1329	10,7000	22,7400	5,9190	23,0999	5,6327
1970	10,6926	10,7000	-0,0700	0,0001	5,5976	5,6327
1971	4,7584	5,8000	-17,9600	1,0850	12,7328	6,3840
1972	9,2304	8,7000	6,1000	0,2813	0,8166	0,1394
1973	7,4968	9,3000	-19,3900	3,2515	0,6886	0,9474
1974	3,6097	4,8000	-24,8000	1,4168	22,2496	12,4374
1975	4,1669	6,4000	-34,8900	4,9866	17,3034	3,7120
1976	3,7130	3,7000	0,3500	0,0002	21,2859	21,4060
1977	4,2184	4,1000	2,8900	0,0140	16,8777	17,8647
1978	4,9187	3,7000	32,9400	1,4851	11,6145	21,4060
1979	6,2919	4,9000	28,4100	1,9374	4,1403	11,7420
1980	6,6372	4,8000	38,2700	3,3753	2,8543	12,4374
1981	4,7799	4,3000	11,1600	0,2303	12,5794	16,2140
1982	5,7717	5,7000	1,2600	0,0051	6,5280	6,8994
1983	4,0095	4,3000	-6,7600	0,0844	18,6378	16,2140
1984	5,1337	4,5000	14,0800	0,4015	10,1953	14,6434
1985	4,9831	4,9000	1,6900	0,0069	11,1798	11,7420
1986	4,9856	4,8000	3,8700	0,0345	11,1625	12,4374
1987	4,6055	4,9000	-6,0100	0,0868	13,8475	11,7420
1988	6,8610	5,7000	20,3700	1,3479	2,1483	6,8994
1989	6,3285	6,3000	0,4500	0,0008	3,9926	4,1074
1990	4,2281	1,6000	164,2600	6,9070	16,7981	45,2480

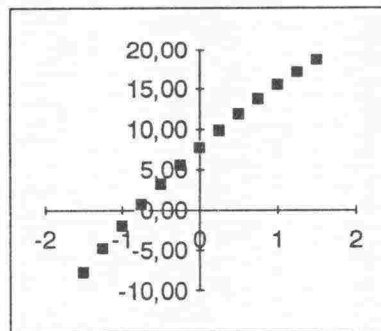


SELITTÄJÄN ARVON POIKKEUTTAMISEN VAIKUTUS AUTOKANNAN KASVUUN
 MALLI M18T AJO 1

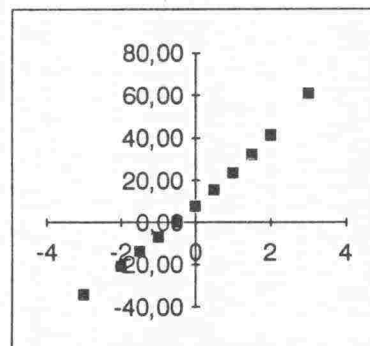
POIKKEUTUS SELITTÄJÄ	TULOSKESKIAARVO MALLI	LÄHTÖ	ERO %
Auton keskihinnan reaalin kehitys			
-10	4,71	5,16	-17,63
-8	4,89	5,16	-10,74
-6	5,04	5,16	-4,73
-4	5,15	5,16	0,36
-2	5,23	5,16	4,52
0	5,28	5,16	7,74
2	5,29	5,16	10,05
4	5,27	5,16	11,46
6	5,22	5,16	12,01
8	5,14	5,16	11,74
10	5,03	5,16	10,68



Bruttokansantuotteen kasvu			
-1,5	4,63	5,16	-7,76
-1,25	4,75	5,16	-4,78
-1	4,87	5,16	-1,97
-0,75	4,98	5,16	0,67
-0,5	5,08	5,16	3,17
-0,25	5,18	5,16	5,52
0	5,28	5,16	7,74
0,25	5,36	5,16	9,83
0,5	5,45	5,16	11,81
0,75	5,53	5,16	13,67
1	5,61	5,16	15,44
1,25	5,68	5,16	17,12
1,5	5,76	5,16	18,72

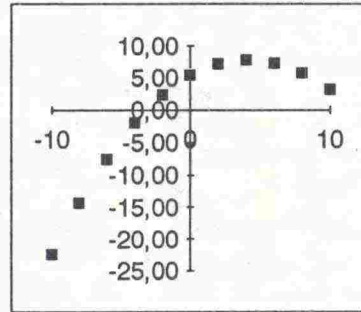


Liikenteen osuus kotitalouden kulutusmenoista			
-3	3,11	5,16	-34,40
-2	3,80	5,16	-20,85
-1,5	4,15	5,16	-13,95
-1	4,51	5,16	-6,92
-0,5	4,89	5,16	0,29
0	5,28	5,16	7,74
0,5	5,68	5,16	15,49
1	6,11	5,16	23,58
1,5	6,55	5,16	32,09
2	7,02	5,16	41,08
3	8,05	5,16	60,69

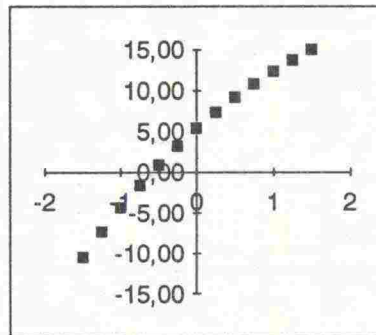


SELITTÄJÄN ARVON POIKKEUTTAMISEN VAIKUTUS AUTOKANNAN KASVUUN
MALLI M18T AJO 2

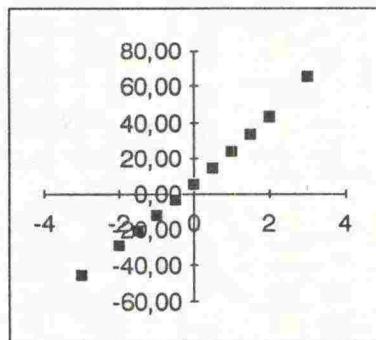
	POIKKEUTUS SELITTÄJÄ	TULOSKESKIARVO MALLI	LÄHTÖ	ERO %
Auton keskihinnan reaalin kehitys				
-10	4,55	5,16	-22,43	
-8	4,77	5,16	-14,39	
-6	4,94	5,16	-7,55	
-4	5,07	5,16	-1,96	
-2	5,14	5,16	2,34	
0	5,17	5,16	5,38	
2	5,15	5,16	7,19	
4	5,08	5,16	7,80	
6	4,97	5,16	7,29	
8	4,83	5,16	5,72	
10	4,64	5,16	3,16	



Bruttokansantuotteen kasvu				
-1,5	4,54	5,16	-10,52	
-1,25	4,67	5,16	-7,34	
-1	4,78	5,16	-4,38	
-0,75	4,89	5,16	-1,64	
-0,5	4,99	5,16	0,89	
-0,25	5,08	5,16	3,23	
0	5,17	5,16	5,38	
0,25	5,24	5,16	7,36	
0,5	5,32	5,16	9,16	
0,75	5,38	5,16	10,82	
1	5,44	5,16	12,33	
1,25	5,50	5,16	13,71	
1,5	5,55	5,16	14,97	

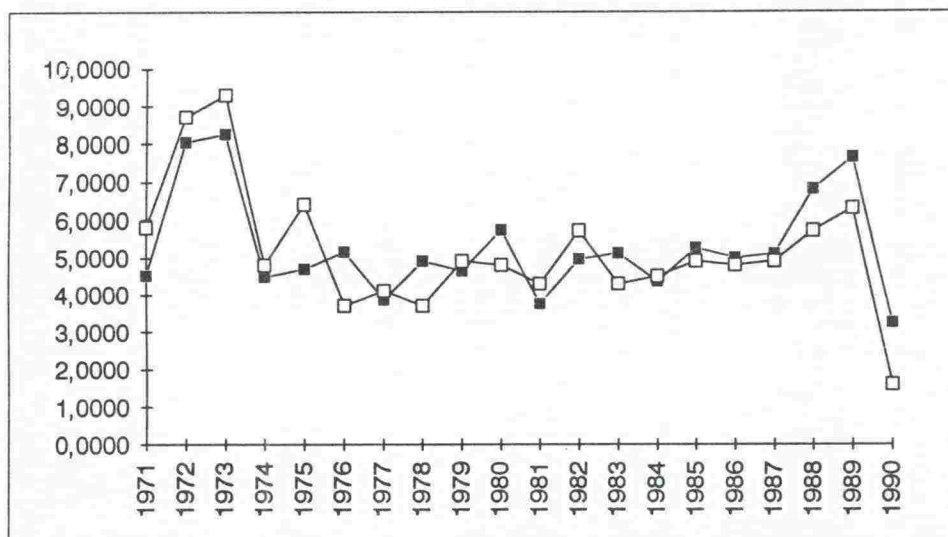


Liikenteen osuus kotitalouden kulutusmenoista				
-3	2,59	5,16	-45,82	
-2	3,42	5,16	-29,12	
-1,5	3,84	5,16	-20,68	
-1	4,27	5,16	-12,14	
-0,5	4,71	5,16	-3,47	
0	5,17	5,16	5,38	
0,5	5,63	5,16	14,46	
1	6,11	5,16	23,81	
1,5	6,62	5,16	33,49	
2	7,14	5,16	43,55	
3	8,24	5,16	65,00	



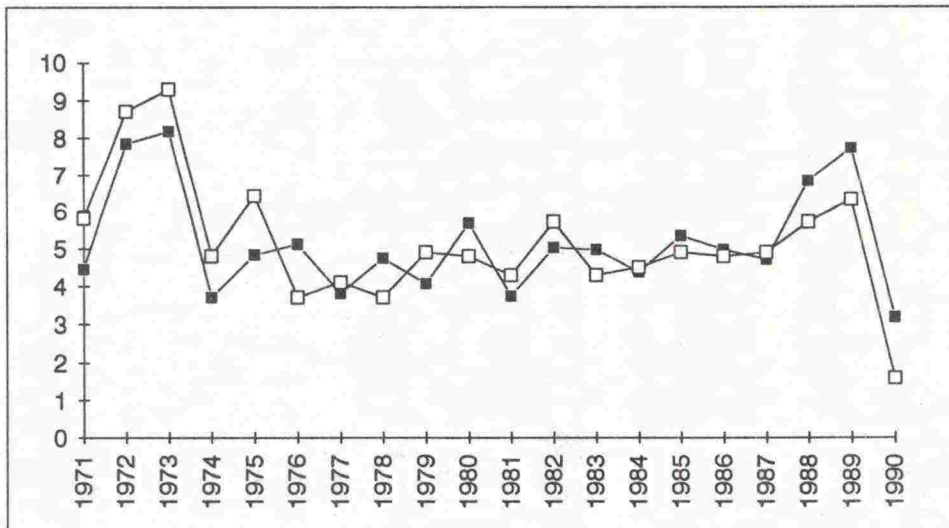
MALLIN ANTAMIEN JA LÄHTÖAINEISTON TULOSARVOJEN
EROPROSENTTI, VIRHEEN NELIÖSUMMA JA SELITYSASTE
MALLI M18T AJO 1

	MALLI = Y^i	LÄHTÖ = Y_i	ERO %	JÄÄNNÖS = $(Y^i - Y_i)^2$	SELITYSASTE MALLI = $(Y^i - k_a)^2$	0,66 KOKONAISS = $(Y_i - k_a)^2$
Keskiarvo	5,2752	5,1600	7,7431	0,9074	1,8210	2,7034
Neliösumma				18,1480	36,4203	54,0680
1971	4,5176	5,8000	-22,1107	1,6446	0,4127	0,4096
1972	8,0442	8,7000	-7,5385	0,4301	8,3183	12,5316
1973	8,2464	9,3000	-11,3287	1,1100	9,5261	17,1396
1974	4,4907	4,8000	-6,4435	0,0957	0,4479	0,1296
1975	4,6890	6,4000	-26,7338	2,9274	0,2218	1,5376
1976	5,1425	3,7000	38,9868	2,0808	0,0003	2,1316
1977	3,8588	4,1000	-5,8827	0,0582	1,6931	1,1236
1978	4,8997	3,7000	32,4238	1,4392	0,0678	2,1316
1979	4,6487	4,9000	-5,1282	0,0631	0,2614	0,0676
1980	5,7323	4,8000	19,4238	0,8693	0,3276	0,1296
1981	3,7585	4,3000	-12,5930	0,2932	1,9642	0,7396
1982	4,9568	5,7000	-13,0384	0,5523	0,0413	0,2916
1983	5,1202	4,3000	19,0740	0,6727	0,0016	0,7396
1984	4,3685	4,5000	-2,9218	0,0173	0,6264	0,4356
1985	5,2568	4,9000	7,2822	0,1273	0,0094	0,0676
1986	4,9984	4,8000	4,1333	0,0394	0,0261	0,1296
1987	5,0978	4,9000	4,0363	0,0391	0,0039	0,0676
1988	6,8082	5,7000	19,4414	1,2280	2,7164	0,2916
1989	7,6261	6,3000	21,0494	1,7586	6,0817	1,2996
1990	3,2437	1,6000	102,7294	2,7017	3,6723	12,6736



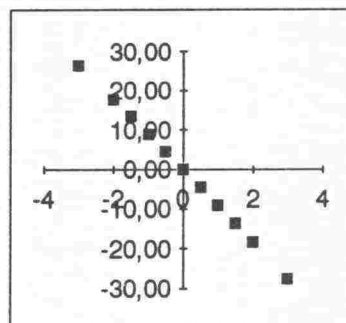
MALLIN ANTAMIEN JA LÄHTÖAINEISTON TULOSARVOJEN
EROPROSENTTI, VIRHEEN NELIÖSUMMA JA SELITYSASTE
MALLI M18T AJO 2

	MALLI	LÄHTÖ	ERO	JÄÄNNÖS	SELITYSASTE	0,64
	= Y^i	= Y_i	%	= $(Y^i - Y_i)^2$	MALLI	KOKONAISS
					= $(Y^i - ka)^2$	= $(Y_i - ka)^2$
Keskiarvo	5,1667	5,1600	5,3822	0,9702	1,9344	2,7034
Neliösumma				19,4032	38,6873	54,0680
1971	4,46055	5,8000	-23,0940	1,7941	0,4892	0,4096
1972	7,8428	8,7000	-9,8529	0,7348	7,1974	12,5316
1973	8,18538	9,3000	-11,9852	1,2424	9,1529	17,1396
1974	3,70259	4,8000	-22,8627	1,2043	2,1240	0,1296
1975	4,83981	6,4000	-24,3780	2,4342	0,1025	1,5376
1976	5,11333	3,7000	38,1981	1,9975	0,0022	2,1316
1977	3,8045	4,1000	-7,2073	0,0873	1,8374	1,1236
1978	4,74147	3,7000	28,1478	1,0847	0,1752	2,1316
1979	4,06657	4,9000	-17,0088	0,6946	1,1956	0,0676
1980	5,67852	4,8000	18,3025	0,7718	0,2689	0,1296
1981	3,74161	4,3000	-12,9858	0,3118	2,0118	0,7396
1982	5,02175	5,7000	-11,8991	0,4600	0,0191	0,2916
1983	4,9688	4,3000	15,5535	0,4473	0,0366	0,7396
1984	4,3836	4,5000	-2,5867	0,0135	0,6028	0,4356
1985	5,33609	4,9000	8,8998	0,1902	0,0310	0,0676
1986	4,97389	4,8000	3,6227	0,0302	0,0346	0,1296
1987	4,7195	4,9000	-3,6837	0,0326	0,1940	0,0676
1988	6,81307	5,7000	19,5275	1,2389	2,7326	0,2916
1989	7,73776	6,3000	22,8216	2,0672	6,6448	1,2996
1990	3,20182	1,6000	100,1138	2,5658	3,8345	12,6736

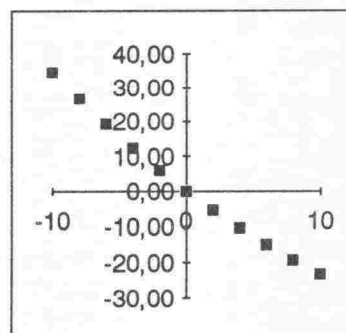


SELITTÄJÄN ARVON POIKKEUTTAMISEN VAIKUTUS AUTOKANNAN KASVUUN
MALLI M20T AJO 1

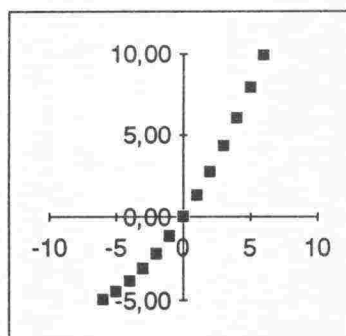
POIKKEUTUS SELITTÄJÄ	TULOSKESKIARVO MALLI	LÄHTÖ	ERO %	0-säädetty
Antolainauksen vuosittainen keskiporko				
-3	6,72	5,16	37,40	26,32
-2	6,33	5,16	28,77	17,69
-1,5	6,14	5,16	24,40	13,32
-1	5,94	5,16	20,00	8,92
-0,5	5,75	5,16	15,56	4,48
0	5,55	5,16	11,08	0,00
0,5	5,35	5,16	6,57	-4,52
1	5,14	5,16	2,01	-9,07
1,5	4,94	5,16	-2,59	-13,67
2	4,73	5,16	-7,23	-18,31
3	4,32	5,16	-16,64	-27,72



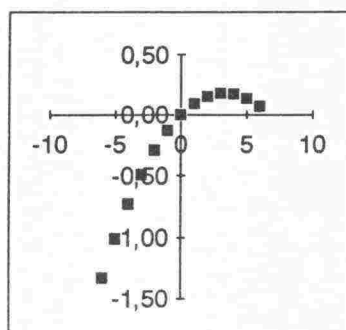
Auton keskihinta reaalin kehitys				
-10	7,26	5,16	45,66	34,58
-8	6,87	5,16	37,71	26,63
-6	6,51	5,16	30,29	19,21
-4	6,16	5,16	23,39	12,31
-2	5,84	5,16	17,00	5,92
0	5,55	5,16	11,08	0,00
2	5,27	5,16	5,62	-5,46
4	5,02	5,16	0,59	-10,49
6	4,78	5,16	-4,03	-15,11
8	4,56	5,16	-8,28	-19,36
10	4,36	5,16	-12,17	-23,25



Bruttokansantuotteen kasvu				
-6	5,28	5,16	6,11	-4,97
-5	5,31	5,16	6,62	-4,46
-4	5,34	5,16	7,26	-3,82
-3	5,39	5,16	8,02	-3,06
-2	5,43	5,16	8,91	-2,18
-1	5,49	5,16	9,93	-1,15
0	5,55	5,16	11,08	0,00
1	5,61	5,16	12,37	1,29
2	5,69	5,16	13,81	2,73
3	5,77	5,16	15,38	4,30
4	5,85	5,16	17,11	6,02
5	5,95	5,16	18,98	7,90
6	6,05	5,16	21,00	9,92



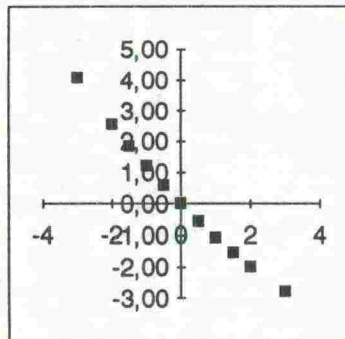
Kotitalouksien käytettävissä olevat tulot				
-6	5,56	5,16	9,75	-1,33
-5	5,56	5,16	10,07	-1,02
-4	5,56	5,16	10,35	-0,73
-3	5,56	5,16	10,59	-0,49
-2	5,56	5,16	10,79	-0,29
-1	5,55	5,16	10,95	-0,13
0	5,55	5,16	11,08	0,00
1	5,54	5,16	11,17	0,09
2	5,53	5,16	11,23	0,15
3	5,52	5,16	11,26	0,18
4	5,51	5,16	11,25	0,17
5	5,50	5,16	11,22	0,14
6	5,49	5,16	11,15	0,07



POIKKEUTUS TULOSKESKIARVO
SELITTÄJÄ MALLI LÄHTÖ ERO % 0-säädetty

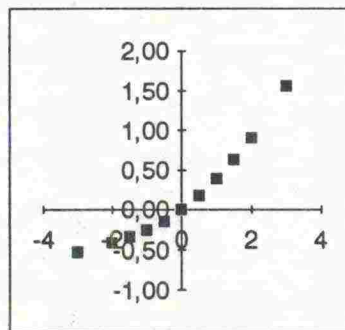
Kotitalouksien säästämisaste

-3	5,85	5,16	15,16	4,08
-2	5,74	5,16	13,64	2,56
-1,5	5,69	5,16	12,94	1,86
-1	5,64	5,16	12,28	1,20
-0,5	5,59	5,16	11,66	0,58
0	5,55	5,16	11,08	0,00
0,5	5,50	5,16	10,53	-0,55
1	5,46	5,16	10,03	-1,06
1,5	5,42	5,16	9,55	-1,53
2	5,39	5,16	9,11	-1,97
3	5,32	5,16	8,31	-2,77



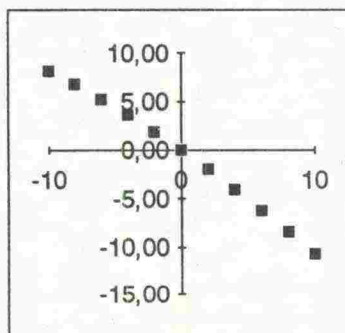
Liikenteen osuus kotitalouksien menolista

-3	5,47	5,16	10,55	-0,53
-2	5,49	5,16	10,66	-0,42
-1,5	5,50	5,16	10,74	-0,34
-1	5,52	5,16	10,82	-0,26
-0,5	5,53	5,16	10,94	-0,15
0	5,55	5,16	11,08	0,00
0,5	5,56	5,16	11,26	0,18
1	5,58	5,16	11,47	0,39
1,5	5,60	5,16	11,71	0,63
2	5,62	5,16	11,99	0,91
3	5,67	5,16	12,64	1,56



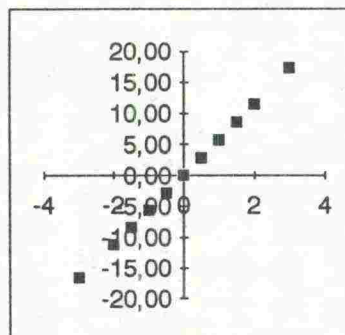
Polttoaineen hinnan reaalin kehitys

-10	5,88	5,16	19,20	8,11
-8	5,82	5,16	17,80	6,72
-6	5,76	5,16	16,30	5,21
-4	5,69	5,16	14,68	3,59
-2	5,62	5,16	12,94	1,86
0	5,55	5,16	11,08	0,00
2	5,46	5,16	9,10	-1,98
4	5,38	5,16	7,00	-4,08
6	5,29	5,16	4,82	-6,26
8	5,20	5,16	2,66	-8,42
10	5,11	5,16	0,41	-10,67

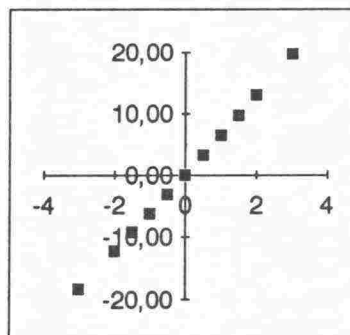


Työvoiman kasvu

-3	4,78	5,16	-5,56	-16,64
-2	5,03	5,16	-0,09	-11,17
-1,5	5,16	5,16	2,68	-8,40
-1	5,29	5,16	5,46	-5,62
-0,5	5,42	5,16	8,26	-2,82
0	5,55	5,16	11,08	0,00
0,5	5,68	5,16	13,92	2,84
1	5,81	5,16	16,79	5,71
1,5	5,94	5,16	19,67	8,59
2	6,08	5,16	22,58	11,50
3	6,35	5,16	28,47	17,39

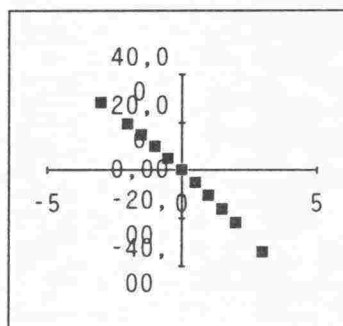


POIKKEUTUS SELITTÄJÄ	TULOSKESKIVARVO			
	MALLI	LÄHTÖ	ERO %	0-säädetty
Yksityinen kulutus				
-3	4,70	5,16	-7,21	-18,29
-2	4,98	5,16	-1,25	-12,33
-1,5	5,12	5,16	1,78	-9,30
-1	5,26	5,16	4,84	-6,24
-0,5	5,40	5,16	7,94	-3,14
0	5,55	5,16	11,08	0,00
0,5	5,69	5,16	14,26	3,18
1	5,84	5,16	17,47	6,39
1,5	5,99	5,16	20,73	9,65
2	6,15	5,16	24,03	12,95
3	6,46	5,16	30,77	19,69



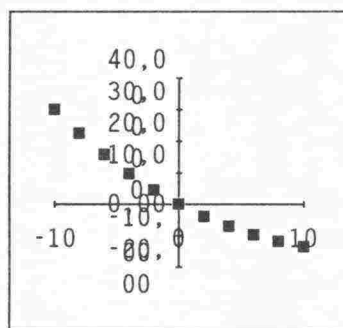
SELITTÄJÄN ARVON POIKKEUTTAMISEN VAIKUTUS AUTOKANNAN KASVUUN
MALLI M20T AJO 3

POIKKEUTUS SELITTÄJÄ	TULOSKESKIVARVO			
	MALLI	LÄHTÖ	ERO %	0-säädetty
Antolainauksen vuosittainen keskiporko				
-3	6,49	5,16	33,02	28,61
-2	6,11	5,16	24,05	19,65
-1,5	5,91	5,16	19,36	14,96
-1	5,70	5,16	14,52	10,12
-0,5	5,48	5,16	9,54	5,14
0	5,26	5,16	4,40	0,00
0,5	5,04	5,16	-0,89	-5,29
1	4,80	5,16	-6,33	-10,73
1,5	4,56	5,16	-11,93	-16,33
2	4,31	5,16	-17,69	-22,09
3	3,79	5,16	-29,67	-34,08



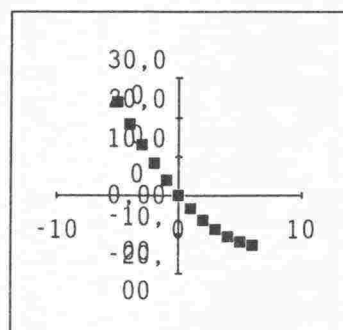
Auton keskihinta reaalin kehitys

-10	6,92	5,16	34,48	30,08
-8	6,52	5,16	26,95	22,55
-6	6,16	5,16	20,20	15,80
-4	5,83	5,16	14,20	9,80
-2	5,53	5,16	8,95	4,55
0	5,26	5,16	4,40	0,00
2	5,03	5,16	0,53	-3,87
4	4,83	5,16	-2,71	-7,11
6	4,65	5,16	-5,36	-9,76
8	4,51	5,16	-7,47	-11,87
10	4,39	5,16	-9,07	-13,48



Bruttokansantuotteen kasvu

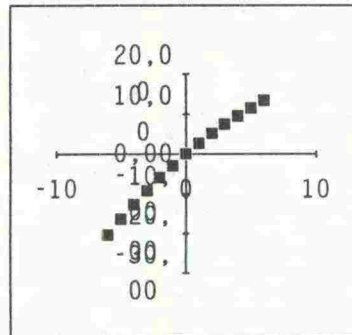
-6	6,46	5,16	34,28	29,88
-5	6,21	5,16	28,30	23,90
-4	5,98	5,16	22,68	18,28
-3	5,77	5,16	17,46	13,06
-2	5,58	5,16	12,66	8,26
-1	5,41	5,16	8,30	3,90
0	5,26	5,16	4,40	0,00
1	5,14	5,16	0,99	-3,41
2	5,04	5,16	-1,93	-6,33
3	4,96	5,16	-4,32	-8,73
4	4,91	5,16	-6,19	-10,59
5	4,88	5,16	-7,51	-11,92
6	4,88	5,16	-8,29	-12,69



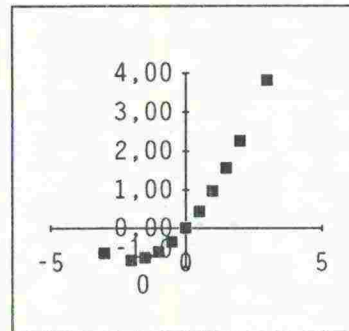
POIKKEUTUS TULOSKESKIJARVO
SELITTÄJÄ MALLI LÄHTÖ ERO % 0-säädetty

Kotitalouksien käytettävissä olevat tulot

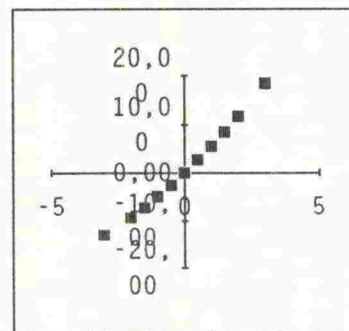
-6	4,48	5,16	-15,94	-20,34
-5	4,64	5,16	-12,03	-16,43
-4	4,78	5,16	-8,33	-12,73
-3	4,91	5,16	-4,84	-9,24
-2	5,04	5,16	-1,55	-5,95
-1	5,16	5,16	1,53	-2,88
0	5,26	5,16	4,40	0,00
1	5,36	5,16	7,08	2,68
2	5,45	5,16	9,57	5,17
3	5,54	5,16	11,87	7,47
4	5,61	5,16	13,99	9,59
5	5,68	5,16	15,94	11,54
6	5,74	5,16	17,71	13,31

**Kotitalouksien säästämissaste**

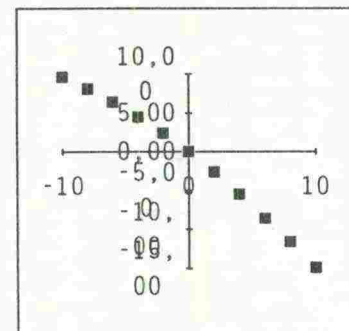
-3	5,47	5,16	3,76	-0,64
-2	5,38	5,16	3,58	-0,82
-1,5	5,34	5,16	3,64	-0,76
-1	5,31	5,16	3,80	-0,60
-0,5	5,29	5,16	4,06	-0,35
0	5,26	5,16	4,40	0,00
0,5	5,25	5,16	4,84	0,44
1	5,23	5,16	5,36	0,96
1,5	5,22	5,16	5,97	1,56
2	5,22	5,16	6,65	2,24
3	5,23	5,16	8,23	3,83

**Liikenteen osuus kotitalouksien menoista**

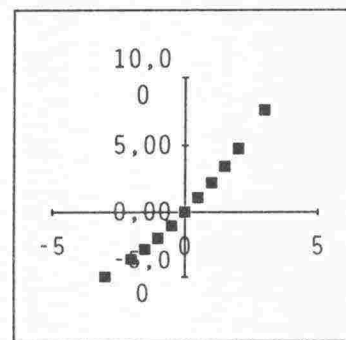
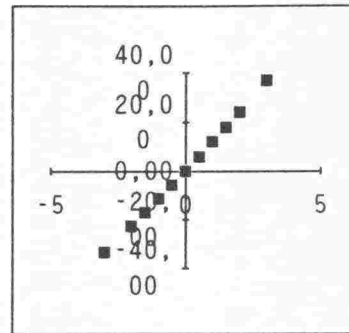
-3	4,54	5,16	-8,77	-13,17
-2	4,75	5,16	-4,92	-9,32
-1,5	4,87	5,16	-2,79	-7,20
-1	5,00	5,16	-0,54	-4,94
-0,5	5,13	5,16	1,86	-2,54
0	5,26	5,16	4,40	0,00
0,5	5,41	5,16	7,09	2,69
1	5,56	5,16	9,93	5,52
1,5	5,72	5,16	12,91	8,51
2	5,88	5,16	16,06	11,66
3	6,23	5,16	22,82	18,42

**Polttoaineen hinnan reaalin kehitys**

-10	5,60	5,16	14,05	9,65
-8	5,55	5,16	12,54	8,14
-6	5,49	5,16	10,83	6,43
-4	5,43	5,16	8,92	4,51
-2	5,35	5,16	6,78	2,38
0	5,26	5,16	4,40	0,00
2	5,17	5,16	1,78	-2,62
4	5,06	5,16	-1,10	-5,50
6	4,94	5,16	-4,16	-8,56
8	4,82	5,16	-7,24	-11,64
10	4,70	5,16	-10,50	-14,90

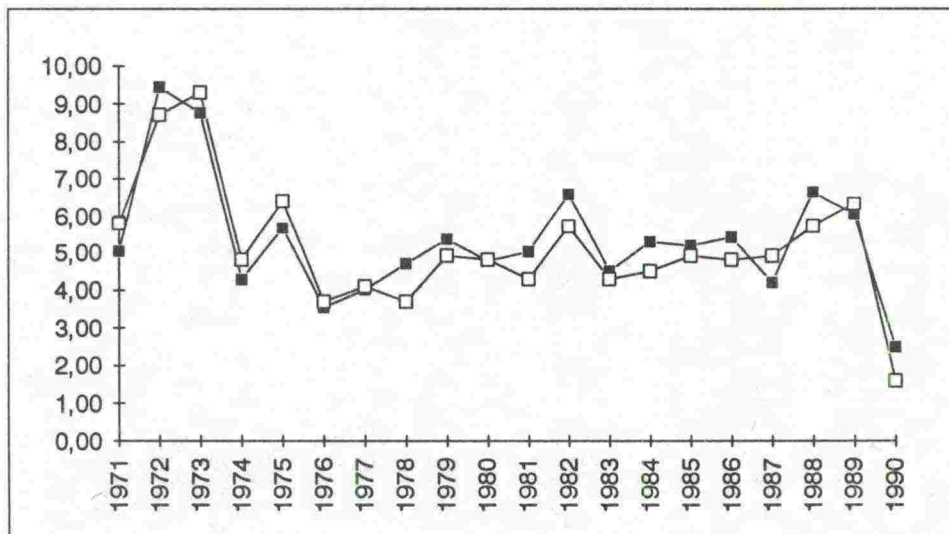


	POIKKEUTUS SELITTÄJÄ	TULOSKESKIJARVO			
		MALLI	LÄHTÖ	ERO % 0-säädetty	
Työvoiman kasvu					
-3		3,70	5,16	-29,11	-33,51
-2		4,20	5,16	-18,31	-22,71
-1,5		4,46	5,16	-12,77	-17,17
-1		4,72	5,16	-7,14	-11,54
-0,5		4,99	5,16	-1,42	-5,82
0		5,26	5,16	4,40	0,00
0,5		5,54	5,16	10,31	5,91
1		5,82	5,16	16,32	11,92
1,5		6,10	5,16	22,43	18,02
2		6,39	5,16	28,62	24,22
3		6,98	5,16	41,30	36,90
Yksityinen kulutus					
-3		4,99	5,16	-0,59	-4,99
-2		5,07	5,16	0,81	-3,59
-1,5		5,11	5,16	1,61	-2,79
-1		5,16	5,16	2,47	-1,93
-0,5		5,21	5,16	3,40	-1,00
0		5,26	5,16	4,40	0,00
0,5		5,32	5,16	5,48	1,08
1		5,38	5,16	6,63	2,23
1,5		5,44	5,16	7,86	3,46
2		5,51	5,16	9,17	4,76
3		5,66	5,16	12,03	7,62



MALLIN ANTAMIEN JA LÄHTÖAINEISTON TULOSARVOJEN
EROPROSENTTI, VIRHEEN NELIÖSUMMA JA SELITYSASTE
MALLI M20T AJO 3

	MALLI	LÄHTÖ	ERO	JÄÄNNÖS	SELITYSASTE	0,85
	= Y^i	= Y_i	%	= $(Y^i - Y_i)^2$	MALLI	KOKONAIS
					= $(Y^i - k_a)^2$	= $(Y_i - k_a)^2$
Keskiarvo	5,3422	5,1600	6,0936	0,4056	2,5082	2,7034
Neliösumma				8,1122	50,1638	54,0680
1971	5,03	5,8000	-13,2948	0,5946	0,0172	0,4096
1972	9,44	8,7000	8,5430	0,5524	18,3461	12,5316
1973	8,77	9,3000	-5,7434	0,2853	13,0022	17,1396
1974	4,28	4,8000	-10,7973	0,2686	0,7714	0,1296
1975	5,65	6,4000	-11,7342	0,5640	0,2391	1,5376
1976	3,55	3,7000	-3,9857	0,0217	2,5840	2,1316
1977	4,02	4,1000	-1,9593	0,0065	1,3004	1,1236
1978	4,70	3,7000	27,0584	1,0023	0,2105	2,1316
1979	5,35	4,9000	9,1798	0,2023	0,0360	0,0676
1980	4,78	4,8000	-0,5160	0,0006	0,1480	0,1296
1981	5,01	4,3000	16,4400	0,4997	0,0234	0,7396
1982	6,59	5,7000	15,5914	0,7898	2,0412	0,2916
1983	4,50	4,3000	4,7630	0,0419	0,4293	0,7396
1984	5,28	4,5000	17,3473	0,6094	0,0146	0,4356
1985	5,16	4,9000	5,4018	0,0701	0,0000	0,0676
1986	5,40	4,8000	12,4169	0,3552	0,0557	0,1296
1987	4,20	4,9000	-14,2414	0,4870	0,9174	0,0676
1988	6,64	5,7000	16,4663	0,8809	2,1862	0,2916
1989	6,00	6,3000	-4,6952	0,0875	0,7127	1,2996
1990	2,49	1,6000	55,6319	0,7923	7,1283	12,6736



Autokannan kasvu

Ennuste taulukko vuosien 1961-1990 aineistosta

BKT 0				Korko 10				Korko 12			
Korko 8	Säästämisaste			Korko 10	-1	1	3	Korko 12	-1	1	3
	-1	1	3								
Autonhintaa											
-5	14,01	10,86	8,57		5,88	5,4	5		5,11	4,76	4,46
-2,5	13,28	10,2	8,03		5,48	5,06	4,7		4,8	4,49	4,25
0	12,56	9,59	7,54		5,12	4,76	4,46		4,53	4,28	4,07
BKT 2				Korko 10				Korko 12			
Korko 8	Säästämisaste			Korko 10	-1	1	3	Korko 12	-1	1	3
	-1	1	3								
-5	14,85	11,81	9,53		6,874	6,337	5,845		6,001	5,548	5,146
-2,5	14,15	11,14	8,93		6,416	5,905	5,45		5,593	5,181	4,824
0	13,43	10,48	8,36		5,976	5,503	5,093		5,221	4,856	4,548
BKT 4				Korko 10				Korko 12			
Korko 8	Säästämisaste			Korko 10	-1	1	3	Korko 12	-1	1	3
	-1	1	3								
-5	15,53	12,66	10,48		7,833	7,337	6,848		7,009	6,538	6,08
-2,5	14,92	12,06	9,921		7,417	6,909	6,419		6,584	6,116	5,676
0	14,27	11,44	9,347		6,981	6,473	5,995		6,158	5,709	5,299
BKT 6				Korko 10				Korko 12			
Korko 8	Säästämisaste			Korko 10	-1	1	3	Korko 12	-1	1	3
	-1	1	3								
-5	15,99	13,27	11,23		8,557	8,162	7,761		7,887	7,49	7,076
-2,5	15,47	12,78	10,76		8,243	7,823	7,394		7,537	7,113	6,679
0	14,93	12,26	10,27		7,896	7,45	6,999		7,155	6,712	6,27

AUTOKANNAN KASVUENNUSTE BRUTTOKANSANTUOTTEEN KEHITYSENNUSTEeseen PERUSTUEN

KASVUPROSENTIT

Skenaario

Ennustevuosi	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Perusura		4,27	4,71	4,71	4,56	4,53
Epäedullinen kansainvälinen ympäristö		4,34	4,50	4,45	4,32	4,29
Elvyttävä finanssi politiikka		4,27	4,97	5,01	4,85	4,79
Julkistenmenojen nollakasvu		4,27	4,69	4,67	4,51	4,51
Tavoite		4,27	4,76	4,77	4,67	4,67

AUTOKANTA

Skenaario

	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Perusura	1909908	1991516	2085228	2183349	2282912	2386241
Epäedullinen kansainvälinen ympäristö	1909908	1992811	2082423	2175185	2269214	2366605
Elvyttävä finanssi politiikka	1909908	1991516	2090553	2195350	2301921	2412182
Julkistenmenojen nollakasvu	1909908	1991516	2084933	2182359	2280863	2383812
Tavoite	1909908	1991516	2086239	2185781	2287919	2394830

SELITTÄJIEN ENNUSTEET BKT-KEHITYKSEN PERUSTEELLA

	1991	1992	1993	1994	1995	1996
BKT-ENNUSTE						
Perusura	0,5	-0,5	3,8	3,8	2,9	2,7
Epäedullinen kansainvälinen ympäristö	-1,4	2,5	2,2	1,1	0,8	
Elvyttävä finanssi politiikka	-0,5	5,5	5,8	4,7	4,3	
Julkistenmenojen nollakasvu	-0,5	3,7	3,6	2,6	2,6	
Tavoite	-0,5	4,1	4,2	3,6	3,6	

Korko = neutraaliverkko_k (BKT)

Perusura	9,86	9,61	9,61	9,66	9,67
Epäedullinen kansainvälinen ympäristö	9,92	9,69	9,70	9,77	9,79
Elvyttävä finanssi politiikka	9,86	9,52	9,50	9,56	9,58
Julkistenmenojen nollakasvu	9,86	9,62	9,62	9,68	9,68
Tavoite	9,86	9,60	9,59	9,62	9,62

Auton keskihinta = neutraaliverkko_a (BKT)

Perusura	4,54	1,43	1,43	2,03	2,17
Epäedullinen kansainvälinen ympäristö	5,27	2,31	2,52	3,31	3,53
Elvyttävä finanssi politiikka	4,54	0,37	0,19	0,86	1,11
Julkistenmenojen nollakasvu	4,54	1,50	1,56	2,24	2,24
Tavoite	4,54	1,24	1,17	1,56	1,56

Kotitalouksien säästämisaste = neutraaliverkko_s (BKT)

Perusura	6,12	5,37	5,37	5,51	5,55
Epäedullinen kansainvälinen ympäristö	6,29	5,58	5,63	5,82	5,88
Elvyttävä finanssi politiikka	6,12	5,11	5,06	5,23	5,29
Julkistenmenojen nollakasvu	6,12	5,38	5,40	5,56	5,56
Tavoite	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tavoite	6,12	5,32	5,31	5,40	5,40

Vuosi	1991	1992	1993	1994	1995	1996
BKT-ENNUSTE						
BKT perusura	-0,5	-0,5	3,8	3,8	2,9	2,7
Auton keskihinta arvio						
Keskihinnan muutos		0,00	-4,50	-4,72	-4,95	-5,21
Vero osuus -10%/vuosi %	122	122	112	102	92	82
Liikenteen osuus kotitalouden kulutusmenoista arvio						
Osuus	16,73	17,15	17,58	18,02	18,47	18,93
Osuuden muutos		+2.5 %	+2.5 %	+2.5 %	+2.5 %	+2.5 %
Autokannan kasvu		2,4	5,1	5,5	5,0	5,2
AUTOKANTA	1909,9	1955,1	2054,5	2167,2	2276,3	2393,79

TIEHALLITUKSEN SISÄISIÄ JULKAISUJA

- 22/1992 Suurien ja raskaiden esineiden kuljetusten suoritusmahdollisuudet eri kuljetusmuodoilla, yhdistetyt kuljetukset. Tutkimuskeskus
- 23/1992 Liikenne- ja autokantaennuste 11989-2010; ennusteen seuranta 1992, ennusteen tarkistaminen 1992. Tutkimuskeskus
- 24/1992 Talvisuolan esikosteitus; konstit on monet. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 25/1992 Suunnittelun ja rakentamisen teknisen henkilöstön täydennyskoulutuksen tarveselvitys. Henkilöstöhallinto
- 26/1992 Kalliomurskeiden käyttö sitomattomissa rakennekerroksissa, esiselvitys. Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 27/1992 Tulosohjauksen tietoaaineisto. TIEL 4000016
- 28/1992 Tiehallituksen tavoitteet 1992. Hallintopalvelut
- 29/1992 Liuosasemien materiaalit; pinnoitettu, ruostumaton ja haponkestävä teräs. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 30/1992 Kolme päivystyskeskusta: Lieto, Nyköping ja Tukholma. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 31/1992 Autojen nopeudet pääteillä 1991. TIEL 4001836-92
- 32/1992 Sorateiden keliikkovaurioiden korjaaminen, väliraportti II; Prosessikipsin ja biotiitin materiaalitutkimukset. Kuopion tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 33/1992 Ympäristöosaaminen tielaitoksessa. Kehittämiskeskus
- 20/1991 Routavaurio- ja kuivatustutkimus: Kalliokohdetutkimus. TIEL 4000003
- 21/1991 Routavaurio- ja kuivatustutkimus: Pituushalkeamat osa I; routanousun vaikutus halkeamatodennäköisyyteen. TIEL 4000004
- 22/1991 Routavaurio- ja kuivatustutkimus: Pituushalkeamat osa II; tien rakenne- ja olosuhdetekijöiden vaikutus tien routanousuihin. TIEL 4000005
- 34/1992 Routavaurio- ja kuivatustutkimus: Pituushalkeamat osa III, elävät pituushalkeamat ja niiden syntymistodennäköisyys routivassa tierakenteessa. TIEL 4000017
- 35/1992 Routavaurio- ja kuivatustutkimus: Kuivatustutkimus osa I sekä roudan syvyyshavainnot. TIEL 4000018
- 36/1992 Aurusviitoituslaitteet; täydentävä vertailututkimus. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 37/1992 Tielaitoksen oma kalusto 1991. TIEL 4000019
- 38/1992 Ohituskaistatien turvallisuus. TIEL 4000020
- 39/1992 Omajohtoiset työt 1991, vuokratut koneet. TIEL 4000021