

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN

TIEDONANTOJA

118

Suonenjoen tutkimusasema



# AKTA – AINEISTOJEN KUVALLISEN JA TILASTOLLISEN ANALYYSIN OHJELMA

Juha Lappi ja Heikki Smolander



SUONENJOKI 1983



AKTA

AINEISTOJEN KUVALLISEN JA TILASTOLLISEN ANALYYSIN OHJELMA

Juha Lappi ja Heikki Smolander

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto.....	3
2. Ohjelman rakenne ja esimerkkejä.....	4
3. Muuttujat.....	6
4. Havaintotiedoston lukeminen ja työtiedosto.....	8
5. Muunnokset.....	11
6. Kuvien tulostaminen.....	16
7. Regressiomallit.....	19
8. Tilastolliset tunnusluvut.....	23
9. Tulostus.....	25
10. Ohjaustiedosto.....	26
11. Muunnosluettelo.....	27
12. Käskyluettelo.....	30
13. Viitteet.....	38

## Alkusanat

AKTA-ohjelma (Aineistojen Kuvallisen ja Tilastollisen Analyysin ohjelma) syntyi alunalkaan tarpeesta katsella dataloggerilla kerättyjä fotosynteesiaineistoja kuvina. Vähitellen ohjelmaan tuli liitetyksi ominaisuuksia, jotka ovat käyttökelpoisia analysoitaessa mitä tahansa aineistoa. Ohjelma on ollut Suonenjoen tutkimusasemalla jo vuosia varsin laajassa käytössä. Yhden perusteellisen uudellenrakentamisen jälkeen ohjelma on kehittynyt pikkuhiljaa käyttäjien toivomusten ja kritiikin ansiosta. Kun ohjelman muuttumisnopeus on hidastunut ja odotettavissa on lähinnä vain pieniä lisäyksiä, katsoimme aiheelliseksi esitellä ohjelman laajemmalle käyttäjäkunnalle. Ohjelma ei siis ole syntynyt päätoimisen ja johdonmukaisen kehitystyön tuloksena. Siten ohjelmassa on mukana myös heikosti testattuja osia.

Ohjelma ei pyri kilpailemaan varsinaisten tilastollisten ohjelmapakettien kanssa. Pääpaino on joustavassa aineistojen katselussa ja alkeistilastollisessa analyysissä. Ohjelman avulla voidaan myös kätevästi muokata aineistoja uuteen muotoon. Ohjaustiedostojen avulla voidaan ohjelman käytössä yhdistää saman ajon aikana osituskäytön ja eräajon parhaat ominaisuudet.

Ohjelma on kehitetty RSX-11M-käyttöjärjestelmää käyttävälle PDP-11/34 tietokoneelle, mutta se on myös käytössä VAX tietokoneella. Muistin pienuus on rajoittanut ohjelman käyttämien tietorakenteiden kokoa. Ohjelmassa on myös jouduttu käyttämään yksinkertaisen tarkkuuden reaalityyppisiä laskennan numeeriseen tarkkuuteen ole kiinnitetty erityistä huomiota. Siten ohjelmaa ei suositella käytettäväksi laskenta-tehtävissä, joissa pyöristysvirheiden kasautuminen on ongelmaksi. Jos ohjelmalla tulee olemaan laajempaa käyttöä ja tietorakenteiden koon aiheuttamat rajoitukset koetaan haitallisiksi, tulemme poistamaan nämä rajoitukset. Myös responsiaika saadaan pieneneväksi, kun data työtiedostojen sijasta tallennetaan muistiin. Nämä odotettavissa olevat muutokset eivät kuitenkaan muuta ohjelman käyttötapaa. Historiallisista syistä ohjelman yleisversiossa on vielä mukana muutama vain dataloggerilla kerättyjen fotosynteesiaineistojen analysoinnissa tarvittava piirre. Ohjelmassa käytetään Timo Pekkosen tekemiä lineaaristen mallien aliohjelmiä.

Otamme kiitollisuudella vastaan kaikki ohjelman käyttöön liittyvät kommentit.

26.8.83 Juha Lappi ja Heikki Smolander

ISBN 951-40-0991-6

ISSN 0358-4283

Helsinki 1983. Valtion painatuskeskus

## 1. Johdanto

A K T A - ohjelma (Aineistojen Kuvallisen ja Tilastollisen Analyysin ohjelma) on melko monipuolinen ja joustava ohjelma aineistojen visuaaliseen ja alkeistilastolliseen analysointiin. Ohjelma on myös käyttökelpoinen muokattaessa aineistoja muiden ohjelmien vaatimaan muotoon. Se on luonteeltaan osituskäyttöohjelma, mutta eräajon kaltainen käyttö on ohjaustiedostojen avulla mahdollista. Siinä on luovuttu kokonaan vuorovaikutteisuudesta eli käyttäjä kontrolloi joka hetki ohjelman kulkua. Vuorovaikutteisuudesta luopumisella menetetään hiukan helppokäyttöisyydestä, mutta voitetaan ohjelman suorituskulun monipuolisuudessa ja vältetään turhiin kysymyksiin vastaaminen.

Ohjelman avulla voidaan piirtää samaan kuvaan korrelaatiokuvia joko yksittäisistä havainnoista tai luokkakeskiarvoista, funktioiden kuvaajia ja frekvenssidiagrammeja sekä nk. piirturikuvia. Ohjelma voi lukea haluttuja osia yhdestä tai useammasta tiedostosta joko peräkkäin tai rinnakkain (silloin kun saman havainnon muuttujat ovat useammassa kuin yhdessä tiedostossa). Halutut muuttujanarvot voidaan tulostaa joko päätteelle tai tiedostoon. Ohjelma laskee käskettäessä keskiarvot, hajonnat, minimi, maksimit, luokkafrekvenssit, mediaanit, kvartiilit, korrelaatiot ja kovarianssit sekä tekee yksi- tai kaksisuuntaisia taulukoita varianssianalyysineen. Korrelaatio- ja kovarianssimatriisista voidaan lisäksi laskea ominisarvot ja ominaisvektorit. Regressioanalyysistä on mukana puoliautomaattisen selittäjien valinnan mahdollistava lineaarinen regressioanalyysi sekä epälineaaristen mallien parametrien estimointi Gauss-Newton- tai hilamenetelmällä. Linearisessa regressioanalyysissä on mukana myös kaikkien mahdollisten regressioiden laskenta. Ohjelmassa on monipuolinen muunnosten tekemähdollisuus: normaalien algebrallisten muunnosten lisäksi voidaan käyttää paloittain lineaarisia funktioita, kuutioplinejia ja lisäksi voidaan viiveitä käyttämällä rakentaa erilaisia suodattimia. Muunnoksia voidaan tehdä myös silmukassa.

Ohjauskäskyt voidaan antaa päätteeltä tai tiedostosta tai vuorotellen molemmista. Ohjaustiedostojen avulla on mahdollista suorittaa käskyryhmiä myös silmukassa. Tulostus voidaan ohjata joustavasti päätteelle, rivikirjoittimelle tai tiedostoon.

## 2. Ohjelman rakenne ja esimerkkejä

Ohjelman suoritusta ohjataan käskyillä, joilla joko muutetaan ohjausparametrejä, käynnistetään jonkin toimenpiteen suoritus tai tehdään molempia. Ohjausparametrejä ovat esim. tiedostojen nimet, formaatit, kuvan koko ja muuttujalistat. Toimenpiteitä ovat esim. tiedoston tai sen osan lukeminen, korrelaatiomatriisin teko ja kuvan tulostus. Käskyjen järjestyksellä ei ole mitään muodollisia vaatimuksia vaan pelkästään loogisia. Esimerkiksi ennen havaintotiedoston lukemista pitää ilmoittaa tiedoston nimi. Käskyt on annettava isoilla kirjaimilla. PDP:llä päätte saadaan muutettua isoille kirjaimille käskyllä "set /nolower=ti:" ja VAXilla käskyllä "set ter/upper". Ohjelman suoritus päätetään painamalla <CTRL>Z.

Käskyjen yleinen muoto on:

### KÄSK OHJAUSPARAMETRIT

jossa KÄSK on 1-4 kirjaiminen käsky, jota välilyönnin jälkeen voi seurata tarkempia määreitä. Käskyä voidaan jatkaa seuraavalle riville laittamalla rivin loppuun merkki ">". Eräistä käskyistä voidaan käyttää myös viisikirjaimisia muotoja, jolloin viides kirjain ohjaa tarkemmin käskyn suoritustapaa. Esimerkiksi:

TUKUN ;tulostetaan kuva näyttöpäätteelle

KPIT 81 ;kuvan pituudeksi 81 merkkiä

STAT X1,-X40 ;pistetään ensin STAT-muuttujalistaan muuttujat X1,...X40, ja sitten lasketaan STAT-muuttujalistan muuttujille keskiarvot, minimi, maksimit ja keskihajonnat. Jatkossa riittää pelkkä STAT-käsky, jos halutaan tunnukset samoista muuttujista.

Kaikki ohjausparametrit säilyvät ellei niitä vasiten muuteta. Eräillä parametreillä (esim. kuvan koko) on alun alkaen oletusarvot. Useimpien parametrien voimassaolevat arvot tulostetaan päätteelle joko antamalla käsky ilman määreitä tai jollakin KIRX-käskyn muodolla. Käskyssä ohjausparametrit erotetaan välimerkein toisistaan. Jos jokin ohjausparametri saa olla muuttumattomana, se voidaan välimerkkien avulla sivuuttaa. Esimerkiksi kun parametrimuuttujille A ja B on annettu arvot käskyllä

SIJ A,B=7.5,8

voidaan uudet arvot antaa käskyllä

SIJ =8.5,11

Ohjelman käyttämisessä on kaksi perusosaa. Ensin luetaan havaintotiedostosta muuttujia, tehdään tarvittaessa muunnoksia ja tallennetaan halutuista havainnoista halutut muuttujat työtiedostoon. Sitten siirrytään aineiston kuvalliseen ja tilastolliseen analyysiin. Seuraavassa esitetään pari esimerkkiajoa.

Esim. 1.

```
RUN $AKTA           ;ajon aloitus, tarkka muoto riippuu
                   ;laitteistosta. VAXilla se on RUN MTL:AKTA.
TIED DATA.DAT     ;havaintotiedosto
TALT X1,-X6        ;työtiedostoon tallennettavat muuttujat
FORM (6F5.0)       ;lukuformaatti
LUET X1,-X6        ;luetaan havaintotiedosto
STAT X1,-X6        ;lasketaan minimi,maksimi,keskiarvot ja
                   ;hajonnat
CORR X1,-X6        ;korrelaatiomatriisi
REGR X1,X5,X6,1    ;regressioyhtälö, jossa X1 on selitettävä
                   ;ja X5,X6 ja vakio selittäjinä
<CTRL>Z           ;lopetetaan ajo
```

Esim. 2. Käytetään näyttöpäätettä, tulokset tallennetaan tiedostoon.

```
RUN $AKTA
NIMI X1,-X5=KAS,TOISTO,PIT,PAKS,PAINO ;annetaan muuttujille
                                         uudet nimet
TIED HAV.DAT       ;havaintotiedosto
FORM (2F1.0,3F5.0);lukuformaatti
TALT KAS,-PAINO   ;työtiedostomuuttujat
LUET KAS,-PAINO   ;luetaan havaintotiedosto
TUL HAV.TUL       ;tulostus tallennetaan tiedostoon HAV.TUL
X PIT=(0,20)      ;x-akseli kuvantekoa varten
KUVA PAKS==(0,40);muistikuvaan paksuus frekvensseinä (kun
                   ;merkkiä ei anneta, säilyy oletus "&"),
                   ;sulkeissa y-akselin rajat
TUKUN             ;tulostetaan kuva näyttöpäätteelle
REGR PAKS,PIT,1  ;paksuuden ja pituuden välinen regressio-
                   ;suora
PIFUX REGF=?     ;lisätään regressiosuora kuvaan ?-merkillä
TUKUN            ;tulostetaan kuva päätteelle
TUKU             ;tulostetaan kuva myös tiedostoon
AKU             ;tyhjennetään kuva
KUVA PAINO==(0,30);kuvaan paino
TUKU            ;tulostus tiedostoon
X KAS=(1,5)     ;vaakasuora luokittelija taulukointia
                   varten
TAUL PIT        ;pituus käsittelyittäin, jos aineisto on
                   ;tasapainoinen saadaan myös varianssianalyysi
Z TOISTO=(1,3)  ;pystysuora luokittelija
TAUL PIT,-PAINO;kaksiulotteinen taulukko varianssi-
                   ;analyyseineen
TEKU            ;aletaan määritellä muunnoksia
X10=**(PIT,3)  ;X10=pituus korotettuna potenssiin 3
/              ;lopetetaan muunnosten määrittely
```

```
REGR PAINO,X10,1 ;selitetään painoa pituuden kuutiolla ja
                    vakiolla
<CTRL>Z          ;lopetetaan ajo
PIP LP:=HAV.TUL  ;tulostetaan tulostustiedosto
                    rivikirjoittimelle (PDP11)
```

Esim. 3. Editoidaan ensin seuraavat alkukäskyt ohjaustiedostoon J.OHJ :

```
TIED DATA.DAT
FORM (2F4.1)
NIMI X1,-X3=PIT,KASVU,KASVUPRO
TELU                               ;määritellään lukuvaiheessa
                                    tehtävät muunnokset
KASVUPRO=/(100*KASVU,PIT) ;KASVUPRO on kasvu prosentteina
HYV=IFLE(PIT,0)(-1)           ;kuolleet hylätään (pituus=<0)
/
```

```
Aloitetaan sitten AKTA-ajo:
RUN $AKTA
OHJ J.OHJ ;suoritetaan tiedostoon J.OHJ tallennetut käskyt
.....   ;aloitetaan aineiston analysointi
```

### 3. Muuttujat

Ohjelmassa muuttujia kutsutaan nimeltä. Käytössä on 127 muuttujaa, joista 8 on varattu erikoistarkoituksiin. Vapaasti käytettävät muuttujat ovat alunalkaen nimeltään X1,X2,...,X119, mutta nimet voidaan muuttaa NIMI-käskyllä.

Esimerkiksi:

```
NIMI X10,-X21,X90,-X111,X119=HAPPI,LÄMPÖ1,-LÄMPÖ11,>
R90,-R99,R100,-R111,SUMMA
```

NIMI-käskyssä muuttujalistojen ei tarvitse olla yhtä pitkiä; lyhyemmän listan loppuessa loppuu nimien anto. Uusia nimiä annettassa voidaan kahden loppunumeron avulla indeksoida muuttujia ilmoittamalla vain ensimmäinen ja viimeinen etuviivan kanssa. Mutta jos indeksissä vaihtuu sataluku, nimilista täytyy esimerkin mukaisesti katkaista. Voimassa olevat nimet nähdään määreettömällä NIMI-käskyllä. Muuttujan nimessä saa olla korkeintaan 8 merkkiä ja nimen tulee alkaa kirjaimella. Yhtäsuuruusmerkki, pilkku, puolipiste ja kaksoispiste eivät saa olla nimen osana.

Fotosynteesiaineistoja käsiteltäessä nimet H2O, CO2, FOTO ja HAIH on varattu erityistarkoituksiin. Samoin regressioanalyysissä voidaan painomuuttuja määrittää antamalla painomuuttujalle nimi RWEIGHT.



Muuttujajoukkoon viitataan nimilistalla. Peräkkäisistä muuttujista tarvitsee mainita vain ensimmäinen ja viimeinen etuviivan kanssa, välillä olevat muuttujat tulevat mukaan nimestä riippumatta. Edellä olevassa esimerkissä nimetyille muuttujille lista: HAPPI,-LÄMPÖll tarkoittaa siis muuttujia HAPPI, LÄMPÖ1, LÄMPÖ2,...LÄMPÖll. Jos käskyssä jätetään muuttujalista pois, säilyy samaa käskyä aiemmin käytettäessä annettu muuttujalista voimassa. Muuttujalista saadaan poistettua antamalla muuttujalistaksi nollalista: "-". Nollalista pitää käyttää esimerkiksi kuvia ja taulukoita tehtäessä, kun halutaan poistaa Z-luokittelija. Voimassaolevaa muuttujalista voidaan jatkaa aloittamalla lista ">"-merkillä.

Erikoistarkoituksiin varatut 8 muuttujaa ovat ohjelmassa kahdeksan ensimmäistä muuttujaa. Seuraavassa erikoismuuttujalistassa (F) tarkoittaa muuttujia, joilla on käyttöä vain fotosynteesiaineistojen laskennassa. Muissa aineistoissa näitä muuttujia voidaan tarvittaessa käyttää aivan normaalisti ottamalla huomioon niiden nimet ja järjestys.

TIME (F) Loggerin aika päivinä vuoden alusta desimaalit päivän desimaaliosia

KYV (F) Kyvetin numero

N Havainnon järjestysnumero, havaintotiedostoa luettaessa havainnon järjestysnumero havaintotiedostossa ja myöhemmin järjestysnumero työtiedostossa

HYV Hyväksymismuuttuja, jolle normaalilla muunnoksen-tekorutiinilla annettu negatiivinen arvo aiheuttaa havainnon hylkäämisen; lukuvaiheessa hylättävät havainnot eivät tule mukaan työtiedostoon. Lukuvaiheessa arvo nolla aiheuttaa havainnon kirjoittamisen edellisen havainnon päälle

1 Vakiomuuttuja, jolla on aina arvona 1.; käytetään regressioanalyysissä sekä eräisiin erityistarkoituksiin

REGF Viimeksi muodostetun regressiofunktion arvo

RESID Residuaalimuuttuja, eli selitettävä muuttuja -REGF

AIKA (F) Loggerin aika kalenteriaikana (pv.ttmin)

Puuttuvan tiedon arvona käytetään yleisesti lukua 1.7E37. Puuttuvan tiedon käsittely riippuu käskystä. Kuvia tehtäessä puuttuvat tiedot jäävät automaattisesti kuvan ulkopuolelle. Regressioita ja korrelaatioita laskettaessa puuttuva tieto yhdessäkin muuttujassa johtaa koko havainnon hylkäämiseen. Jos käskyn suoritus edellyttää lukujen neliöiden laskemista, kaikki lukua 1.E18 suuremmat luvut tulkitaan puut-

tuviksi tiedoiksi.

#### 4. Havaintotiedoston lukeminen ja työtiedosto

Ohjelma lukee havaintotiedostosta havainnot ja tallettaa halutut havainnot työtiedostoon halutuista havaintotiedostomuuttujista ja halutuista muunnoksista tehdyistä muuttujista. Ne muuttujat, jotka eivät ole työtiedostossa ovat vapaasti käytettävissä parametrimuuttujina tai muuttujina joiden arvo lasketaan kullekin havainnolle aina havaintoa käsiteltäessä.

Ennen lukemista ovat seuraavat asetukset pakollisia, elleivät oletusarvot kelpaa:

1. Fortran formaatti FORM-käskyllä Oletus (10F8.0). Binäärinen peräkkäistiedoston formaatti B Hyytiälän loggeriformaatti (NOKIA P) H Suonenjoen loggeriformaatti (VEKO 771) S
2. Tiedoston nimi, oletus FOR001.DAT
3. Työtiedostoon tallennettavat muuttujat TALT-käskyllä, oletus X1,-X10
4. Mahdolliset muunnokset TELU-käskyn jälkeen

Lukeminen suoritetaan sitten LUET-käskyllä esimerkiksi seuraavaan tapaan:

```
TIED HAV.DAT
TALT X1,X4,-X10
FORM (9F4.1)
TELU
X10=/(X1+X2+-X3,X9)      ;X10=(X1+X2-X3)/X9
HYV=IFLE(X7,0) (-1)     ;jos X7<=0 havainto hylätään
/                          ;muunnokset loppuvat
LUET X1,-X9
```

Binääritiedostoa luettaessa formaatti ("B") on annettava ennen kuin havaintotiedosto avataan TIED-käskyllä. Jos havainnot luetaan päätteeltä, lukukäsky annetaan muodossa LUETP, eikä TIED-käskyä tarvita. Havaintotiedoston puolipisteellä alkavat rivit tulkitaan kommentteiksi ja ne tulostetaan päätteelle. Myös lukuvirheen aiheuttavat rivit tulostetaan päätteelle. Lukeminen lopetetaan 8:n lukuvirheen jälkeen, paitsi jos lukukäsky on annettu muodossa LUETV. Normaalisti havaintotiedosto kelataan lukemisen jälkeen alkuun ja jätetään auki. Siten sama tiedosto voidaan lukea heti uudelleen. Tällä on käyttöä esim. silloin, kun saman muuttujan eri käsittelyissä mitatut arvot on tallennettu tiedostoon vierekkäin ja ne halutaan peräkkäin. Tällöin menetellään seuraavasti:

```
TIED HAV.DAT
TALT KASIT,Y
FORM (F4.0)
```

SIJ KASIT=1  
LUET Y  
FORM (4X,F4.0)  
SIJ =2  
LUET

Jos havaintotiedostossa oleva rivi alkaa merkeillä ";/", lukeminen keskeytetään, mutta tiedostoa ei kelata alkuun. Näin samaa tiedostoa voidaan lukea ja analysoida useammassa erässä. Jos ohjelman suoritus halutaan keskeyttää PAUS-käskyllä havaintotiedoston editointia varten, määreettömällä TIED-käskyllä saadaan havaintotiedosto suljettua sitä ennen (tämä ei ole mahdollista VAXilla).

TELU-muunnoksissa puuttuville tiedoille annetaan arvoksi 1.7E37. Havaintotiedostoon puuttuvat tiedot koodataan selvaisilla luvuilla joita ei muuten esiinny tai suoraan luvuksi 1.7E37. Esimerkiksi jos mitatut tiedot ovat aina positiivisia, koodataan puuttuvat tiedot -1:llä. Blankot ohjelma lukee nolliksi.

Havaintoja voidaan hylätä työtiedostosta antamalla TELU-muunnoksissa HYV-muuttujalle negatiivinen arvo. Jos HYV-muuttujalle annetaan arvoksi nolla kirjoitetaan havainto edellisen havainnon päälle. Näin saadaan esim. luokan viimeinen arvo työtiedostoon, kun luokkien havaintojen lukumääriä ei tunneta. Jos lukukäsky annetaan muodossa LUETK, saadaan työtiedostoon luokkakeskiarvot antamalla HYV-muuttujalle arvo nolla niin kauan kuin pysytään luokan sisällä. Esimerkiksi TIED- ym. käskyjen jälkeen:

```
TELU
VLUOK=XV(LUOK) ;VLUOK= edellisen havainnon LUOK-arvo
HYV=IFLE(LUOK,VLUOK,LUOK)(0) ;HYV=0, jos luokka ei ole vaihtunut
/
LUETK X1,-X10 ;luetaan muuttujien luokkakeskiarvot
```

Jos halutaan lukea lisää havaintoja toisesta tiedostosta, vaihdetaan TIED-käskyllä havaintotiedostoa ja sitten LUET-käskyllä taas luetaan. Jos halutaan vaihtaa työtiedostoa nollataan havaintolaskuri ALA-käskyllä. Vanhasta työtiedostosta voidaan säästää esimerkiksi 100 ensimmäistä havaintoa antamalla käsky

ALA 100

Jos halutaan lukea muuttujia "rinnakkain" eli saman havainnon muuttujat ovat kahdessa tai useammassa tiedostossa, menetellään seuraavan esimerkin mukaisesti. Esimerkin muuttujat X1,-X10 ovat tiedostossa HAV1.DAT ja X11,-X20 ovat tiedostossa HAV2.DAT.

NTAL 20 ;tallennettavien muuttujien kokonaismäärä

```
FORM (10F9.4)
TIED HAV1.DAT
TALT X1,-X10
LUE X1,-X10
TIED HAV2.DAT ;Vaihdetaan tiedostoa
ALA ;nollataan havaintolaskuri
TALT >X11,-X20 ;uudella lukukerralla tallennettavat
muuttujat
LUET X11,-X20
```

HUOMAUTUS. Jos ensimmäisellä lukukerralla tehdään muunnoksia ja jos muunnoksien teossa käytettyjä muuttujia ei ole talletettu työtiedostoon, muunnokset pitää nollata ennen seuraavaa lukukertaa.

Työtiedosto kirjoitetaan uudelleen KIRMT-käskyllä. Jos KIRMT-muuttujalista on tyhjä (-), kirjoitetaan työtiedostoon hyväksytyistä havainnoista samat muuttujat kuin ennenkin, mutta TEKU- ja EHTO-muunnoksilla muunnettuina. KIRMT-käskyllä ei voida kasvattaa työtiedoston tietueen kokoa, joka määräytyy implisiittisesti TALT-listan avulla tai eksplisiittisesti NTAL-parametrin avulla. KIRMT-käskyllä työtiedosto kannattaa kirjoittaa uudelleen vain silloin, kun isoa aineistoa käsiteltäessä on määritelty paljon TEKU-muunnoksia tai haluttaessa PDP-11/34 tietokoneessa käyttää kuutiosplinejä, jotka muistin pienuuden takia on jouduttu sijoittamaan KIRM-käskyn käyttämään overlay-puun haaraan. Työtiedostoa voidaan muuttaa KIRMT-käskyn lisäksi korvaamalla puuttuvat tiedot keskiarvoilla (STATM) tai luokkakeskiarvoilla (TAULM). Normaalisti ohjelman tekemä työtiedosto tuhoutuu automaattisesti ajon jälkeen. Ennen havaintotiedoston lukemista annetulla SAV-käskyllä voidaan työtiedosto nimetä ja määrätä säilytettäväksi, esimerkiksi

```
SAV LAMPO.SAV
```

Kun vanha työtiedosto halutaan käyttöön, kirjoitetaan NIMI ja TALT-käskyt samassa muodossa kuin työtiedostoa tehtäessä, sekä annetaan ALA-käskyllä työtiedoston havaintojen lukumäärä, joka on saatu LUET-käskyn suorituksen yhteydessä. Työtiedoston käyttöönotto tapahtuu sitten UNS-käskyllä, esimerkiksi

```
TALT X1,-X10
ALA 2540 ;havaintojen lukumäärä työtiedostossa
UNS LAMPO.SAV
```

Tätä menetelyä kannattaa käyttää vain isojen ja monta kertaa käytettävien aineistojen kohdalla. Työtiedosto on normaali suorasaantitiedosto, johon muuttujat talletetaan TALT-listan mukaisessa järjestyksessä. Muilla ohjelmilla voidaan siten haluttaessa tehdä työtiedosto valmiiksi tai analysoida AKTAn tekemää työtiedostoa. Aineiston lukemiseen tarvittavat käskyt kannattaa yleensä tallentaa ohjaustiedos-

toon, jolloin aineistoa seuraavalla kerralla käsiteltäessä voidaan suoraan aloittaa analyysikäskyistä. Lähdetessä joka kerta liikkeelle alkuperäisestä havaintotiedostosta ei sotkeuduta levylle kertyviin aputiedostoihin.

Varsinaisilla suorituskäskyillä käydään normaalisti koko työtiedosto lävitse. Havaintoja voidaan hylätä HYV-muuttujan avulla. Jos havaintotiedostosta halutaan käsitellä vain tietty osa, ALKU- ja LOPP-käskyillä annetaan ensimmäinen ja viimeinen havainto. Suoritusajan kannalta ALKU- ja LOPP-käskyjen käyttö on suositeltavampaa kuin havaintojen hylkääminen HYV-muuttujan avulla.

## 5. Muunnokset

Ohjelmassa on monipuoliset muunnoksetekomahdollisuudet. Muunnokset määritellään erityisellä muunnostenmäärittelykielillä. Muunnosten määrittelyohjelma voidaan käynnistää kuudella eri käskyllä, joista kaksi käskyä koskee pelkästään fotosynteesiaineistoja. Käynnistyskäsky määrää, minkä suorituskäskyn yhteydessä kyseiset muunnokset tehdään; muunnosten määrittely sinänsä ei saa aikaan muunnosten tekoa välittömästi. Eräät muunnokset ohjelma tekee automaattisesti.

TELU-muunnokset tehdään havaintotiedostoa luettaessa. Jos HYV-muuttujalle annetaan havainnon kohdalla negatiivinen arvo, havaintoa ei viellä työtiedostoon. Jos HYV-muuttujalle annetaan arvoksi nolla, kirjoitetaan havainto edellisen havainnon päälle. Havaintotiedoston lukemsvaiheessa kannattaa aineiston myöhemmän käsittelyn nopeuttamiseksi tehdä kaikki ne muunnokset, jotka tietää etukäteen tarpeellisiksi. Jos jotain havaintotiedoston muuttujaa tarvitaan vain lukuvaiheen muunnosten teossa, sen voi jättää työtiedostosta pois.

TEKU-muunnokset tehdään aina työtiedoston havaintoja käytettäessä, piirrettäessä funktioita PIFU-käskyllä sekä kirjoitettaessa muuttujien senhetkisiä arvoja KIRXT-käskyllä. Kullekin työtiedoston havainnolle ohjelma laskee automaattisesti välittömästi TEKU-muunnoksen teon jälkeen viimeksi muodostetun regressiofunktion arvon REGF-muuttujan arvoksi ja residuaalin RESID-muuttujan arvoksi.

EHTO-muunnokset tehdään kullekin työtiedoston havainnolle TEKU-muunnosten sekä automaattisten REGF- ja RESID-muunnosten jälkeen. Siis sellaiset muunnokset joissa käytetään REGF- ja RESID-muuttujia, pitää tehdä EHTO-muunnoksiksi. Muuten voidaan aivan vapaasti hylätä havaintoja antamalla TEKU-muunnoksissa HYV-muuttujalle negatiivisiä arvoja ja toisaalta tehdä normaaleja muunnoksia EHTO-muunnoksiksi. Muunnokset pysyvät kuitenkin ohjelman käyttäjän mielessä paremmin järjestyksessä, jos hyväksymisehdot annetaan EHTO-muunnoksina

TEFU-muunnokset tehdään pelkästään piirrettäessä funktioiden kuvaajia PIFU-käskyllä tai kirjoitettaessa muuttujien arvoja KIRX-käskyllä. TEFU-muunnoksilla ja KIRX-käskyllä voidaan ohjelmaa käyttää myös taskulaskimena.

Fotosynteesiaineistoja luettaessa TEAL-muunnokset tehdään jokaisen kyvetiyksikön kohdalla. KYKO-käskyllä ilmoitetun kyvetin ja kontrollikyvetin kohdalla tehdään TEAL-muunnosten jälkeen TEUR-muunnokset, sen jälkeen automaattisesti fotosynteessin ja haihdunnan arvo ja viimeiseksi TELU-muunnokset. TEAL-muunnoksissa voidaan esimerkiksi viiveiden avulla ottaa talteen mittausarvot, jotka eivät ole synkronissa kyvetin kanssa. Urasten kalibroinnit ovat TEUR-muunnoksia. Fotosynteessin arvo lasketaan, jos FOTO- ja CO2-muuttujat on nimetty, ja haihdunta lasketaan, jos HAIH- ja H2O-muuttujat on nimetty.

Muunnosten määrittelyaliohjelma käynnistetään TELU-, TEKU-, EHTO-, TEFU-, TEAL- tai TEUR-käskyllä. Muunnokset annetaan omalla muunnosten määrittelykielellä. Yksinkertaisimmassa muunnostyyppissä ilmoitetaan, että tulos on jonkin funktion joillakin argumenteilla, esimerkiksi

$X5 = \text{LN}(X4)$  ; X5 on luonnollinen logaritmi X4:stä  
 $X7 = +(X4, X5, 3.2)$  ;  $X7 = X4 + X5 + 3.2$   
 $X8 = (4)$  ;  $X8 = 4$

Funktioiden argumentit voivat olla muuttujanimiä tai lukuja, kuten edellisessä esimerkissä, tai argumentit saadaan välittömällä yhteenlasku-, kertolasku- tai potenssioperaatioilla. Esimerkiksi

$X7 = \text{MAX}(X1 * X2, X2 * X3 ** 4, X5 + X6 * X7)$

Laskutoimitukset \*, +, ja \*\* voivat siis olla sekä varsinaisina pääoperaatioina että välittöminä operaatioina. Välittömässä operaatioissa potenssiinkorotukset lasketaan ensin, sitten kertolasku ja viimeksi yhteenlasku. Välittömässä operaatioissa ei käytetä sulkeita. Muuttujanimen edessä voi olla negatiivinen etumerkki. Esimerkiksi

$X5 = +(X4, -X3)$  ;  $X5 = X4 - X3$   
 $X6 = *(X4 + -2, X4 + 2)$  ;  $X6 = (X4 - 2) * (X4 + 2)$

Vähennyslasku hoidetaan aina yhteenlaskun ja negatiivisen etumerkin avulla. Jakaminen voidaan välittömänä operaationa suorittaa potenssiin -1 korottamisella, esim:

$X7 = +(X5 * X6 ** -1, 2 * X3)$  ;  $X7 = X5 / X6 + 2 * X3$

Sisäkkäisten sulkeiden käytön korvaamiseksi on välittömien operaatioiden lisäksi mahdollisuus peräkkäisiin laskutoimituksiin siten, että edellisen laskutoimituksen tulokseen voidaan viitata \$-merkillä ja sitä edelliseen §-merkillä (näyttöpäätteissä "ristikko"-merkki). Esimerkiksi

X7=SIN(X5) COS(X5) /(\$,\$) ;X7=SIN(X5)/COS(X5)=TAN(X5)  
X8=EXP(X4) SQRT(\$+X5)+(\$,\$) ;X8=SQRT(EXP(X4)+X5)+EXP(X4)

Laskutoimitusten suorittamista voidaan kontrolloida loogisilla lausekkeilla, joita voi olla useita peräkkäin. Esimerkiksi

HYV=IFLE(X1,3) (-1) ;Jos X1<= 3 niin HYV=-1 eli  
havainto hylätään  
X7=IFLE(X1,4,X3)ANLE(X5,X6)ARS(X7);Jos X1<=4<=X3 ja X5<=X6  
niin X7=arc sin X7  
X8=(4)NOLE(X1,7,X1)(5) ;X8=4 paitsi jos X1<=7<=X1  
(X1 ei ole 7) niin silloin  
X8=5

Muunnoksia voidaan tehdä myös silmukassa %-konstruktion avulla, esimerkiksi

%6:%X1=/(%X1,%X11) ;X1=X1/X11, X2=X2/X12,...,  
X6=X6/X16

tai

X1=(0)  
%5:X1=+(X10\*\*%1,X1) ;X1=X10\*\*1+X10\*\*2,...,X10\*\*5

Siis ensimmäisen %-merkin jälkeen ilmoitetaan miten monta kertaa silmukka suoritetaan, ja sitten kaksoispisteen jälkeen tulee muuten normaali muunnos, mutta %-merkillä ilmoitetaan minkä muuttujan kohdalla uudella kierroksella otetaan seuraava muuttuja. %1 saa arvon 1 ensimmäisellä kierroksella ja 2 seuraavalla jne. Silmukan suorituskertojen lukumäärä voi olla myös muuttuja.

Viiveet hoidetaan muunnoksella XV, jonka avulla saadaan muuttujan arvo jostakin edellisestä havainnosta tai halutulla tavalla painotettu summa edellisistä havainnoista. Esimerkiksi:

X40=XV(X30) ;X40 on edellisen havainnon X30

X41=XV(X30,6) ;X41 on 6:nneksi viimeisen havainnon X30

X42=XV(X30,0,0.1,5,1,10,0.1);X42:n arvo saadaan laskemalla painotettu keskiarvo X30:n edellisistä ja nykyisistä arvoista siten, että nykyinen X30 on mukana painolla 0.1, 5:nneksi viimeinen painolla 1.0 ja 10:nneksi viimeinen painolla 0.1 ja välillä olevien havaintojen painot saadaan lineaarisella interpoloinnilla.

Viivettä käytettäessä on huomattava, että jos käytetään 5:nneksi viimeistä havaintoa hyväksi, vasta 6. havainto antaa XV-muunnokselle aiotun arvon. Tällöin ALKU 6-käskyllä kannattaa ilmoittaa, että havaintoja aletaan käyttää vasta 6:nesta lähtien, ja NVII 5-käskyllä pitää ilmoittaa, että muunnosten laskeminen aloitetaan 5 havaintoa ennen ALKU-käs-

kyssä ilmoitettua 6:tta havaintoa, eli ensimmäisestä havainnosta lähtien. NVII-parametrin oletusarvo on 4.

Jos on esim. tehty muunnos

X40=XV(X30)

on annettava

ALKU 2

Jos on taas tehty muunnos

X40=XV(X30,10)

tarvitaan

ALKU 11

NVII 10

Yhden tai useamman muuttujan viivästettyjä havaintoarvoja mahtuu muistiin korkeintaan 80 kpl.

Joillakin funktioilla on aina kiinteä määrä argumentteja, joillakin taas mielivaltainen määrä, kuten esim funktioilla MIN ja MAX, + ja \*. Argumentittomia ovat RAN. ja NOT., esimerkiksi

X7=RAN. ;X7 saa arvokseen satunnaisluvun välillä (0,1)

X7=IFLE(X1,0) (0) NOT. (1);Jos X1<0, X7=0, muutoin X7=1

Edellinen muunnos voidaan ilmaista myös:

X7=(1) IFLE(X1,0) (0)

Muunnoksien määrittelyt talletetaan muistiin. Jos jollekin muunnosryhmälle varattu muistitila (esim. TEKU-muunnoksille) alkaa loppua, ohjelma varoittaa: DIAG. VEKTORI YLI. Varoituksen tullessa ei vahinkoa ole vielä tapahtunut, ja muistiin mahtuu mahdollisesti vielä pieni muunnos.

Ohjelma numeroi muunnokset ja ilmoittaa aina monesko muunnos on menossa. Numeroinnin avulla voidaan muunnoksia lopusta päin poistaa, tai kertaalleen poistetut voidaan palauttaa voimaan. Esim. on ensin tehty EHTO-muunnoksia seuraavasti:

SIT>EHTO

01>HYV=IFLE(X1,X3) (-1)

02>HYV=IFLE(X3,X4) (-1)

03>/

;lopetetaan muunnosten tekeminen  
kontrolli palautuu pääohjelmalle  
myös pelkkä <return> riittää

SIT>

.

.



```
SIT>EHTO
03>2 ;ohjelma pyytää 3:tta muunnosta
      ilmoitetaan, että palataan antamaan
      toista
02>/ ;palataan pääohjelmaan, toinen
      EHTO-muunnos poistettiin
```

SIT>

.

.

.

```
SIT>EHTO
02>3 ;ohjelma pyytää toista muunnosta
      siirtymällä 3:nteen muunnokseen
      palautetaan vanha 2:n ehto voimaan
03> ;palataan pääohjelmaan
```

Keskellä olevia muunnoksia voidaan muuttaa, jos uusi muunnos on muodollisesti samanmuotoinen kuin aiempi. Ensin palataan antamaan muutettava muunnos jonka jälkeen hypätään muunnoslistan loppuun.

Jos jossakin muunnoksessa käytetään parametriä, jota halutaan muunnella, kannattaa parametriksi muunnoksia tehtäessä lukuarvojen sijasta laittaa parametrimuuttuja eli muuttuja, jota ei ole tallennettu työtiedostoon ja jota ei käytetä muunnoksissa tulosmuuttujana.

Esim. halutaan katsoa millainen regressio saadaan X2:n ja eri X3:n potenssien ja vakion välille:

```
TEKU
X50=**(X3,X40) ;X50=X3**X40, X40 on nyt
                parametrimuuttuja
/
SIJ X40=1 ;sijoitetaan X40=1
REGR X2,X50,1 ;lasketaan regressioyhtälö
SIJ =2 ;sijoitetaan uusi eksponentin arvo
REGR ;lasketaan uusi regressioyhtälö
```

Havaintojen yli voidaan myös luonnollisesti summata muuttujia. Loppusummat saadaan KIRMV-käskyllä näkyviin. Esim. halutaan laskea muuttujan X1 summa:

```
TEKU
X10=IFLE(N,1) (0) ;ensimmäisen hav. kohdalla nollataan
                  summamuuttuja X10
X10=+(X10,X1)
/
KIRMV X10 ;Kirjoitetaan muuttujan X10 arvo
           viimeisen havainnon kohdalla.
```

Jos laskutoimitusta ei ole määriteltä (neliöjuuri negatiivisesta luvusta, nollalla jako), tulosmuuttujan arvoksi pistetään puuttuva tieto (1.7E37). Muuttujia voidaan nimetä vain NIMI-käskyllä; uuden muuttujanimen käyttö muunnoksen tulos-

muuttujana ei riitä muuttujan nimeämiseksi.

Jos käyttäjä haluaa tehdä ohjelmasta oman version, jossa määrittelee lisää muunnoksia, uusien muunnosten teko käy kätevimmin editoimalla funktioaliohjelmaa F1 tai F2. Aliohjelmien argumentteina on reaaliilukuvektori ARG ja argumenttien lukumäärän ilmoittava kokonaislukumuuttuja NARG, jonka arvon muunnostenmäärittelykielen tulkki laskee automaattisesti. ARG-vektorin ensimmäinen alkio ilmoittaa monennes-tako muunnoksesta on kysymys. Lisäämällä ensimmäiseen GO-TO-käskyyn osoitteita voidaan muunnoksia helposti lisätä.

Se, että TEKU-muunnokset tehdään kunkin havainnon kohdalla aina uudelleen, lisää luonnollisesti suoritusaikaa. Mutta näin muuttujille voidaan tehdä muunnoksia ilman, että tuho-taan muuttujien alkuperäiset arvot. Samoin parametrimuuttu-jien avulla saadaan yhdellä muunnoksenmäärittelyrivillä an-nettua muunnosfunktion muoto, ja vasta parametrin arvon mää-rityksellä kiinnitetään funktio tarkasti. KIRMT-käskyllä TEKU-muunnokset voidaan tehdä haluttaessa myös työtiedos-toon.

## 6. Kuvien tulostaminen

Ohjelmalla voidaan tehdä kuvia kahdella eri periaatteella. Nk. piirturikuvaa tehdään siten, että käydään läpi työtie-dostoa ja kustakin hyväksytyistä havainnosta tulostetaan ku-varivi. Korrelaatiokuvia ja frekvenssijakaumia tehtäessä kerätään koneen muistissa olevaan suorakaiteenmuotoiseen kuva-alueeseen merkkejä havainnoista, luokkakeskiarvoista, frekvensseistä tai funktioiden kuvaajista yhdellä tai useam-malla käskyllä. Muistissa oleva kuva tulostetaan erilli-sellä tulostuskäskyllä TUKU (näyttöpäätteelle TUKUN) ja ha-luttaessa kuva tyhjennetään käskyllä AKU.

Kuvien tekoa varten ohjelma säilyttää muistissa jatkuvasti kullekin muuttujalle tulostusmerkkiä sekä kuvan akselien alku ja loppuarvoa. Merkin oletusarvo on "&", joka tar-koittaa että kerätään kuvan ruutuun tulevien havaintojen lu-kumääriä. Akselien alku ja loppupisteet ilmoitetaan kul-lekin muuttujalle, tai ne saadaan muuttujan minimistä ja maksimista käyttämällä STAT-käskystä muotoa STATX.

Piirturikuvaa varten ilmoitetaan kuvan vasemmassa laidassa (formaatilla F10.4) tulostettavan muuttujan nimi X-käskyllä; oletusarvona on havainnon numero eli muuttuja N. Kuvan tu-lostus käynnistetään siten PIKU-käskyllä.  
Esimerkiksi

X AIKA

PIKU VAL01, VAL02, LÄMPÖ1, -LÄMPÖ6=V, I, A, -F=2\*(0,100), 6\*(0,30)

PIKU-käskyn jälkeen ilmoitetaan ensin piirrettävät muut-

tujat, sitten merkit ja viimeiseksi akselin päät. Merkintä A, -F tarkoittaa samaa kuin A, B, C, D, E, F. Tätä lyhennystä voidaan käyttää peräkkäisistä numeroista tai kirjaimista. Merkintä  $2*(0,100)$  tarkoittaa, että kahdelle muuttujalle käytetään samoja akseleita. Käyttämällä PIKU-käskystä muotoa PIKUP ohjelma piirtää 20:n merkin välein pisteapuviivan, mutta tulostuksen nopeuttamiseksi kullekin riville vain siihen asti kun rivillä on tulostuvia merkkejä. Käskyllä PIKUL apuviivat piirretään yhtenäisinä. Käskyllä KPIT voi kuvan pituutta säätää. Oletuksena on KPIT 121.

Muistissa olevaan kuva-alueeseen saadaan merkkejä lisättyä KUVA-, LUOK- ja PIFU-käskyllä. Kuvakäskyllä tehdään korrelaatiokuvia, LUOK-käskyllä luokkakeskiarvoja tai frekvenssijakaumakuvia ja PIFU-käskyllä piirretään funktioiden kuvaajia. Ennen kuvan tulostamista on määriteltävä X-käskyllä X-muuttuja ja X-akselin päät.

Esimerkkejä kuvan teosta:

```
AKU                ;tyhjennetään muistissa oleva kuva-alue
X PITUUS=(0,100)
KUVA PAKSUUS,KUIVAP=P,K=(0,20),(0,100) ;piirrettävät
                        muuttujat, merkit, Y-akselin
                        skaalat
TUKU                ;tulostetaan kuva
```

X-muuttujia voi KUVA-käskyä varten olla useitakin. Tällä piirteellä on käyttöä silloin, kun aineistossa on eri muuttujina saman ominaisuuden eri oloissa tapahtuneet mitaukset. Esimerkiksi jos muuttujat K1,-K5 ovat lämpötiloissa 1-5 C tapahtuneita kasvuja, kasvu saadaan piirrettyä lämpötilan suhteen seuraavasti:

```
X X51,-X55=5*(0,6) ;muuttujat X51-X55 ovat parametri-
                        muuttujia, ne eivät saa olla työ-
                        tiedostossa eikä TEKU muunnosten
                        tulosmuuttujina
SIJ X51,-X55=1,2,3,4,5
KUVA K1,-K5=5*K=(0,20)
TUKU
```

Jos kuvaan pistettävä merkki on "&", kerätään ruutuun lukumääriä. Lukumääriä tulostettaessa luvut 1-9 tulostetaan sellaisenaan, 10-19 tulostetaan A:na, 20-29 B:nä jne, 160 tai sitä suuremmat luvut tulostetaan P:na. Kun samaan ruutuun osuu kaksi merkkiä, ruutuun pistetään "&"-merkki ja jos kolme tai useampia merkkejä, niin tulostetaan "\*" -merkki. Jos samaan ruutuun tulee peräkkäin frekvenssejä ja merkkejä, ruutu nollataan ennen kuin vaihdetaan ruudun laatua.

Jos kuva tulostetaan näyttöpäätteelle TUKUN-käskyllä, yhdistetään neljä ruutua. Jos kahdessa tai useammassa ruudussa on merkkejä tai frekvenssejä, tulostetaan "\*". Jotta kuva näkyisi kokonaisena kuvaputkella, ohjelma keskeyttää tulostuksen ennen x-akselin tulostusta. Tulostus jatkuu RETURN-

näppäintä painamalla. Muistissa oleva kuva säilyy kokonaisuena ja voidaan sitten haluttaessa tulostaa tiedostoon tai leveälle päätteelle TUKU-käskyllä.

Kuvaan tulevat merkit voidaan määrätä myös jonkin kolmannen, luokittelevan, muuttujan arvon perusteella. Luokitteleva muuttuja ilmoitetaan Z-käskyllä. Esimerkiksi

Z LAMPO=(0,10) ;alaraja on 0 ja yläraja 10

Tulostettava merkki määräytyy siten, että Z-muuttujan alaja ylärajan väli jaetaan ZLUO-parametrin ilmoittamaan määrään luokkia (oletus ZLUO 10) ja luokkien merkit ovat 0,1,...9,A,...Y,a,b...y. Z-muuttuja poistetaan käskyllä

Z -

Luokkakeskiarvot X-muuttujan eri luokissa saadaan LUOK-käskyllä. X-muuttujan luokan leveyteen voidaan vaikuttaa kahdella tavalla:

- 1) LVAL-parametrillä ilmoitetaan luokkaväli eli yhden luokan leveys X-muuttujan arvoina ilmaistuna (oletus LVAL 0).
- 2) LPIT-parametrillä taas ilmoitetaan montako merkkiä on luokan leveys (oletus LPIT 10)

Jos LVAL-parametrillä on oletusarvon mukaisesti arvona nolla, luokkaväli lasketaan X-muuttujan ylärajasta, LPIT-parametristä ja yhden kuvarivin pituuden määräävästä KPIT-parametristä. Jos taas LVAL-parametrille on annettu nollasta poikkeava arvo, X-muuttujan yläraja lasketaan LVAL-, LPIT- ja KPIT-parametreistä.

LUOK-käskyllä saadaan kuvaan Y-muuttujista luokkakeskiarvojen lisäksi myös samalla merkillä luokkakeskiarvojen molemmiin puolin keskihajonnat. Hyväksytyjen havaintojen määrän lisäksi tulostetaan aina X-muuttujan keskiarvo, hajonta, mediaani ja kvartiilit. Lisäksi tulostetaan normaalisti luokittain X-muuttujan numeeriset keskiarvot, havaintojen lukumäärät absoluuttisesti ja prosentteina sekä Y-muuttujan keskiarvot ja keskihajonnat. Jos käytetään LUOK-käskystä muotoa LUOKU, nämä numeeriset tulostukset jäävät pois, ja jos käytetään muotoa LUOKI, tulostus tapahtuu pelkästään numeerisesti. Esimerkiksi

X X10=(0,40)  
LPIT 5 ;luokan pituus 5 merkkiä  
LVAL 10 ;luokkaväli 10  
LUOK X20=V=(0,400) ;luokkakeskiarvot kuvaan  
TUKU

Jos LUOK-muuttujaksi on ilmoitettu vakiomuuttuja 1, lasketaan pelkästään X-muuttujan luokkafrekvenssejä ja tulostetaan ne annetulla merkillä pylväsdigrammeina. Jos LUOK-muuttujaksi on ilmoitettu N, lasketaan kumulatiivisia frek-

venssejä. Diagrammit tulostetaan normaalisti prosenttiasteikolla, mutta käyttämällä LUOK-käskystä muotoa LUOKA saadaan frekvenssidiagrammit absoluuttiasteikolla. Muuttujien 1 ja N ylärajojen oletusarvoina on 50% ja 100%.

Esimerkiksi

```
AKU ;tyhjennetään kuva
X X10=(0,110)
LUOK 1=* ;pistetään kuvaan frekvenssejä (%-asteikko)
TUKU ;tulostetaan diagrammi
AKU
LUOKA N=+=(0,500) ;kuvaan kumulatiivinen frekvenssi-
diagrammi (absoluuttinen asteikko)
```

Muuttujien minimi ja maksimi saadaan kuvanteon yhteydessä akselien rajoiksi antamalla STAT-käsky muodossa STATX. Jos samaa kuvaa tehtäessä on käytetty useampia y-akseleita, tulostetaan ne kaikki y-akselin viereen. Kuvaa tulkittaessa kaikki luvut kuuluvat alimman luvun kohdalle.

Piirrettäessä funktioita PIFU-käskyllä X-muuttujaa askelletaan alarajasta ylärajaan ja kullakin X-muuttujan arvolla lasketaan ensin TEKU-muunnokset, sitten REGF-muuttujan arvo ja TEFU-muunnokset ja lopuksi kuvaan pistetään PIFU-muuttuja. X-muuttujan askelkoon määrää FSTEP-parametri, jonka oletusarvona on 5 merkkiä. Jos PIFU-käsky annetaan muodossa PIFUX otetaan PIFU-muuttujan akselien rajoiksi viimeksi annetun KUVA-muuttujan rajat. Piirrettäessä kahden argumentin funktion korkeuskäyriä määritellään funktio Z-muuttujaksi. Tällöin Y-akseli ilmoitetaan PIFU-käskyssä. Koko XY-taso askelletaan lävitse ja kuhunkin pisteeseen tuleva merkki määräytyy Z-muuttujan avulla.

## 7. Regressiomallit

Lineaarisen regression laskemiseen käytetään REGR ja LIPO-käskyjä. REGR-käskyllä ilmoitetaan ensin selitettävä muuttuja ja sitten selittäjät heti perään. LIPO-käskyllä muutetaan REGR-käskyssä ilmoitettujen selittäjien asemaa, mallissa mukana oleva selittäjä poistetaan ja mallista poistettuja palautetaan malliin. Jos selitettävän tai jonkin selittäjän arvona on puuttuva tieto (1.7E37), havainto hylätään.

Kustakin regressioyhtälöstä tulostetaan regressiokertoimet, selittäjäkohtaiset F-arvot, varsinaisten selittäjien kokonaisregression F-arvo, vapausasteet ja selitysaste sekä keskivirhe. Mallista poistetun selittäjän regressiokerroin tulostetaan nollassa. Selittäjäkohtainen F-arvo saadaan laskeamalla jäännösneliösumman muutos kun kyseisen muuttujan asema vaihtuu muiden pysyessä ennallaan. Kokonaisregression F-arvo saadaan jäännösneliösumman muutoksesta, kun kaikki var-

sinaiset mallissa olevat selittäjät lisätään kerralla mallissa mahdollisesti mukana olevan vakion jälkeen malliin. Jos REGR-käsky annetaan muodossa REGRV tai LIPO-käsky muodossa LIPOV, tulostetaan myös regressiokerrointen kovarianssimatriisi.

Selitysaste lasketaan kaavalla

$$1 - (\text{SSE}/\text{df})/\text{Var } y$$

jossa

SSE = jäännösneliösumma

df = mallin vapausasteet

Var y = selitettävän muuttujan varianssi.

Koska varianssia laskettaessa lasketaan poikkeama keskiarvon suhteen ja jäännösneliösummaa laskettaessa ei residuaalien keskiarvoa oteta huomioon, selitysaste voi olla negatiivinen, silloin kun residuaalien summa ei ole nolla eli kun vakio ei ole mallissa mukana. Koska vapausasteiden menetys otetaan selitysasteen laskemisessa huomioon, selitysaste voi olla negatiivinen myös silloin kun malli ei selitä mitään.

LIPO-käskyä käytettäessä tulostetaan myös kaikkien mallista poistettujen muuttujien yhdistetty F-arvo. Käytettäessä muotoa "LIPOK muuttujalista" tulostetaan kaikkien muuttujalistan muuttujia yhdistelemällä saatavien mallien selitysaste ja poistettujen muuttujien yhdistetty F-arvo. Jos muuttujalista on tyhjä (LIPOK -) tulostetaan kaikki mahdolliset alkuperäisistä selittäjistä saatavat regressiomallit. Kaikki mahdolliset regressiot lasketaan Garsiden menetelmällä, jossa seuraava malli saadaan edellisestä muuttamalla ainoastaan yhden selittäjän asemaa mallissa (kts. Kennedy & Gentle 1980). Voimassaolevaksi malliksi jää viimeinen tulostettu malli. Käskyllä "LIPO -" saadaan tulostettua voimassaolevan mallin regressiokertoimet ym. tiedot.

F-arvojen avulla voidaan mallista poistaa muuttujia yksi kerrallaan tai voidaan poistaa ensin kaikki muuttujat ja lisätä sitten muuttujia malliin yksitellen, tai sitten voidaan käyttää mitä tahansa strategiaa. Regressiokerrointen kovarianssimatriisin avulla voidaan myös mallista vähentää keskenään korreloivia selittäjiä. Vertailtaessa useita vaihtoehtoisia regressiomalleja tulee tietenkin muistaa, ettei tulostettuja F-arvoja voida perustellusti käyttää F-testin tekemiseen F-taulukoiden merkitsevyytasolla. Haluttu muuttuja saadaan painomuuttujaksi antamalla tälle nimeksi RWEIGHT.

Epälineaarisisessa regressio-ongelmassa on regressiofunktiossa mukana estimoitavia parametrejä, joiden suhteen funktio ei ole lineaarinen. Yksinkertaiset tapaukset voidaan hoitaa myös kokeilemalla. Esimerkiksi kokeillaan, mikä pituuden potenssi selittää parhaiten rungon tilavuutta:

TEKU

X50=\*(PITUUS,X40)

```
/
SIJ X40=2           ;kokeillaan potenssia 2
REGR TILAVUUS, X50
SIJ =2.5           ;kokeillaan potenssia 2.5
.
.
.
```

Epälineaaristen mallien parametrien estimointi on ohjelmassa mahdollista Gauss-Newton- tai hilamenetelmällä. Gauss-Newton-menetelmää käytettäessä ilmoitetaan ensin PARA-käskyllä parametrimuuttujat ja haluttaessa niiden analyyttisten derivaattojen nimet. GEST-käskyllä ilmoitetaan sitten selitettävä muuttuja ja TEKU:lla tehty mallimuuttuja sekä montako kierrosta estimointia pyöritetään. PARA-käskyn yleinen muoto on seuraava:

```
PARA paramlistal, paramlista2, l, derivlista=rajalista
```

jossa paramlistal ilmoittaa ne parametrit, joiden suhteen analyttiset derivaatat on laskettu TEKU-muunnoksilla, paramlista2 ilmoittaa ne parametrit, joiden suhteen funktion derivaatat on laskettava numeerisesti ja derivlista ilmoittaa derivaattamuuttujien nimet. Rajalistalla ilmoitetaan parametrien ala- ja ylärajat. Rajojen avulla skaalataan numeerisessa derivoinnissa askeltamista, eivätkä ne rajoja etsintää. Rajat annetaan parametrien mukaisessa järjestyksessä, joten rajat on annettava myös analyttiset derivaatat omaaville parametreille, vaikkei niitä laskennassa hyödynnetä. Numeerinen derivointi perustuu funktion arvottamiseen kolmessa eri pisteessä, jolloin toisen asteen polynomille saadaan laskentatarkkuuden rajoissa tarkat derivaatat. Parametrin askelen koko on yksi prosentti ylä- ja alarajan erosta.

Esimerkki rectangular hyperbolan käyrän parametrien estimoinnista:

```
TEKU
Y=/(A*Y0,1+A*X)   ;Y= A*Y0/(1+A*X)
DERY0=/(A,1+A*X) ;DERY0 on Y:n derivaatta Y0:n suhteen
/
PARA Y0,A,1,DERY0=(,),(0,1) ;Y0:n rajat voidaan sivuuttaa
GEST NOPEUS,Y=9       ;NOPEUS-muuttujaa selitetään hyperbolalla
                      estimointia suoritetaan 9 kierrosta
```

Jos Y:n derivaattaa Y0:n suhteen ei käytetä, estimointi tapahtuu seuraavasti:

```
PARA Y0,A=(0,100),(0,1)
GEST NOPEUS,Y=5       ;estimointia 5 kierrosta
```

Jos myös Y:n derivaatta A:n suhteen on laskettu TEKU-muunnoksissa muuttujan DERA arvoksi, estimointikäskyt ovat:

```
PARA Y0,A,1,DERY0,DERA ;rajoja ei nyt tarvita
```

GEST NOPEUS, Y=5

Jos estimointia halutaan jatkaa samoilla asetuksilla riittää jatkossa pelkkä GEST-käsky. Normaalisti tulostetaan parametrien arvot, mallin selityssaste, vapausasteet ja keskineliö. Jos GEST-käsky annetaan muodossa GESTV tulostetaan myös Jacobin matriisin avulla estimoitu parametriestimaattien kovarianssimatriisi. Kovarianssimatriisin ja keskineliövirheen avulla voidaan testata erilaisia malleja koskevia hypoteeseja (kts. esim Gallant 1975 tai Kennedy & Gentle 1980).

Hilamenetelmässä käydään systemaattisesti lävitse parametrien kombinaatioita. Parametrit ja niiden vaihteluväli ilmoitetaan ensin PARA-käskyllä, ja sitten HEST-käskyllä ilmoitetaan selitettävä muuttuja, selittäjäfunktion arvon sisältävä muuttuja ja kuinka monta kombinaatiota käydään lävitse, esimerkiksi

TEKU

X40 = \*(X10\*\*X31, X11\*\*X32)

/

PARA X31, X32 =2\*(0.5, 1)

HEST X40, X30 =200 ;etsitään millä parametrien  
X31 ja X32 arvoilla funktio  
(X10\*\*X31)\*(X11\*X32) selittää  
parhaiten muuttujaa X30

Kombinaatioiden lukumäärän oletusarvo on parametrien lukumäärä korotettuna potenssiin 2 eli kustakin parametrystä kokeillaan vain ala ja ylärajaa. Jos parametrejä on k kappaletta ja kustakin parametrystä halutaan kokeilla n:ää eri arvoa, kokeiltavia kombinaatioita saadaan n\*\*k kappaletta. Kombinaatioiden maksimimäärä on 550.

Parametrikombinaatioista tulostetaan päätteelle huonoimman keskivirheen antavat kombinaatiot keskivirheineen sekä kaikki ne kombinaatiot joissa keskivirhe on pienempi kuin parhaan ja huonoimman keskivirheen painotettu keskiarvo, jossa parhaan paino on 3 ja huonoimman 1. Jos tulostus on TUL-käskyllä ohjattu tiedostoon, tulostetaan kaikki parametrikombinaatiot keskivirheineen tulostustiedostoon formaatilla (10G13.5). Hilaestimointia kannattaa käyttää vain silloin, kun etsitään parametrien suuruusluokkaa.



## 8. Tilastolliset tunnusluvut

STAT-käskyllä lasketaan muuttujien keskiarvot, keskihajonnat, minimi ja maksimit. Puuttuvat muuttujan arvot (muuttujan arvo 1.7E37) eivät johda koko havainnon hylkäämiseen, vaan kullekin muuttujalle lasketaan omat tunnusluvut. Jos jollakin muuttujalla on puuttuvia arvoja, tulostuksesta ilmenee montako havaintoa tunnuslukujen laskentaan on käytetty. Käskymuodolla STATM tunnuslukujen laskemisen jälkeen korvataan työtiedostomuuttujien puuttuvat havainnot keskiarvoilla.

TAUL-käskyllä tehdään yhden tai kahden luokittelijan suhteen taulukoita keskiarvoista, hajonnoista ja lukumääristä. Ensin ilmoitetaan X-käskyllä vaakasuora luokittelija rajoi-neen ja Z-käskyllä mahdollinen pystyrivin luokittelija rajoi-neen. Luokittelijat voivat saada vain peräkkäisiä kokoi-naislukuarvoja. BLCK-muunnoksella voidaan luokittelijat tarvittaessa muuttaa peräkkäisiksi kokonaisluvuiksi. Jos taulukoitavaksi on ilmoitettu vakiomuuttuja 1, taulukoidaan vain lukumäärät. Taulukoissa on laskettuna myös rivi- ja sarakesummat. Jos yhden luokittelijan tapauksessa jokai-nessa luokassa on yhtä monta havaintoa tai kahden luokitte-lijan tapauksessa jokaisessa luokassa on havaintoja, tulos-tetaan myös varianssianalyysitaulu. Jos kaksisuuntaisessa taulukossa jokaisessa ruudussa on yhtä monta havaintoa, las-ketaan F-arvo käyttäen virheterminä sekä rivi- ja sarakete-kijän interaktiota että ruutujen sisäistä varianssia. Si-säistä varianssia käyttävää F-arvoa voidaan käyttää testauk-seen ainoastaan silloin, kun ruudun havainnot edustavat riippumattomia toistoja. Jos ruuduissa on eri määrä havai-toja, varianssianalyysi lasketaan ruutukeskiarvoja käyttäen, virheterminä on tällöin luonnollisesti rivi- ja sarakete-kijän interaktio.

Jos TAUL-käsky annetaan muodossa TAULM korvataan työtiedos-tomuuttujien puuttuvat tiedot ruutujen keskiarvoilla.

Esimerkki:

```
X KÄSIT=(1,6)
Z TOISTO=(1,4)
TAUL PITUUS,PAKSUUS,PAINO
TEKU
X20=BLCK(PITUUS,0,2,4,6,8,10)
X21=BLCK(PAKSUUS,0,4,8,12,20)
```

/

```
X X20=(1,5)
```

```
Z X21=(1,4)
```

```
TAUL 1 ;Taulukoidaan lukumäärät pituus-paksuus- luokissa.
```

Käskyllä CORR lasketaan korrelaatiokertoimia. Jos CORR-muuttujalistassa ei ole vakiomuuttujaa (1) lasketaan nor-maali alakolmiokorrelaatiomatriisi, jossa on mukana kaikki ristikorrelaatiot. Jos taas muuttuja 1 on mukana lasketaan

sellainen suorakaidekorrelaatiomatriisi, jossa ennen vakiota 1 olevat muuttujat ovat pystyrivimuuttujina ja 1:n jälkeiset rivit vaakarivimuuttujina. Tällä suorakaidekonstruktiolla saadaan useassa osassa laskettua ja luettavasti tulostettua sellaiset korrelaatiomatriisit, jotka muuten muistirajoitusten vuoksi jäisivät laskematta. Tällä konstruktiolla voidaan myös välttää turhien korrelaatioiden laskenta.

Jos CORR-käsky annetaan muodossa CORRP lasketaan myös korrelaatiomatriisin ominaisarvot ja ominaisvektorit. Jos CORR-käsky annetaan muodossa CORRV korrelaatiomatriisin lisäksi tulostetaan kovarianssimatriisi. Käskyllä CORRW lasketaan lisäksi kovarianssimatriisin ominaisarvot ja ominaisvektorit. Jos muuttujien mittaluvut ovat mielekkäästi vertailtavissa eli perustuvat yhteiseen mittayksikköön ominaisvektorit (pääkomponentit) kannattaa laskea kovarianssimatriisista, muutoin korrelaatiomatriisista. Ominaisarvojen ja -vektorien laskennassa suorakaiteen muotoiset matriisit eivät tietenkään ole luvallisia. Ominaisarvojen ja -vektoreiden käyttöä pääkomponenttianalyysissä on kuvannut esim. Morrison (1976).

CORR-muuttujalistassa saa olla korkeintaan 50 muuttujaa ja laskettavia korrelaatioita korkeintaan 400 kpl. Ominaisarvoja ja -vektoreita laskettaessa muuttujia saa olla korkeintaan 17 kpl. Jos yhdelläkin muuttujalistalla muuttujalla on arvona puuttuva tieto, koko havainto hylätään. Niiden muuttujien nimet tulostetaan, jotka aiheuttavat havaintojen hylkäämisiä. Poistamalla nämä muuttujat muuttujalistasta saadaan mukaan enemmän havaintoja. TAULM tai STATM käskyillä saadaan puuttuvat tiedot myös korvattua keskiarvoilla. Jos muuttuja on vakio, muuttujaa koskevat korrelaatiot tulostetaan lukuna 9.99.

Kuvien tulostamista käsittelevässä luvussa 6. on kuvattu LUOK-käsky, jolla saadaan tulostettua mediaanit, kvartiilit ja keskiarvot.

Esimerkkejä:

```
STAT X1,-X10
STATX X5,-X12 ;ala- ja ylärajat tallennetaan
                kuvantekoa varten
STATM X20,-X25 ;puuttuvat tiedot korvataan
                keskiarvoilla
CORR X1,-X10 ;normaali korrelaatiomatriisi
CORRP X1,-X10 ;lisäksi ominaisarvot ja -vektorit
CORRV X1,-X10 ;korrelaatiomatriisin lisäksi
                kovarianssit
CORRW X10,-X20 ;korrelaatio- ja kovarianssimatriisi
                sekä kovarianssimatriisista lasketut
                ominaisarvot ja -vektorit
CORR X1,-X10,1,X20,-X25;X1,-X10 pystyrivimuuttujina
                X20,-X25 vaakarivimuuttujina
```

## 9. Tulostus

Oletusarvona on, että kaikki tulostus tulee päätteelle. TUL-käskyllä tulostusta voidaan ohjata myös tiedostoon, toiselle päätteelle tai rivikirjoittimelle. Tiedostoon tulostus voidaan myös keskeyttää välillä ja jatkaa myöhemmin samaan tiedostoon. Esimerkiksi

```
TUL TULOSTUS.LST ;tulostus tiedostoon TULOSTUS.LST
TUL ;tulostus takaisin päätteelle
TUL + ;tulostusta jatketaan tiedostoon
TUL LP: ;tiedosto TULOSTUS.LST suljetaan ja
tulostusta jatketaan rivikirjoittimelle
TUL DL:TUL2.LST ;tulostus levyille DL: tiedostoon
TUL2.LST. Levy DL: on mainittava,
vaikka se olisi oletuslevy, sillä
TUL LP:-käskyllä vaihdettiin
tulostuslaitetta.
```

Eräät käskyt ovat luonteeltaan tulostuskäskyjä:

```
TUKU ;tulostaa muistissa olevan kuvan
TUKU/ ;vaihdetaan ensin sivua ja sitten
tulostetaan kuva
KIRM X1,-X40 ;tulostaa muuttujien X1,-X40 arvot
kaikista havainnoista
KIRMT X1,-X40 ;kirjoitetaan muuttujat X1,-X40
työtiedostoon
KIRMV X1,-X40 ;tulostaa muuttujien arvot viimeisestä
havainnosta, kaikki havainnot käydään
silti lävitse.
OFOR (10F4.1) ;määrittelee KIRM- ja KIRX-käskyille
tulostusformaatin (oletus 10G12.5)
KIRX X1,-X5, ;Kirjoittaa muuttujien X1,-X5 ja
REGF senhetkiset arvot.
KIRXK ;kuten KIRX, mutta muuttujien arvojen
lisäksi kirjoitetaan kuvanteossa
käytettävät merkit ja akselien rajat.
KIRXF ;tulostetaan havaintotiedoston nimi,
lukuformaatti, tulostusformaatti,
havaintotiedostosta luettavat
muuttujat sekä työtiedostoon
tallennettavat muuttujat.
KIRXT ;Kuten KIRX, mutta ensin tehdään TEKU-
muunnokset, lasketaan regressiofunktion
arvo ja tehdään TEFU-muunnokset.
TEXT Käsit. 3 ;Tulostetaan tulostustiedostoon tekstiä
TEXT /Käsit. ;tulostetaan tulostustiedostoon sivun-
vaihtomerkki ja sen jälkeen tekstiä.
```

Mikäli tulostus on ohjattu TUL-käskyllä tiedostoon, tulostavat TUKU, KIRM, ja TEXT-käskyt pelkästään tulostustiedostoon. Sensijaan käskyt REGR, STAT, CORR, KIRX, KIRXT ja TAUL tulostavat tulostustiedoston lisäksi päätteelle.

Jos halutaan KIRM-käskyllä tulostaa havainnot binäärimuodossa tiedostoon, annetaan ensin OFOR-käskyllä tulostusformaattiksi B ja sitten TUL-käskyllä avataan binäärinen tulostustiedosto. Binääritulostuksen loputtua tulostusformaatti on syytä heti muuttaa tavalliseksi Fortran-formaatiksi sekä kääntää tulostus päätteelle tai uuteen tulostustiedostoon, sillä binääritiedostoon ei voi kirjoittaa merkkimuotoista tietoa.

TEXT-käskyllä voidaan myös ohjelman sisältä käsin laatia ohjaustiedosto. PDP:llä on kuitenkin kätevämpää keskeyttää suoritus PAUS-käskyllä ja käyttää editoria.

Parametrien ALKU, LOPP, FSTE, NVII, KPIT, KKOR, LPIT, NTAL, ZLUO, KYKO ja LVAL voimassaolevat arvot saadaan antamalla kyseiset käskyt ilman parametrien arvoja.

Ohjelma on yritetty laatia niin, etteivät virhetilanteet katkaise ohjelman suoritusta. Ennakoitavista virhetilanteista, kuten tiedostojen avaamiseen tai lukemiseen tai muunnosten määrittelyyn liittyvistä virheistä tulostetaan selväkielinen ilmoitus. Jos käskyä ei voida toteuttaa siksi, että kokorajoitukset yritetään ylittää tai kaikkia käskyn suorituksessa tarvittavia parametreja ei ole määritetty, palataan pääohjelmaan ilman virheilmoituksia. Näin käy esim. silloin kun CORR- ja REGR-käskyjä ensimmäistä kertaa annettaessa ei ilmoiteta tarvittavaa muuttujalista, tai silloin kun parametreja estimoidaan GEST-käskyllä, eikä parametreja ole ilmoitettu PARA-käskyllä. Kokorajoitusten testaus ei ole aukoton, joten on mahdollista, että data-alueet pääsevät sotkeutumaan. Tällöin ohjelma saattaa toimia perin kummallisesti.

## 10. Ohjaustiedosto

Ohjaukset voidaan lukea missä vaiheessa ohjelman suoritusta tahansa ohjaustiedostosta. Ohjaustiedoston loputtua ohjaus palautuu päätteelle. Samalla kun käskyt luetaan tiedostosta, ne myös kirjoitetaan päätteelle.

Käskyjen luku ohjaustiedostosta käynnistetään OHJ-käskyllä:

```
OHJ OHJAUS.OHJ ;ohjaukset tiedostossa OHJAUS.OHJ
```

Jos on mahdollista, että aineisto joudutaan käsittelemään useampia kertoja, ainakin FORM, TIED, NIMI, TALT ja TELU-käskyt kannattaa sijoittaa ohjaustiedostoon. Ohjaustiedostot ovat myös käteviä, kun jotkut operaatiot halutaan

suorittaa silmukassa.

Ohjaustiedostossa olevalla LOOP-käskyllä ilmoitetaan montako kertaa END-käskyyn päättyvä silmukka suoritetaan. Jos jollakin käskyrivillä halutaan kullakin kierroksella suorittaa eri käsky, laitetaan suoritettavat käskyt %-merkein erotettuna samalle riville. Tällöin i:nnellä kierroksella suoritetaan i:nnen %-merkin jälkeinen käsky. Tällaisia %-käskyrivejä voi olla mielivaltaisen määrä. Silmukan sisällä ei saa antaa kuitenkaan muunnosten määrittelykäskyjä.

Esimerkki: Halutaan muuttujien X1 ja X2 välinen regressio toistoittain:

```
EHTO
HYV=NOLE(X10,TOISTO,X10) (-1)
/
LOOP 4
%SIJ X10=1%SIJ =2%SIJ =3%SIJ =4
REGR X1,X2,1
END
```

Jos ohjaustiedoston rivi alkaa kysymysmerkillä, kyseinen rivi tulostetaan päätteelle ja seuraava käsky luetaan päätteeltä. Jos esimerkiksi useammassa tiedostossa pätevät samat lukemiseen liittyvät käskyt, voidaan tehdä vain yksi ohjaustiedosto, johon pistetään rivi:

? ANNA TIEDOSTO!

Ohjelman suorituksen saavuttua tälle kohtaa annetaan päätteeltä käsky:

TIED HAV.DAT

jossa HAV.DAT on tällä kertaa analysoitava tiedosto. Jos ohjaustiedostossa tai kysymysmerkillä alkavalla rivillä päätteeltä kohdataan käsky ULOS, suljetaan ohjaustiedosto ja palataan lukemaan käskyt päätteeltä. Tätä käskyä voidaan käyttää lähinnä silloin kun ennen LUET-käskyä ohjaustiedostossa on kysymysmerkillä alkava rivi. Jos ohjaustiedoston aikaisemmissa käskyissä on ollut virheitä voidaan pitkän tiedoston lukeminen tai ohjelman aborttoiminen estää poistamalla ULOS-käskyllä ohjaustiedostosta.

## 11. Muunnokset

Muunnosten argumentteina voi olla muuttujia, numeerisia vakioita tai näistä välittömällä operaatioilla saatuja lausekeita. Numeeriset vakiot alkavat miinusmerkillä tai numerolla (ei siis desimaalipisteellä).

## VÄLITTÖMÄT OPERAATIOT

Välittömät operaatiot suoritetaan aina ensin. Välittömiä operaatiota ovat yhteenlasku (+), kertolasku (\*) ja potenssiin korotus (\*\*). Potenssiin korotus suoritetaan ensin, sitten kertolasku ja viimeksi yhteenlasku. Miinusmerkki on ainoastaan etumerkki. Muiden laskutoimitusten kannalta peruslaskutoimituksilla saatu lauseke on yksi argumentti. Seuraavassa muunnosluettelossa merkintä  $X_1, X_2, \dots, X_N$  tarkoittaa, että argumentteja voi olla valinnainen määrä.

## PERUSLASKUTOIMITUKSET

(X);sijoitus  
+ +(X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, ..., X<sub>N</sub>);yhteenlasku  
\* \*(X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, ..., X<sub>N</sub>);kertolasku  
\*\* \*(X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>);potenssiin korotus, X<sub>1</sub> on positiivinen  
/ /(X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>);jakolasku

## MUUT MUUNNOKSET

ABS ABS(X);X:n itseisarvo  
AMOD AMOD(X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>);jakojäännös, kun X<sub>1</sub>/X<sub>2</sub>  
ARS ARS(X);arcussini neliöjuuri X:stä, X:n suht. osuutena, tulos radiaaneina  
ATAN ATAN(X);arcustangentti X:stä  
BLCK BLCK(X, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, ..., R<sub>N</sub>);Jos R<sub>i</sub> ≤ X < R<sub>(i+1)</sub> tulos on i; jos X < R<sub>1</sub> tai X > R<sub>N</sub> tulos on 1.7E37 (puuttuva tieto), siis tulos on N vain jos X = R<sub>N</sub>.  
COS COS(X);cos(X), X radiaaneina  
EXP EXP(X);e korotettuna potenssiin X  
F1 F1(1, X<sub>1</sub>, MEAN, SD);normaalijakauman kertymäfunktion arvo pisteessä X<sub>1</sub> kun odotusarvo on MEAN ja hajonta SD.  
F1 F1(2, X<sub>1</sub>, AR, YR, A, B,);betajakauman  $f(X) = C \cdot (X - AR)^{A-1} \cdot (YR - X)^{B-1}$  kertymäfunktion arvo pisteessä X.  
F1 F1(3, D, D6, H);männyn rungon tilavuus (litroina) Laasasenahon (1982) kuutioimis-yhtälön mukaan.

D on rinnankorkeusläpimitta (cm), D6 läpimitta 6 m:n korkeudella ja H on puun pituus (m).

- F1 F1(4, D, D6, H);kuusen tilavuus
- F1 F1(5, D, D6, H);koivun tilavuus
- F2 F2 (1, KK, PV, T, MIN);muunnetaan kalenteriaika desimaalipäiviksi vuoden alusta, tunnit ja minuutit voivat puuttua.
- F2 F2(2,X);muunnetaan desimaalipäivä luvuksi KKPV.TTMI eli luvuksi, jossa sataluvut ilmoittavat kuukauden, ykköset päivän, sadasosat tunnin ja 10.000:s osat minuutit.
- FOTO FOTO (CO2, KYVETTI, KONTROL);fotosynteesi aineistoja luettaessa saadaan fotosynteesinä arvo muustakin kuin varsinaisesta luettavana olevasta kyvetistä.
- HAIH HAIH (H2, KYVETTI, KONTROL);fotosynteesi-aineistoja laskettaessa saadaan haihdunnan arvo.
- INT INT (X);X:n kokonaisosa
- LN LN (X);luonnollinen logaritmi X:stä
- LG LG (X);10-kant. logaritmi X:stä
- MAX MAX (X1, X2,...,XN);suurin luvusta X1,...,XN
- MIN MIN (X1, X2,...,XN);pienin luvusta X1,...,XN
- PISU PISU (X, X1, Y1,...,XN, YN);Pisteiden Xi, Yi kautta kulkevan paloittain lineaarisen funktion arvo pisteessä X.
- RAN. RAN.;satunnaisluku välillä (0,1)
- SIN SIN (X); sin (X); X radiaaneina
- SPLI SPLI(X,X1,Y1,...,Xn,Yn) ;Pisteiden Xi, Yi kautta kulkevan kuutiosplinin arvo pisteessä X. PDP:ssä voidaan käyttää vain KIRM-käskyn avulla.
- SQRT SQRT (X);neliöjuuri X:stä,neg. luvun neliöjuuri on 1.7E37
- TANH TANH (X); tanh X:stä
- XV XV (X, VIIIVE1, PAINO1,...,VIIIVEN, PAINON) Painotettu summa edellisistä havainnoista i:nen viiveen ja i+1:nen viiveen välillä

paino saadaan interpoloimalla  $i$ :nnestä ja  $i+1$  painosta. VIIIVel:n arvo 0 tarkoittaa nykyistä havaintoa.

VAIH VAIH (X); tulos saa muuttujan X arvon  
ja X saa tulosmuuttujan arvon.

#### LOGISET EHDOT

Jos ehto on tosi, seuraava varsinainen laskutoimitus suoritetaan.

ANLE ANLE (X1,...,XN); edellinen ehto on tosi ja  $X1 < X2 < \dots < XN$

IFLE IFLE(X1,...,XN); ehto on tosi jos  $X1 <= \dots <= XN$

IFLT IFLT(X1,...,XN); ehto on tosi jos  $X1 < \dots < XN$

NOLE NOLE(X1,...,XN); ehto on tosi jos ei päde  $X1 <= \dots <= XN$

NOT. ; ehto on tosi jos edellinen ehto on epätosi

ORLE ORLE(X1,...,XN); edellinen ehto on tosi tai  $X1 <= \dots <= XN$

ORLT ORLT(X1,...,XN); edellinen ehto on tosi tai  $X1 < \dots < XN$

#### 12. Käskyluettelo

Seuraavassa käskyluettelossa N tarkoittaa kokonaislukuarvoa. Muuttujalista on esim X1, -X10, X20, X31. Merkkilista on esim. +, 4\*\$, A, -R; kerroin ilmoittaa monellako muuttujalla käytetään samaa merkkiä. Rajalista on esim. (0, 100), 2\*(0, 10); (0, 5), jossa ensimmäinen luku tarkoittaa alarajaa ja viimeinen ylärajaa ja sulkeiden edessä voi olla kerroin. Arvolista on esim. 3.5, 4\*2.8.

#### K Ä S K Y T

##### ALKU N

Havainnot hyväksytään N:nnestä havainnosta alkaen. Muunnosten teko aloitetaan NVII havaintoa aikaisemmin. Työtiedoston läpikäynti nopeampaa kuin hylättäessä HYV-muuttujan avulla havaintoja.

##### AKU

Tyhjennetään muistissa oleva kuva

##### ALA N



- a) jätetään vanhasta työtiedostosta N ensimmäistä havaintoa jäljelle. Oletus  $N=0$ .  
b) otettaessa vanha työtiedosto käyttöön UNS-käskyllä ilmoitetaan, että työtiedostossa on N havaintoa.

CORR muuttujalista  
Tehdään korrelaatiomatriisi. Jos vakiomuuttuja on mukana, sitä edeltävät muuttujat ovat pystyriivimuuttujia ja sen jälkeiset vaakarivimuuttujia

CORRP Korrelaatiomatriisiin lisäksi tulostetaan ominaisarvot ja -vektorit.

CORRV Korrelaatiomatriisiin lisäksi tulostetaan kovarianssimatriisi.

CORRW Korrelaatio- ja kovarianssimatriisiin lisäksi tulostetaan kovarianssimatriisiin ominaisarvot ja -vektorit.

HEST muuttujal, muuttuja2=N  
Hilaetsinnällä (= käymällä systemaattisesti kaikki kombinaatiot lävitse) haetaan PARA-käskyllä määriteltujen parametrien arvot, joilla muuttujal:n ja muuttuja2:n erotuksen neliösumma on pienin. Kustakin parametrystä kokeillaan ylärajaa ja alarajaa ja välillä olevia arvoja niin monta kuin N sallii.  $N:n$  oletusarvona on parametrien lukumäärä potenssiin 2, eli kokeillaan vain ylä- ja alarajaa. Jos tulostiedosto on määriteltä, sinne tulostetaan kaikki parametrikombinaatiot ja kutakin vastaava keskiarvo-keama. Päätteelle tulostetaan huonoin ja joukko parhaimpia.

EHTO Käynnistää EHTO-muunnosten määrittelyyn. EHTO-muunnokset tehdään havaintoja käsiteltäessä TEKU-muunnosten ja regressiofunktion ja residuaalin laskeamisen jälkeen.

END Lopettaa ohjaustiedostossa olevan silmukan.

GEST selitettävä, mallimuuttuja=N  
Suoritetaan N estimointikierrosta Gauss-Newton-menetelmällä, kun sitä ennen on PARA-käskyllä ilmoitettu parametrit.

GESTV sama kuin GEST, mutta tulostetaan lisäksi parametristimaattien Jacobin matriisiin avulla estimoitu kovarianssimatriisi.

- FORM lukuformaatti  
Annetaan Fortran-formaatti havaintotiedoston lukemista varten. Oletus (10F8.0).
- FORM S; Suonenjoen loggeri (VEKO 771)  
FORM H; Hyytiälän loggeri (NOKIA P)  
FORM B; Tiedosto binäärimuodossa
- FSTE N  
Ilmoitetaan TEFUa varten monenko merkin välein merkki tulostetaan.
- KIRM muuttujalista  
Kirjoitetaan muuttujista OFOR-formaatilla kaikki havainnot päätteelle tai TUL-käskyllä ilmoitettuun tulostustiedostoon.
- KIRMT muuttujalista  
Kirjoitetaan hyväksytyistä havainnoista muuttujalistan muuttujat työtiedostoon. Muuttujalistasta hyväksytään yhtä monta muuttujaa kuin on TALT-listassa ollut muuttujia tai NTAL-käskyllä varattu tilaa. Nollalistalla (-) kirjoitetaan työtiedostoon samat muuttujat kuin ennenkin. TEKU- ja EHTO-muunnokset nollataan suorituksen jälkeen, sekä ALKU-parametrin arvoksi laitetaan 1 ja LOPP-parametriksi hyväksytyjen havaintojen lukumäärä.
- KIRMV muuttujalista  
Kirjoitetaan vain viimeinen havainto, mutta käydään kaikki havainnot läpi. Käyttökelpoinen laskettaessa esim. summia havaintotiedoston yli.
- KIRX muuttujalista  
Kirjoitetaan muuttujien arvot OFOR-formaatilla sen jälkeen, kun on ensin laskettu regressiofunktion arvo ja tehty TEFU muunnokset (havainnot ei käsitellä millään tavoin).
- KIRXF  
Tulostetaan havaintotiedoston nimi, lukuformaatti, tulostusformaatti, luettavat muuttujat ja työtiedostoon tallennettavat muuttujat.
- KIRXK muuttujalista  
Kuten KIRX, mutta muuttujan arvon lisäksi tulostetaan kuvanteossa käytetty merkki ja akselien rajat.
- KIRXT muuttujalista  
Muutoin sama kuin KIRX, mutta aluksi tehdään TEKU-muunnokset.
- KKOR N  
Kuvan korkeudeksi N merkkiä, oletus 51.

- KPIT N  
Kuvan pituudeksi N merkkiä, oletus 121. KKOR\*KPIT ei saa olla suurempi kuin  $51*121=671$ .
- KUVA muuttujalista = merkkilista = rajalista  
Pistetään muistissa olevaan kuvaan havaintoja. Merkki "&" tarkoittaa, että kerätään lukumääriä (0,...,9, A,..P). A=10-19 kpl, B=20-29 kpl ... P=160 kpl tai enemmän. Jos kaksi merkkiä tulee päällekkäin tulostuu &-merkki ja jos kolme tai usempia tulostuu "\*".
- KYKO KYVETTI, KONTROLLI  
Ilmoitetaan fotosynteesiaineistoissa laskettava kyvettikanava ja vastaava kontrollikanava.
- LIPO muuttujalista  
Muutetaan REGR-käskyllä määritellyssä regressiomallissa muuttujien asemaa, mallissa mukana olevat poistetaan ja pois olleet, mutta REGR-käskyssä mukana olleet otetaan mukaan. Nollalistalla (-) tulostetaan voimassa oleva malli.
- LIPOK muuttujalista  
Lasketaan kaikki mahdolliset muuttujalistan muuttujia kombinoimalla saatavat regressiot, muiden REGR-listan muuttujien asema säilyy entisellään. Jos muuttujalista on nollalista (-), lasketaan kaikki mahdolliset REGR-listan selittäjistä saatavat regressiomallit.
- LOOP N  
Ohjaustiedostossa ollessaan ilmoittaa, että seuraavat käskyt END-käskyyn asti tehdään N kertaa. %-merkillä alkavassa käskyrivissä suoritetaan i:nnellä kierroksella i:nnen %-merkin jälkeinen käsky.
- LOPP N  
N:s havainto on viimeinen hyväksytty havainto. Käyttö samoissa tilanteissa kuin ALKU-käskylläkin.
- LPIT N  
Ilmoitetaan LUOK-käskylle luokan pituus X-akselin merkkeinä.
- LUOK muuttujalista=merkkilista=rajalista  
Lasketaan luokkakeskiarvot ja merkitään ne muistissa olevaan kuvaan ja lisäksi tulostetaan numeerisesti luokittain: havaintojen lukumäärät absoluuttisesti ja prosentteina, X-muuttujan keskiarvo, hajonta ja kvartiilit sekä Y-muuttujan keskiarvo ja hajonta.
- LUOKA muuttujalista=merkkilista=rajalista  
Kuten LUOK, mutta frekvenssidiagrammit tulostetaan absoluuttiaasteikolla.

- LUOKI Kuten LUOK, mutta tulostus pelkästään numeerisesti.
- LUOKU Kuten LUOK, mutta ilman numeerista tulostusta.
- LUET muuttujalista  
Luetaan TIED-käskyllä ilmoitetusta havaintotiedostosta FORM-formaatilla muuttujia.
- LUETK muutoin sama kuin LUET, mutta työtiedostoon tulostetaan luokkakieskiarvot. Luokat ilmoitetaan pitämällä TELU-muunnoksilla HYV-muuttujan arvo nollana niin kauan kuin pysytään yhden luokan sisällä.
- LUETP muutoin sama kuin LUET-mutta havainnot luetaan päätteeltä.
- LVAL arvo  
Ilmoitetaan LUOK-käskyllä luokkaväli X-akselin yksikköinä.
- NIMI muuttujalista = nimilista  
Vaihdetaan muuttujien nimiä. Pelkkä NIMI-käsky tulostaa voimassa olevat nimet.
- NTAL N Ilmoitetaan työtiedostoon tallennettavien muuttujien kokonaismäärä, jos työtiedostoon tallennetaan muuttujia useammassa erässä tai kun työtiedostoon halutaan kirjoittaa KIRMT-käskyllä enemmän muuttujia kuin on TALT-listassa.
- NVII N Ilmoitetaan montako havaintoa ennen ALKU-parametriä aloitetaan muunnosten laskeminen. Käytetään silloin kun muunnoksissa on tehty viiveitä. Oletusarvo on 4.
- OFOR formaatti  
Ilmoitetaan millä formaatilla KIRM-käsky tulostaa, oletus (10G 12.5). Päätteelle tulostetaan automaattisesti blankko alkuun rivinsiirron ohjausmerkiksi. Formaattilla B KIRM-käsky tulostaa binäärisenä. Binääritulostuksen jälkeen OFOR pitää muuttaa normaalisti formaatiksi ja tulostus kääntää TUL-käskyllä pois binääritiedostosta.
- OHJ FILE.OHJ  
Käskyjen luku tiedostosta FILE.OHJ
- PARA muuttujalista = rajalista  
Epälineaariset parametrit Gauss-Newton- tai hilaestimointia varten. Jos muuttujalistassa on vakio-

muuttuja (1), sen jäljessä ovat analyyttisten derivaattojen nimet samassa järjestyksessä kuin parametritkin. Jos analyyttisiä derivaattoja ei ole annettu ohjelma derivoi numeerisesti (askelkoko on 1 % ylärajan ja alarajan erosta).

PAUS

Ohjelman suoritus keskeytetään. Tiedostot jäävät auki. Suoritus jatkuu RES-käskyllä (VAXissa CONT, VAXissa ei paussin aikana voida tehdä mitään).

PIFU

muuttujalista=merkkilista=rajalista  
Piiirretään TEKU:lla tai TEFU:lla määritellyt muuttajat muistissa olevaan kuvaan.

PIFUX

Kuten PIFU, mutta ala ja ylärajaksi otetaan viimeksi annetun KUVA-käskyn muuttujalistan ensimmäisen muuttujan rajat.

PIKU

muuttujalista = merkkilista = rajalista  
Piiirretään piirturikuvaan päätteelle tai tulostustiedostoon. Vasempaan laitaan kirjoitetaan X-muuttujan arvo.

PIKUP

muuttujalista = merkkilista = rajalista  
Kuten PIKU, mutta pisteapuviivat piiirretään mukaan kullekin riville siihen asti kun on merkkejä.

PIKUL

Kuten PIKUP, mutta apuviivat piiirretään rivin loppuun asti

REGR

muuttujalista  
Laaditaan regressioyhtälö, jossa ensimmäinen muuttuja on selitettävä ja loput selittäjiä. LIPO-käskyllä voidaan mallista poistaa muuttujia. REGR- ja LIPO-käskyjen välissä ei saa olla STAT, GEST, HEST, CORR, eikä TAUL-käskyjä, koska näissä käytetään samoja muistialueita.

SAV TIED.DAT

Työtiedosto säilytetään nimellä TIED.DAT. Käsky on annettava ennen työtiedoston tekoa.

SIJ

muuttujalista = arvolista  
Sijoitetaan muuttujille arvoja.

STAT

muuttujalista  
Lasketaan minimi, maksimi, keskiarvot ja hajonnat. Puuttuvat tiedot eli arvot 1.7E37 ja sitä suuremmat hylätään muuttujakohtaisesti.

STATM

muuttujalista  
Kuten STAT, mutta puuttuvat tiedot korvataan keskiarvolla työtiedostossa.

- STATX muuttujalista  
Kuten STAT, mutta minimiä ja maksimia käytetään myöhemmin kuvanteossa akselien rajoina.
- TALT muuttujalista  
Ilmoitetaan työtiedostoon tallennettavat muuttujat, jotka on luettu havaintotiedostosta tai muodostettu TELU:lla.
- TALT muuttujalista  
Ilmoitetaan työtiedostoon jo siellä olevien lisäksi tallennettavat muuttujat, joille NTAL-käskyllä on varattu tilaa.
- TAUL muuttujalista  
Tehdään taulukoita yhden tai kahden muuttujan suhteen. Vaakasuora luokittelija ilmoitetaan X- ja pystysuora Z-käskyllä. Taulukkoon tulostetaan keskiarvot, hajonnat ja lukumäärät. Lisäksi tulostetaan varianssianalyysi, jos ruuduissa on yhtä monta havaintoa. Jos kaikissa ruuduissa on havaintoja tulostetaan ruutukeskiarvoilla laskettu varianssianalyysi, vaikkei havaintoja olisikaan joka ruudussa samaa määrää. Jos taulukoitavaksi muuttujaksi on ilmoitettu vakiomuuttuja 1, taulukoidaan vain lukumäärät.
- TAULM  
Kuten TAUL, mutta työtiedostossa olevat puuttuvat tiedot korvataan ruutukeskiarvoilla.
- TAUL/  
Kuten TAUL, mutta ennen tulostusta vaihdetaan tulostussivua.
- TEAL  
Tehdään muunnoksia fotosynteesiaineistoja luettaessa kunkin kyvettiyksikön kohdalla (F)(kts. TEKU).
- TEFU  
Tehdään muunnoksia funktion piirtämistä varten tai KIRX-käskyllä tulostettavaksi.
- TEKU  
Käynnistetään muunnosten määrittelyaliohjelma TEKU-muunnoksien antamista varten. TEKU-muunnokset suoritetaan aina havaintoja käsiteltäessä kuten myös PIFU- ja KIRXT-käskyjä suoritettaessa. / tai <RETURN> palauttaa kontrollin pääohjelmaan.
- TELU  
Käynnistetään havaintotiedostoa luettaessa tehtävien muuttujien määrittely.
- TEUR  
Muunnetaan Uraksen näyttämä abs. pitoisuudeksi

(kts. TEKU)

TIED DATA.DAT  
Avataan havaintotiedosto DATA.DAT.

TEXT tekstiä  
Tulostetaan tekstiä tulostustiedostoon.

TEXT / Tekstiä  
Tulostetaan ennen tekstiä sivunvaihtomerkki, mikä aiheuttaa tulostustiedostoa tulostettaessa sivunvaihdon.

TUKU  
Tulostetaan kuva päätteelle tai TUL-käskyllä määriteltyyn tiedostoon.

TUKUN  
Tulostetaan muistissa oleva kuva näyttöpäätteelle.

TUKU/  
Kuten TUKU, mutta aluksi vaihdetaan sivua.

TUL OUTPUT.LST  
Tulostus ohjataan tiedostoon OUTPUT.LST. Jos tiedoston nimi puuttuu, tulostus palautuu päätteelle, mutta tulostustiedosto jää auki. Käskyllä TUL + tulostus jatkuu aiemmin avattuun tulostustiedostoon.

ULOS  
tullaan ulos ohjaustiedostosta lukemaan käskyt päätteeltä.

UNS FILE.DAT  
Otetaan käyttöön aiemmin tehty työtiedosto.

X muuttujalista = rajalista  
Ilmoitetaan KUVA-, LUOK- ja PIFU-käskyjä varten kuvan X-akselit. Piirturikuvaa PIKU-käskyllä tulostettaessa tulostuu vasempaan laitaan X-muuttuja. Taulukoita tehtäessä ilmoittaa vaakasuoran luokittelijan.

Z muuttuja = rajat  
Ilmoitetaan KUVA- tai PIFU-käskyjä varten luokitteleva muuttuja. Z-muuttujan ylä- ja alarajan väli jaetaan ZLUO-parametrin ilmoittamaan määrään osia. Riippuen monenteenko luokkaan Z-muuttujan arvo sattuu, kuvaan tulee merkki 0, 1,...9, A, B... Taulukoita tehtäessä ilmoittaa pystysuoran luokittelijan.

ZLUO N  
Ilmoitetaan moneenko osaan luokittelevan Z-muuttujan arvoalue jaetaan.

13. Viitteet

GALLANT A. R. 1975 Nonlinear Regression. American Statistician 29:73-81.

KENNEDY W. J. & GENTLE J. E. 1980. Statistical Computing. Marcel Dekker, Inc.

LAASASENAHO, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Commun. Inst. For. Fenn. 108:1-74.

MORRISON D. F. 1976. Multivariate Statistical Methods. 2. painos. McGraw-Hill.









ISBN 951-40-0991-6

ISSN 0358-4283