

**UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ
SCHOOL OF BUSINESS AND
ECONOMICS**

Heikki Karjaluoto* & Jouni Juntunen**

Lisrel opas v1.0

**Johdatus rakenneyhtälömallien
tekemiseen**

Working paper N:o 343 / 2007

***Jyväskylän yliopisto, Taloustieteiden tiedekunta**

**** Oulun yliopisto, Taloustieteiden tiedekunta**

SISÄLTÖ

Alkusanat.....	3
Aineiston valmistelu.....	4
Puuttuvien havaintoarvojen estimointi (Missing Values)	4
SPSS aineiston avaaminen LISRELissä.....	6
Rakenneyhtälömallin tulosten raportointi	17
Measurement Model.....	18
Structural model assessment and hypotheses tests.....	20

Alkusanat

Tämän oppaan tarkoitus on antaa kädestä pitäen ohjeet rakenneyhtälömallien rakentamiseen LISREL ohjelman avulla. Rakenneyhtälömalleja kantapäähän kautta oppineina ja kursseja käymällä havaitsimme että tämäntyypiselle oppaalle on suuri kysyntä etenkin tutkijoiden ja jatko-opiskelijoiden keskuudessa. Nykyäänhan suurin osa kyselytutkimuksista akateemisella puolella on mallien rakentamista ja testaamista rakenneyhtälömalleilla.

Tämä opas on suunniteltu ennen kaikkea LISRELiä vähän käyttäneille tai täysin uusille käyttäjille. Keskitymme kuvaamaan selkeästi pääkohdat ilman tilastotieteeseen syvällisemmin menemistä. Toivomme miellyttäviä lukuhetkiä oppaan parissa. Uskomme että sen avulla myös LISRELiä ennen käyttämättömät tutkijat saavat aikaan nopeasti ja helposti toimivia rakenneyhtälömalleja.

Lisätietoa: LISREL ohjelmasta löytyy kattavat ohjeistukset: <http://www.ssicentral.com>

Jyväskylässä ja Oulussa lokakuussa 2007

Heikki Karjaluo & Jouni Juntunen

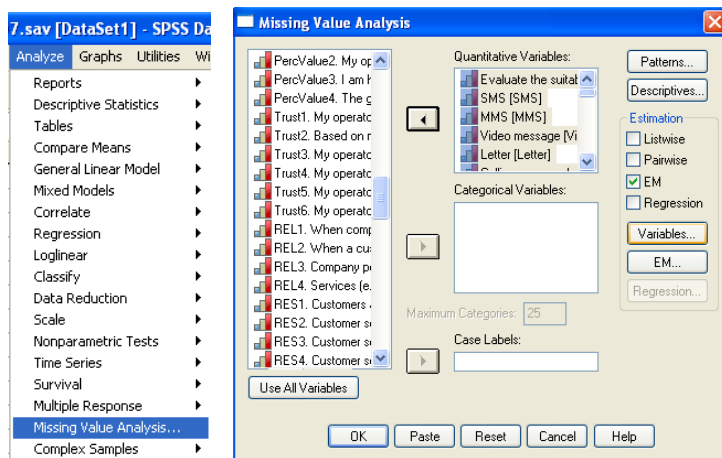
Aineiston valmistelu

Ennen aineiston tuomista LISREL ohjelmaan, kannattaa siihen tehdä SPSS –ohjelmalla seuraavia ”viimeistelyjä”.

Puuttuvien havaintoarvojen estimointi (Missing Values)

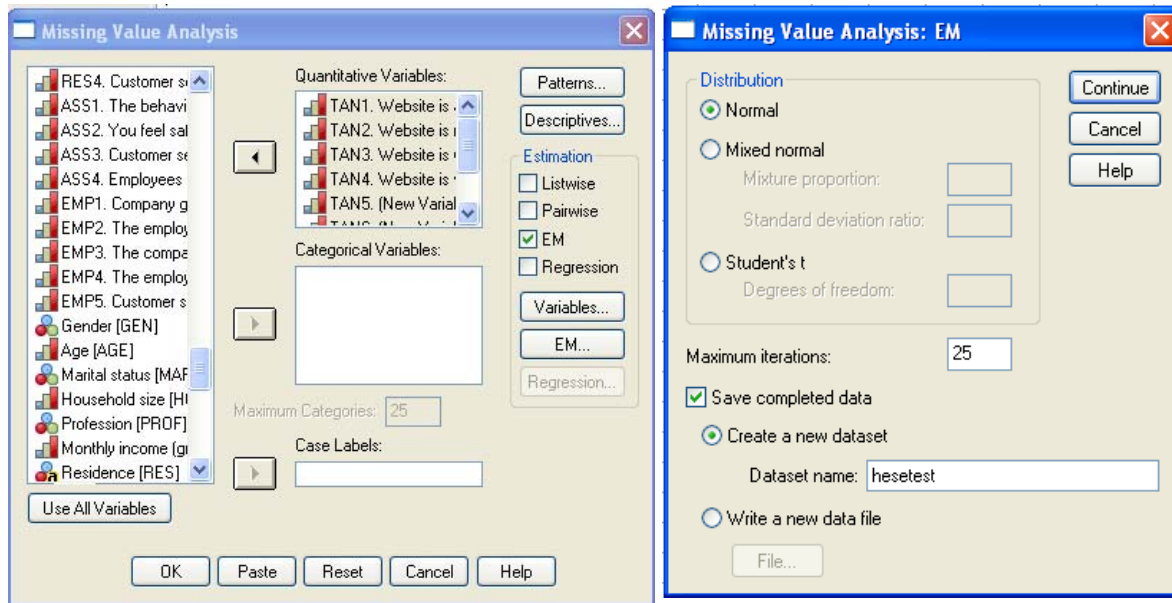
Tämä ohje olettaa tutkimusaineiston olevan tulkittavissa mitta-asteikolliseksi. Konservatiiviset tilastotieteilijät pitävät kuitenkin Likert-asteikkoja, kouluarvosanoja yms. järjestysasteikollisina. Mikäli mittarit tulkitaan järjestysasteikollisiksi, on puuttuvat havainnot joko poistettava tai täydennettävä niille sopivilla menetelmillä. Yleensä taloustieteen julkaisut hyväksyvät mitta-asteikollisen tulkinnan, mutta tämä on syytä varmistaa etukäteen.

Puuttuvien havaintoarvojen (*Missing Values*) estimointi (tämä proseduuri voidaan myös tehdä LISREL ohjelmassa mutta sitä ei tässä oppaassa käydä tarkemmin läpi). Puuttuvia havaintoarvoja ovat yleensä tyhjät vastaukset ja ”En tiedä/En osaa sanoa” vastaukset, jotka kannattaa viimeistään tässä vaiheessa analysia koodata puuttuviksi havaintoarvoiksi. **SPSS -ohjelmassa puuttuvien havaintoarvojen estimointi kannattaa tehdä ”EM (expectation-maximization)” menetelmää käyttäen.** Muuttujat joiden puuttuvat havaintoarvot halutaan estimoida (yleensä kaikki joita LISRELissä aiotaan käyttää) siirretään avautuvassa ikkunassa joko kohtaan *Quantitative Variables* tai kohtaan *Categorical Variables*. Yleensä taloustieteissä (muuttujien tulkinnasta riippuen) myös järjestysasteikollisia muuttujia voidaan käsitellä mitta-asteikollisina ja siirtää ne ylempään laatikkoon.



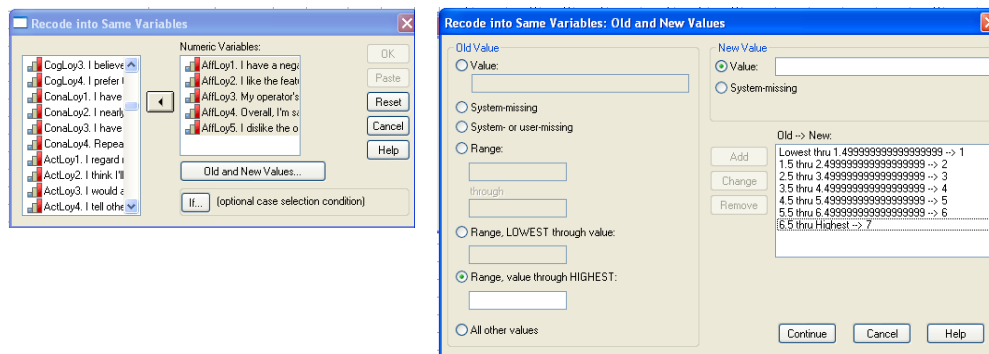
KUVA 1. Puuttuvien havaintoarvojen estimointi

Kun muuttujat on siirretty *Quantitative Variables* valikkoon valitaan menetelmäksi EM ja klikataan EM painiketta, jolloin avautuvasta kuvasta *Missing Value Analysis: EM* voidaan uusi aineisto tallentaa eri nimellä. Näin kannattaa tehdä siksi, että alkuperäinen aineisto säilyy ja sitä voi palata muokkaamaan tarvittaessa. Dummy –muuttujien osalta kannattaa miettiä ovatko estimoidut arvot mielelläitä tutkimusongelmaa ajatellen vai tulisiko puuttuvat dummy –muuttujat sisältävät vastaukset hylätä kokonaan.



KUVA 2. EM menetelmä

Kun puuttuvat tiedot on estimoitu, ovat estimoidut puuttuvien havaintoarvojen arvot yleensä useiden desimaalien mittaisia. Tästä syystä kannattaa useimmiten estimoidut lukuarvot koodata uudelleen kokonaisluvuiksi. Tämä tapahtuu kohdasta *Transform > Recode > Into Same Variables*. Jos muutettava muuttuja on alun perin esimerkiksi viisiasteikollinen (1-7) tapahtuu uudelleenkkoodaus siten että muutetaan muuttujan arvot kokonaisluvuiksi seuraavasti:



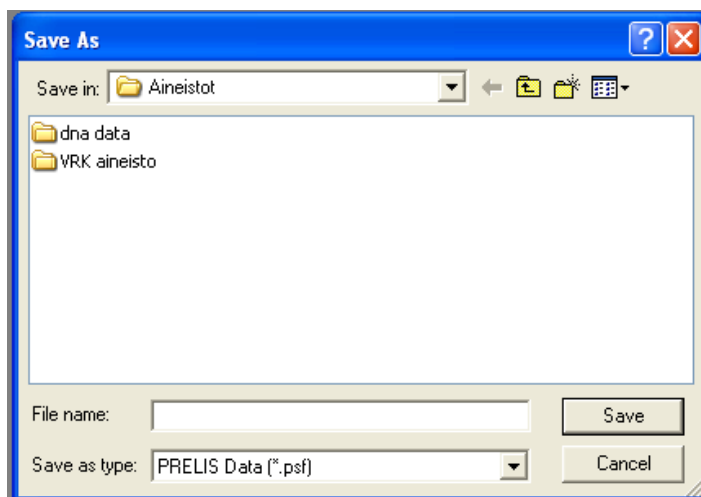
KUVA 3. Muuttujien uudelleenkkoodaus

Eli rekoodataan kaikki arvot väliltä pienin-suurin kokonaisluvuiksi 1-7. Näin syntyvä aineisto on kokonaisluvuista koostuva, vastaa alkuperäisen aineiston muotoa, ja soveltuu hyvin vietäväksi Lisreliin. On hyvä huomioida, että vaikka SPSS:n asetukset ovat siten etteivät desimaalit näy muuttujaikkunoissa, niin arvot voivat silti sisältää useita desimaaleja.

SPSS aineiston avaaminen LISRELissä

SPSS aineisto voidaan tuoda sellaisenaan LISRELin Prelis palikkaan, joskin suositeltavia muita tapoja aineiston tuomiseen on tarjolla kuten aineiston tallentaminen SPSS ohjelmassa muuhun kuin spss.sav muotoon. Yleensä tällä ei kuitenkaan ole merkitystä missä muodossa aineisto tuodaan jos puuttuvat havaintoarvot on estimoitu. Näin LISREL osaa tulkita aineiston kaikki muuttujat oikealla tavalla. Mikäli aineisto viedään mittareiden nimineen Lisrel tai Prelis ohjelmaan, on erittäin tärkeää muuttaa mittareiden nimet maksimissaan kahdeksan merkkiä pitkiksi, koska muutoin Lisrel -ohjelmisto voi tulkita aineiston väärin. Jos taas aineisto siirretään ascii.dat muotoisena, on huomioitavaa, että desimaalipilkut tulee muuttaa desimaalipisteiksi.

Käynnistetään LISREL ohjelma. Valitaan *File -> Import Data*. Valitaan avattavan tiedoston muodoksi SPSS (*.sav), haetaan kansio johon SPSS.sav tiedosto on tallennettu ja avataan se jolloin LISREL aukaisee PRELIS ohjelman. Tässä vaiheessa ohjelma pyytää antamaan nimen tallennusta varten aineistolle:



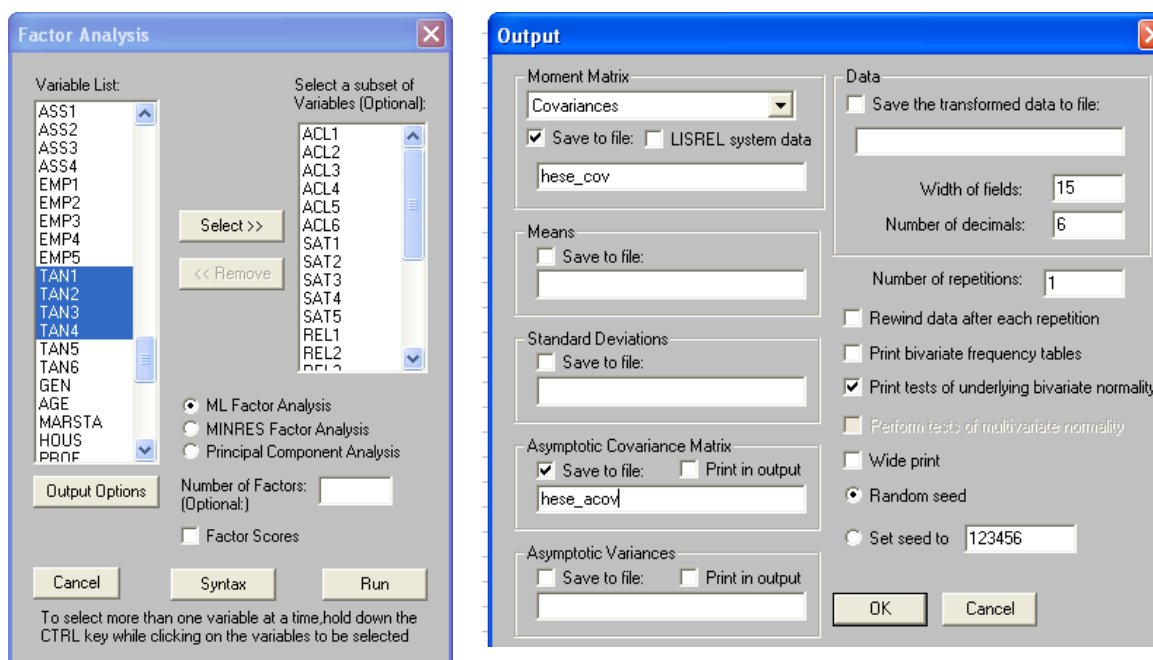
KUVA 4. Aineiston tuominen ja tallentaminen PRELIS ohjelmaan

Anna aineistolle nimi jolloin PRELIS ohjelma avautuu:

	COGL1	COGL2	COGL3	COGL4	AFFL1	AFFL2	AFFL3	AFFL4	AFFL5	CONL1	CONL2	CONL3
1	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	5,000	5,000	7,000	6,000	5,000	5,000	6,000
2	4,000	6,000	7,000	6,000	6,000	5,000	6,000	5,000	6,000	5,000	2,000	5,000
3	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
4	7,000	7,000	1,000	7,000	1,000	7,000	7,000	7,000	1,000	6,000	7,000	1,000
5	6,000	7,000	6,000	7,000	7,000	7,000	6,000	7,000	7,000	6,000	6,000	7,000
6	4,000	4,000	4,000	4,000	7,000	4,000	5,000	5,000	7,000	3,000	4,000	7,000
7	4,000	5,000	6,000	5,000	6,000	5,000	5,000	6,000	6,000	4,000	6,000	6,000
8	4,000	4,000	5,000	2,000	7,000	5,000	4,000	4,000	2,000	6,000	6,000	4,000
9	6,000	6,000	7,000	6,000	7,000	6,000	6,000	6,000	7,000	4,000	6,000	7,000
10	4,000	5,000	5,000	5,000	5,000	6,000	5,000	7,000	6,000	5,000	6,000	3,000
11	6,000	6,000	2,000	6,000	1,000	7,000	7,000	7,000	1,000	6,000	7,000	2,000
12	6,000	6,000	5,000	6,000	6,000	5,000	7,000	7,000	6,000	7,000	6,000	6,000
13	3,000	3,000	7,000	3,000	7,000	6,000	5,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
14	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	5,000	7,000	5,000	7,000	7,000
15	2,000	2,000	5,000	2,000	3,000	2,000	2,000	2,000	5,000	2,000	3,000	5,000

KUVA 5. PRELIS ohjelma

Seuraavaksi aloitetaan analyysin pohjaksi tarvittavan matriisin teko. Tässä vaiheessa tarvitaan myös tieto siitä, millaista teoreettista mallia aiotaan testata, mikäli ei olla tekemässä pelkääntään eksploratiivista faktorianalyysiä. Valitaan *Statistics* -> *Factor Analysis* ja siirretään muuttujat jotka halutaan malliin ottaa mukaan vasemmasta sarakkeesta oikealle.



KUVA 6. Faktoriansalyysin ja kovarianssimatriisien tekeminen

Painetaan ”*Output Options*” painiketta jolloin avautuu ”*Output*” ikkuna. Output ikkunassa valitaan kohdasta ”*Moment Matrix*” ”*Covariances*” (tai ”*Correlations*”) ja rastitetaan ruutu ”*Save to file*” ja annetaan tallennettavalle kovarianssi/korrelaatiomatriisille nimi.

Mikäli aineisto koostuu järjestysasteikollisista muuttujista, kannattaa analyysin pohjaksi valita korrelaatiomatriisi (*Correlations*) kuten Jöreskog & Sörbom LISREL oppaissaan kehottavat. Jotkut tutkijat kuitenkin käyttävät lähes aina aineiston ollessa hieman suurempi kovarianssimatriisia. Myös LISREL 8.7 ohjelman ohje-esimerkissä tehdään ei-normaalisti jakautuneille järjestysasteikollisille muuttujille kovarianssimatriisi joten sen käyttö varsinkin isommilla aineistoilla on myös hyväksyttävää. Mikäli käytetään kovarianssimatriisia, tulisi kuitenkin Prelis tulosteesta tarkistaa, noudattavatko muuttujat normaalijakaumaa. Itse mallissa selittävien muuttujien ei tarvitse noudattaa normaalijakaumaa (Huom. esim. dummy muuttujat), mutta selitettävien muuttujien tulisi olla normaalijakautuneita. Myös normaalijakauman noudattamisen suhteen eri jornaalit noudattavat eri käytäntöjä, joissakin normaalisuudesta ei mainita mitään kun taas jotkin jornaalit voivat olla siitä hyvinkin tarkkoja, eli selvitä jälleen kerran etukäteen, miten aikomassasi julkaisussa käytäntö on ollut.

Mikäli analysoitavat muuttujat eivät noudata normaalijakaumaa (yleensä järjestysasteikollisten muuttujien kohdalla näin on), yksi vaihtoehto on valita myös kohta ”*Asymptotic Covariance Matrix*” ”*Save to file*” ja antaa tiedostolle nimi. Asymptoottista kovarianssimatriisia suositellaan käytettäväksi myös erittäin suurilla aineistoilla (yli 2.000 havaintoa). Kannattaa erottaa tallennettavat tiedostot nimiensä perusteella siten että muistaa myöhemmin kumpi kovarianssimatriiseista on tavallinen ja kumpi asymptoottinen.

Korrelaatiomatriisia käytettäessä Prelis ohjelma laskee järjestysasteikollisten mittareiden välillä vallitsevan polykoorisen korrelaation, mitta-asteikollisten muuttujien välille Pearsonin korrelaatiokertoimen ja edellisten sekoitusten välille polyseeriset korrelaatiot. Yleensä kyselytutkimukset koostuvat Likert-asteikollisista mittareista (mielipiteet, asenteet, 1-5 asteikot, 1-7 asteikot jne.), jotka taloustieteissä useimmiten tulkitaan mitta-asteikollisiksi. Myös näille korrelaatiokertoimien hyväksyttävyydestä Prelis ohjelma antaa tulosteen. Mikäli tulosteesta selviää, että jollakin tietyllä mittarilla on ongelmia useiden muiden mittareiden suhteen, tulisi kyseinen mittari hylätä. Yksittäisen ongelman vuoksi mittareita ei kannata hylätä.

Seuraavaksi painetaan ”*Factor Analysis*” ikkunasta kohtaa ”*Run*” jolloin PRELIS tekee analyysiin valituille muuttujille faktorianalyysin. Isoilla aineistoilla analyysi saattaa kestää tovin joten kannattaa odotella kärsivällisesti. Kun analyysi on valmis tekee PRELIS ohjelma .OUT tiedoston jota tarkastelemalla saa yleiskäsityksen minkälainen faktorianalyysi syntyi.


```

LISREL Windows Application - [hesetesti_tuhoa.OUT]
File Edit Options Window Help
[Icons]
DATE: 09/11/2007
TIME: 12:09
PRELIS 2.72
BY
Karl G. Jöreskog & Dag Sörbom

This program is published exclusively by
Scientific Software International, Inc.
7383 N. Lincoln Avenue, Suite 100
Lincolnwood, IL 60712, U.S.A.
Phone: (800)247-6113, (847)675-0720, Fax: (847)675-2140
Copyright by Scientific Software International, Inc., 1981-2005
Use of this program is subject to the terms specified in the
Universal Copyright Convention.
Website: www.ssicentral.com

The following lines were read from file U:\omat
tiedostot\Hankkeet\FUMMAS\Kenttökokeet\DNA_kysely\Aineistot\hesetesti_tuhoa.PR2:

!PRELIS SYNTAX: Can be edited
SY='U:\omat_tiedostot\Hankkeet\FUMMAS\Kenttökokeet\DNA
kysely\Aineistot\hesetesti_tuhoa.PSF'

SE 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 76 77 78 79 88 89 90 91 93 94 95 96
FA
OU MA=CM SM=hese_cov AC=hese_acov XM

Total Sample Size = 1385

Univariate Marginal Parameters

Variable Mean St. Dev. Thresholds
-----
ACL1 4.076 2.160 0.000 1.000 1.736 2.642 3.748 5.357
ACL2 4.748 2.531 0.000 1.000 1.836 3.181 4.553 6.645
ACL3 0.591 1.007 0.000 1.000 1.505 2.228 2.772 3.234
ACL4 3.289 2.318 0.000 1.000 1.740 3.286 4.663 6.488
ACL5 2.942 2.329 0.000 1.000 1.541 2.750 3.884 5.775
ACL6 6.101 2.977 0.000 1.000 2.127 3.390 4.838 7.524
SAT1 3.217 1.834 0.000 1.000 1.798 3.026 4.072 5.456
SAT2 3.286 1.873 0.000 1.000 1.970 3.701 4.877 6.397
SAT3 2.688 1.694 0.000 1.000 1.748 2.422 2.917 4.084
SAT4 5.813 2.636 0.000 1.000 2.007 3.779 5.624 8.257
SAT5 3.572 1.730 0.000 1.000 1.420 2.020 2.527 3.911
REL1 7.419 2.938 0.000 1.000 2.241 3.933 5.167 7.273
REL2 5.967 2.273 0.000 1.000 1.817 2.797 3.743 5.263
REL3 7.009 2.822 0.000 1.000 1.961 3.422 4.612 6.853
REL4 8.060 3.342 0.000 1.000 1.989 3.599 4.914 7.119
EMP1 3.403 1.624 0.000 1.000 1.613 2.429 3.586 5.198

```

KUVA 7.OUT tiedostonäkymä

Seuraavaksi aletaan rakentaa rakenneyhtälömallia. OUT –tiedoston alusta näkee mihin äskettäin luodut kovarianssimatriisit on tallennettu. Ne kannattaa ensin hakea C –aseman juureen koska LISREL syntaksiin on töisevää kirjoittaa pitkiä hakemistopolkuja. Luodaan C:n juureen esimerkiksi kansio ”Lisreldatat” tms. Kopioidaan kovarianssimatriisit tähän luotuun kansioon.

Valitaan seuraavaksi OUT. ikkunasta (tai PRELIS) ikkunasta *File -> New -> Syntax only*. Nyt luodaan ns. SIMPLIS tiedosto (.LS8), jolla rakenneyhtälömalli spesifioidaan. Tässä kannattaa käyttää valmista tiedostopohjaa esim. tätä (jos koneella on aiempia SIMPLIS tiedostoja valitaan *File -> Open*):

Huomioitavaa on, ettei muuttujien nimet saa olla 8-merkkiä pitempiä, eikä sisältää ”ääkkösiä”. Koodissa huutomerkki aiheittaa rivin alussa sen, ettei kyseistä riviä lueta ja huutomerkki on tämän vuoksi erittäin käytännöllinen mallia muokatessa.

RAKENNEYTÄLÖMALLI TESTI

Observed Variables

ACL1 ACL2 ACL4 ACL5 ACL6 CPS1 CPS2 CPS3 SOVA1 SOVA2 SOVA3 TRU1 TRU2 TRU3 TRU4
TRU5 TRU6 REL1 REL2 REL3 REL4 RES1 RES2 RES3 RES4 ASS1 ASS2 ASS3 ASS4

Correlation Matrix from file C:\Temp\dna16cor

Asymptotic Covariance Matrix from file C:\Temp\dna16acov

Sample size 1385

Latent Variables

COGL AFFL CONL ACL ACLR CPS FUVA EMOV SOVA TRU SQ LOY PEVA

Relationships

ACL1 ACL2 ACL6 = ACL

ACL4 ACL5 = ACLR

CPS1 CPS2 CPS3 = CPS

SOVA1 SOVA2 SOVA3 = SOVA

TRU1 TRU2 TRU3 TRU4 TRU6 = TRU

REL1 REL2 REL3 REL4 RES1 RES2 RES3 RES4 ASS1 ASS2 ASS3 ASS4 = SQ

CPS = SQ

TRU = SQ

ACL = CPS

TRU = CPS SOVA

ACL = TRU CPS SOVA

ACLR = ACL

LISREL OUTPUT: SC WLS MI MR AD=OFF

Path Diagram

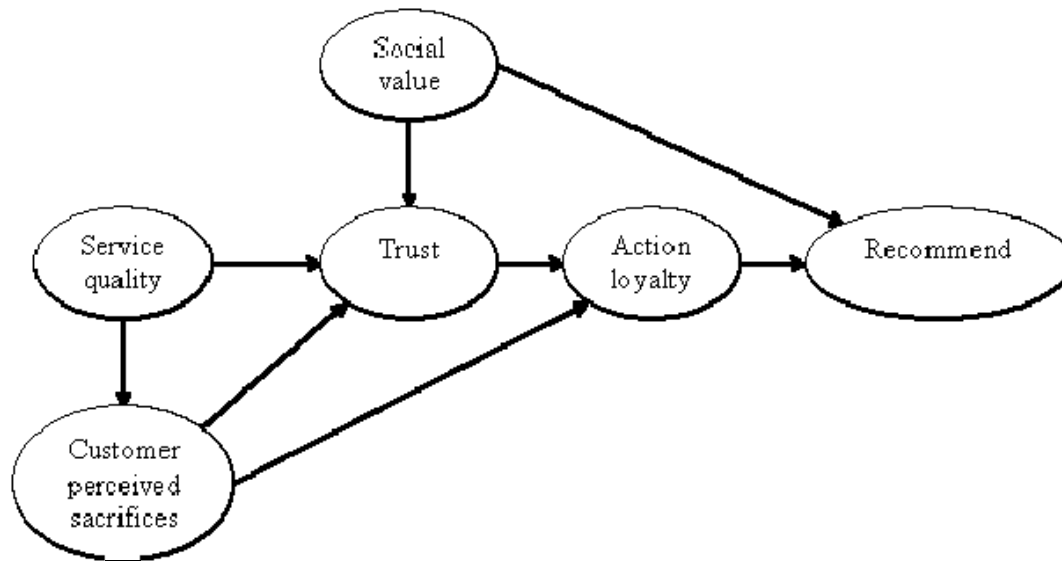
End of Problem

Kohtaan ”*Observed Variables*” kirjoitetaan muuttujien koodit siten kuin ne PRELIS ohjelmassa esiintyvät. Mikäli käytetään pelkkää kovarianssi/korrelaatiomatriisia, niin tässä nimeetään mittarit. Tähän kohtaan ne pitää myös laittaa samaan järjestykseen kuin faktorianalyysissä ne laitettiin. Jos et enää muista mitä muuttujia otit analyysiin mukaan löytyvät ne OUT tulosteesta. Seuraaville riveille määritellään mistä kovarianssimatriisit löytyvät:

Covariance Matrix from file C:\MyTemp\dna16cor

Asymptotic Covariance Matrix from file C:\MyTemp\dna16acov

Kohtaan ”Sample size 1385” kirjoitetaan .OUT tulosteen alusta nähtävä aineiston koko. Mikäli puuttuvat havaintoarvot on estimoitu aiemmin tulee tähän sama arvo kuin on vastaajien määrä kyselyssä. Seuraavalle riville määritellään latentit muuttujat eli faktorimuuttujat. Tässä tapauksessa teoreettinen malli rakentuu kuudesta faktorista seuraavasti:



KUVA 8. Teorettinen malli

Malli on rakennettu seuraavanlaisen kyselylomakkeen pohjalta:

Service Quality (Cronbach's alpha: .963)	Mean	s.d.
REL1. When company promises to do something by a certain time they do so	6.12	1.20
REL2. When a customer has a problem the company shows a sincere interest in solving it	6.32	1.11
REL3. Company performs the service right first time	6.16	1.17
REL4. Services (e.g. call center) works at the time they promise to do so	6.29	1.16
RES1. Customers are told exactly when services will be performed	6.00	1.19
RES2. Customer service is fast	6.14	1.26
RES3. Customer service give prompt service to you	6.14	1.15
RES4. Customer service are never too busy to respond to your requests	5.96	1.27
ASS1. The behavior of employees of customer service instills confidence in you	6.01	1.18
ASS2. You feel safe in your transactions with the company	5.95	1.16
ASS3. Customer service employees are consistently courteous to you	6.11	1.10
ASS4. Employees in the customer service have the knowledge to answer in your questions	6.23	1.08

Lähde: Mukailtu Cronin and Taylor (1992); Zeithaml et al. (1988)

Social value (Cronbach's alpha: .971)	Mean	Sd
SOVA1. My operator's brand would improve the way I am perceived	3.20	1.63
SOVA2. My operator's brand would help me make a good impression on other people	3.16	1.61
SOVA3. Customers of my operator are socially appreciated	3.17	1.59

Lähde: Wang et al. (2004)

Customer perceived sacrifices (Cronbach's alpha: .897)	Mean	Sd
CPS1. My operator's products and services are reasonably priced	4.99	1.41
CPS2. My O's products and services are value for money compared with that of major competitors	4.82	1.30
CPS3. The choice of transacting with my O is a right decision when price and other expenses are considered	5.19	1.34

Lähde: Wang et al. (2004)

Trust (Cronbach's alpha: .949)	Mean	Sd
TRU1. My operator is very honest	4.76	1.33
TRU2. Based on my experience, my operator is very trustworthy	5.05	1.29
TRU3. My operator is very reliable	4.82	1.29
TRU4. My operator takes its customers interests into account in its business	4.66	1.28
TRU5. My operator's marketing is truthful	4.84	1.37
TRU6. My operator's promises of services and products are mostly true	5.05	1.27

Lähde: Chiou and Droge, (2006); Harris and Goode (2004)

Action loyalty (Cronbach's alpha: .876)	Mean	Sd
ACL1. I regard myself as a loyal customer of my operator	5.34	1.60
ACL2. I think I'll stay a customer for my operator	5.26	1.53
ACL6. There is no need for me to change my operator	5.64	1.42

Lähde: Harris and Goode (2004); Sousa and Voss (2006)

Recommend (Cronbach's alpha: .896)	Mean	Sd
4. I tell other people positive things of my operator	4.37	1.66
5. I have recommended my operator to others	4.41	1.83

Lähde: Harris and Goode (2004); Sousa and Voss (2006)

Kyselylomaketta rakentaessa kannattaa mitata aiottuja faktoreita **AIEMMIN TESTATUILLA** konstruktiolla **EIKÄ KEHITELLÄ OMIA MITTAREITA** (tai ainakin olla varovainen uusien mittareiden kehittelyn kanssa). Eli rakenneyhtälömallia rakennettaessa kannattaa enemmänkin testata olemassa olevaa teoriaa jolloin faktorit on helpompi valita ja malli rakentaa kuin luoda omia malleja joita voi olla hankala perustella teorian kautta.

Seuraavaksi syntaksissa määritellään muuttujien aiotut faktorit ja faktoreiden väliset suhteet:

Relationships

ACL1 ACL2 ACL6 = ACL

ACL4 ACL5 = ACLR

CPS1 CPS2 CPS3 = CPS

SOVA1 SOVA2 SOVA3 = SOVA

TRU1 TRU2 TRU3 TRU4 TRU6 = TRU

REL1 REL2 REL3 REL4 RES1 RES2 RES3 RES4 ASS1 ASS2 ASS3 ASS4 = SQ

CPS = SQ

TRU = SQ

ACL = CPS

TRU = CPS SOVA

ACL = TRU CPS SOVA

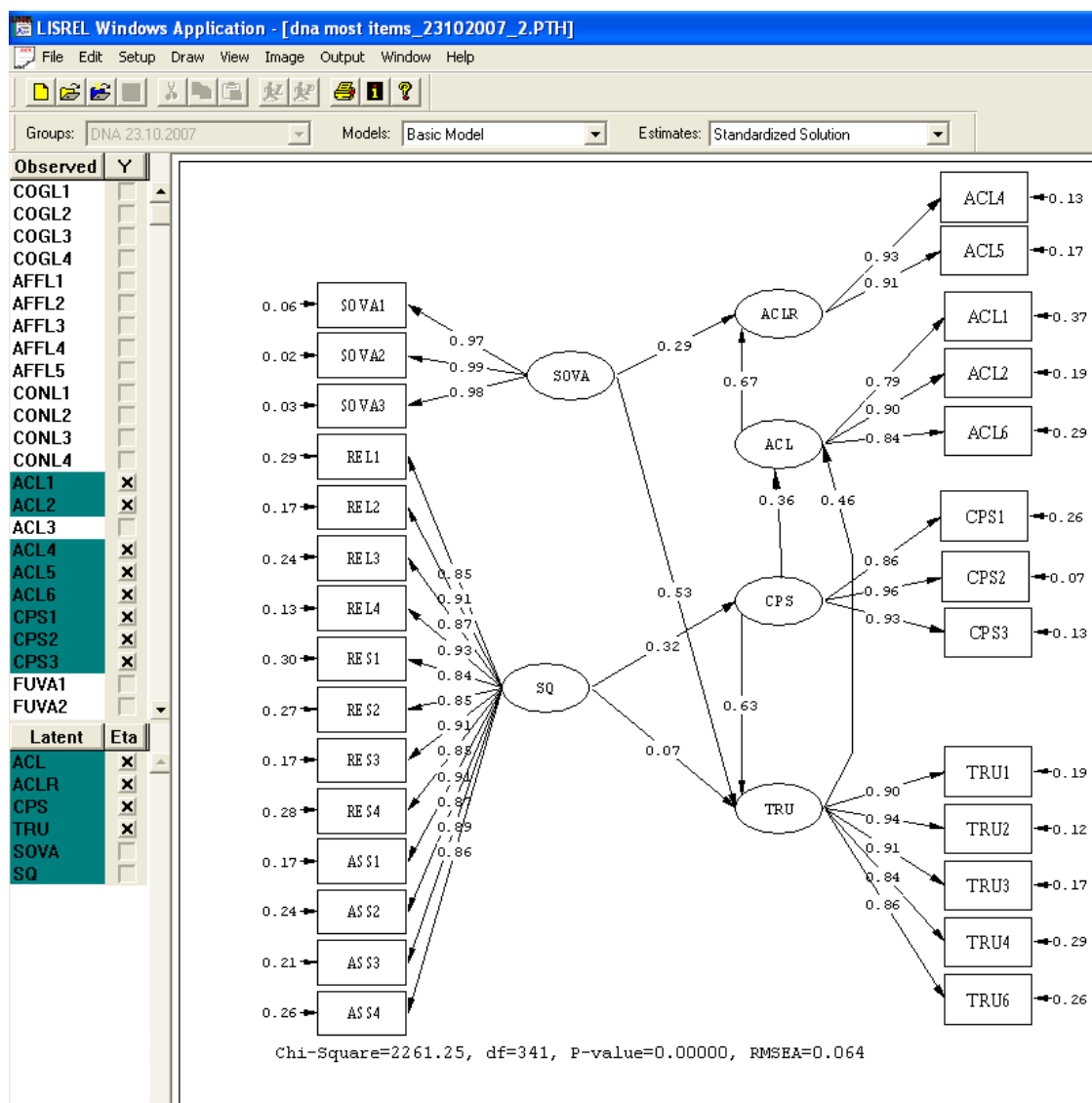
ACLR = ACL

Ainoa asia mitä seuraavassa kohdassa:

LISREL OUTPUT: SC WLS MI MR AD=OFF

Tarvitsee mahdollisesti muuttaa on WLS kohta joka tarkoittaa estimointimenetelmää. Yleensä käytettäväksi suositellaan ML (Maximum Likelihood) menetelmää, jolloin Lisrel ohjelmisto valitsee automaattisesti hyvin soveltuvan estimointimenetelmän. Asymptoottista kovarianssimatriisia käytettäessä (eli kun muuttujat eivät noudata normaalijakaumaa) suositeltava estimointimenetelmä on WLS (Weighted Least Squares) tai DWLS (Diagonally Weighted Least Squares), joka antaa useimmiten parempia arvoja malleille.

Kun tähän kenttään on tehty tarvittavat asiat painetaan kohtaa ”Run Lisrel” (tai paina F5) jolloin avautuu graafinen rakenneyhtälömalli:



KUVA 9. Graafinen rakenneyhtälömalli

Kohdasta ”Estimates” kannattaa valita ensin ”Standardized Solution” jota tarkastelemalla saa kokonaiskäsitteksen mallin toimivuudesta. Malli näyttäisi toimivan sellaisenaan (RMSEA = .064 -> hyvänä arvona pidetään arvoja < .08. Mallista nähdään että teoreettisen mallin suhteet näyttäisivät pätevän myös empiirisessä mallissa. Kohdasta ”Output” -> ”Fit Indices” nähdään muut mallin kriittiset arvot joita on syytä tarkastella. Yleensä LISREL mallien tärkein tarkasteltava arvo on p-arvo, jonka pitäisi olla >.05 että malli toimisi. Suurilla aineistoilla (>200) p-arvo kuitenkin lähes poikkeuksetta lähenee 0.000 jonka vuoksi suurten otosten malleissa tarkastellaan lähinnä RMSEA:ta, mutta myös joitakin muita testisuureita voidaan hyödyntää (olennaiset **boldattuna**):

```

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 341
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 9768.88 (P = 0.0)
Satorra-Bentler Scaled Chi-Square = 2261.25 (P = 0.0)
Chi-Square Corrected for Non-Normality = 1887.01 (P = 0.0)
Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 1920.25
90 Percent Confidence Interval for NCP = (1773.49 ; 2074.43)
Minimum Fit Function Value = 2.29
Population Discrepancy Function Value (F0) = 1.39
90 Percent Confidence Interval for F0 = (1.28 ; 1.50)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.064
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.061 ; 0.066)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.00
Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 1.73
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (1.62 ; 1.84)
ECVI for Saturated Model = 0.59
ECVI for Independence Model = 87.41
Chi-Square for Independence Model with 378 Degrees of Freedom = 120915.46
Independence AIC = 120971.46
Model AIC = 2391.25
Saturated AIC = 812.00
Independence CAIC = 121145.99
Model CAIC = 2796.42
Saturated CAIC = 3342.78
Normed Fit Index (NFI) = 0.98
Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.98
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.89
Comparative Fit Index (CFI) = 0.98
Incremental Fit Index (IFI) = 0.98
Relative Fit Index (RFI) = 0.98
Critical N (CN) = 248.68
Root Mean Square Residual (RMR) = 0.071
Standardized RMR = 0.071
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.99
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.98
Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.83

```

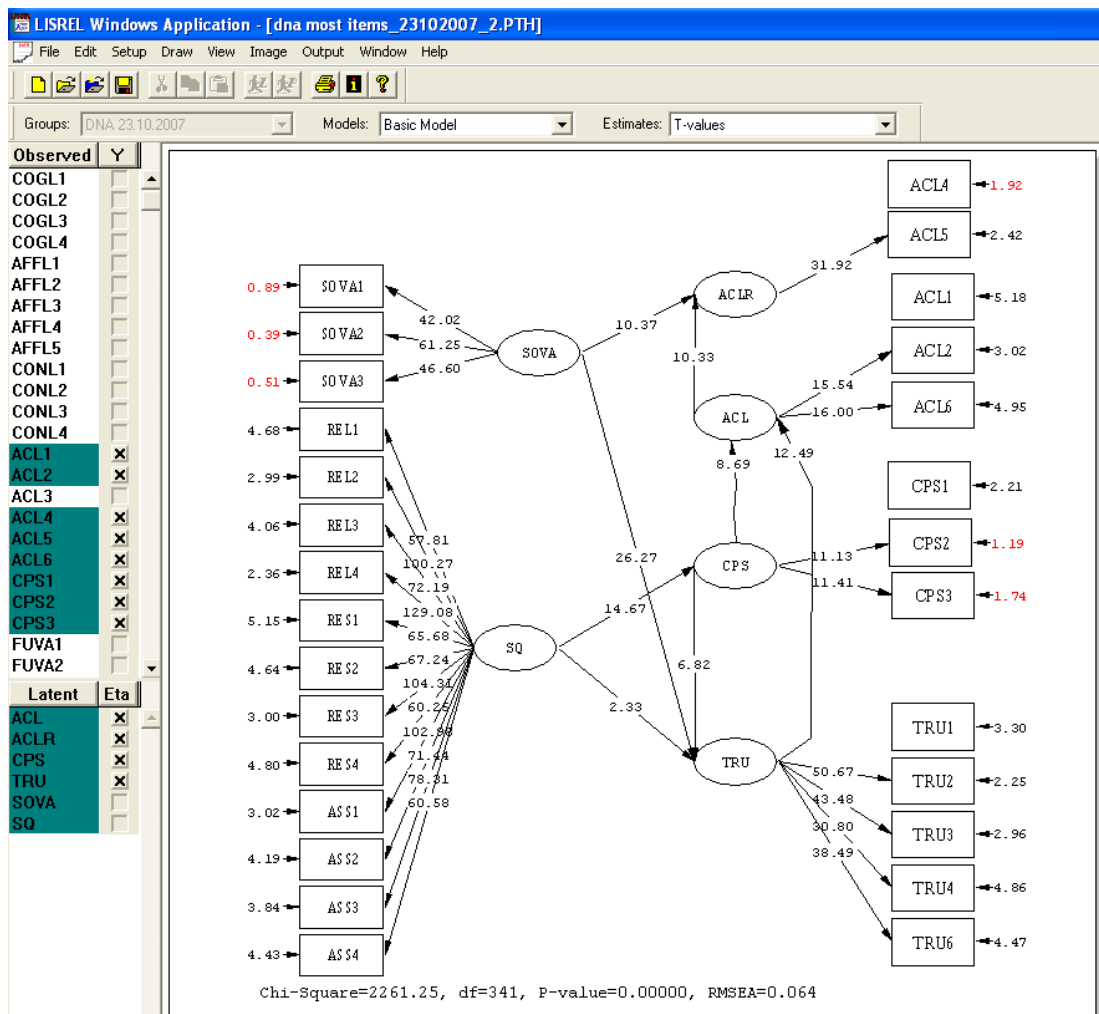
Lisrel out-tulosten aluste tulee tarkistaa, ettei ohjelma ole skaalannut kovarianssi/korrelaatio matriisia. Mikäli malli on hankalasti iteroitavissa, voi Lisrel ohjelmisto skaalata mallia kerto-

mallalla kaikki kovarianssit/korrelaatiot jollain tietyllä luvulla. Tämä selviää tulosten alusta mikäli siellä lukee, että ”*taken ridge option*”, tällöin myös esimerkiksi laskennan perustana olleen korrelaatiomatriisin korrelaatiokertoimet voivat olla itseisarvoltaan yli yksi. Mikäli ohjelma on suorittanut ”*ridge option*” toiminnon, tulee saadusta mallista erittäin epävakaa (pienet muutokset voivat vaikuttaa valtavasti mallin hyvyys indekseihin) ja malliin tulisi suhtautua silloin suurella varauksella. Tässä mallissa ko. ongelmaa ei esiinny, joten kuin jo aikaisemmin todettiin, malli voidaan hyväksyä mikäli $RMSEA < .08$. Muut arvot (boldatut) pitäisi olla $> .90$ ja SRMR arvon $< .05$. Malli täyttää asetetut raja-arvot (lukuun ottamatta SRMR arvoa joka on hiuksen hienosti $> .05$ mutta asympotoottisen kovarianssimatriisin kohdalla SRMR arvo usein on korkeahko) joten näin ollen malli voitaisiin arvojen perusteella hyväksyä. Tarkastellaan kuitenkin mallia vielä sillä silmällä että voisiko sitä a) parantaa ja b) onko siinä jotain perusteellista vikaa.

Mallista kannattaa miettiä muuttujien poistamista jos niiden faktorilataus on alhainen ($< .60$) ja/tai virhevarianssi (*Error Variance*) on suuri. Mallissa faktorilataukset ovat korkeita ($> .79$) ja muuttujien virhevarianssi melko alhaisia ($< .37$) joten muuttujia poistamalla malli ei todennäköisesti juurikaan paranisi. Eikä se esimerkkitapauksessa ole tärkeätä koska malli on jo hyväksyttävissä. Mikäli yksittäisen muuttujan virhevarianssi (näkyä kuvassa muuttujan vieressä) on suuri ($> .40$) muuttujan poistaminen mallista todennäköisesti parantaa mallia. Kolmas lisätarkastelu joka kannattaa jokaisen mallin kohdalla tehdä on valita ”*Estimations*” valikosta kohta ”*t-values*” josta nähdään ovatko faktorilataukset ja faktoreiden väliset estimaatit (eli regressiot) tilastollisesti merkitsevällä tasolla. Lisäksi nähdään yksittäisten muuttujien kohdalla virhevarianssin merkitsevyys. Mikäli t-arvon itseisarvo $< 1,96$ tarkoittaa se että t:n arvo ei ole tilastollisesti merkitsevä. LISREL näyttää tällaiset arvot punaisella (Kuva 10). Kuten kuvasta nähdään kaikki mallin regressiosuhteet ovat tilastollisesti merkitseviä ($> 1,96$).

Mallin jatkotarkastelua varten kannattaa avata ikkuna ”*Estimates -> Modification Indices*” josta nähdään mitkä suhteet ovat ongelmallisia. Näitä suhteita vapauttamalla mallia voi parantaa mutta samalla menetetään vapausasteita eikä tätä toimintatapaa kovin usein suositella käytettäväksi. Vapautettavat virhekorrelaatiot on kuitenkin oltava teoreettisesti perusteltavissa, tai muutoin mallin validiteetti huononee samalla kun reliabiliteetti paranee. Näin siksi, että jos mallissa on teoriaan kuulumattomia vaikutussuhteita, ei voida olettaa alkuperäisten vaikutussuhteiden olevan yhtä voimakkaita ja merkittäviä kuin uudessa mallissa. Modifikaatioindeksit usein kertovat että esim. a) muuttujat lataavat usealle faktorille ja/tai b) samalle faktorille la-

taavat muuttujat korreloivat erittäin vahvasti keskenään. Molemmista tapauksista aiheutuu mallin toimivuuden kannalle ongelmia. Tästä kannattaakin katsoa sellaisia riippuvuuksia joita poistamalla (poistetaan mallista ongelmallisia muuttujia) malli paranisi. Mitä suurempi modifikaatioindeksin arvo on sitä parempi mallista yleensä tulee jos indeksi vapautetaan. Mikäli indeksejä vapautetaan tulee tutkimusraportissa selittää mallissa vapautettujen virhekorrelaatioiden teoreettiset merkitykset. Mikäli teoreettisesti ei ole perusteltua vapauttaa virhetermien korrelaatioita, ei näin tulisi toimia. Äärimmäisenä esimerkkinä voidaan mainita malli, josta kaikki virhetermien korrelaatiot on vapautettu. Mallin reliabiliteetti on erittäin hyvä, koska malli lähenee saturoitua mallia, validiteetti puolestaan on surkea, koska mallin ei voida enää väittää mittaavansa alkuperäistä teoreettista mallia. Yleissääntönä kannattaa muistaa että modifikaatioindeksejä ei tulisi vapauttaa vaan yrittää kehittää mallia muilla keinoin.



KUVA 10. t-arvot

Rakenneyhtälömallin tulosten raportointi

Tulokset suositellaan raportoitavan kahdessa osassa joista ensimmäisessä (*Measurement model*¹) kohdassa kuvataan havaittujen mittareiden ja niiden muodostamien faktoreiden rakenne sekä kerrotaan mallin luotettavuus (reliabiliteetti ja validiteetti) ja suoritetaan muutkin hyvyystarkastelut. Aiemmin esitetyssä esimerkissä Measurement Model tarkastelu suoritettaisiin siten että SIMPLIS koodissa ei tarkastella faktoreiden välisiä suhteita eli laitetaan niiden rivien eteen huutomerkki seuraavasti (huutomerkki tarkoittaa että ko. riviä ei tarkastella analyysissä):

```
Observed Variables
COGL1 COGL2 COGL3 COGL4 AFFL1 AFFL2 AFFL3 AFFL4 AFFL5 CONL1 CONL2 CONL3 CONL4 ACL1
ACL2 ACL3 ACL4 ACL5 ACL6 CPS1 CPS2 CPS3 FUVA1 FUVA2 FUVA3 FUVA4 EMOVA1 EMOVAL2
EMOVAL3 EMVA4 SOVA1 SOVA2 SOVA3 TRU1 TRU2 TRU3 TRU4 TRU5 TRU6 REL1 REL2 REL3 REL4
RES1 RES2 RES3 RES4 ASS1 ASS2 ASS3 ASS4 EMP1 EMP2 EMP3 EMP4 EMP5 TAN1 TAN2 TAN3
TAN4
Correlation from file C:\Temp\dna16cor
Asymptotic Covariance Matrix from file C:\Temp\dna16acov
Sample size 1385
Latent Variables
COGL AFFL CONL ACL ACLR CPS FUVA EMOV SOVA TRU SQ LOY PEVA
Relationships
ACL1 ACL2 ACL6 = ACL
ACL4 ACL5 = ACLR
CPS1 CPS2 CPS3 = CPS
SOVA1 SOVA2 SOVA3 = SOVA
TRU1 TRU2 TRU3 TRU4 TRU6 = TRU
REL1 REL2 REL3 REL4 RES1 RES2 RES3 RES4 ASS1 ASS2 ASS3 ASS4 = SQ
!TRU = SQ (rivin alkuun huutomerkki jolloin sitä ei tarkastella)
!CPS = SQ (rivin alkuun huutomerkki jolloin sitä ei tarkastella)
!TRU = CPS SOVA (rivin alkuun huutomerkki jolloin sitä ei tarkastella)
!ACL = TRU CPS (rivin alkuun huutomerkki jolloin sitä ei tarkastella)
!ACLR = ACL SOVA (rivin alkuun huutomerkki jolloin sitä ei tarkastella)
LISREL OUTPUT: SC WLS MI MR AD=OFF
Path Diagram
End of Problem
```

Ohjelma tulostaa faktorirakenteen jossa on mukana vain havaitut muuttujat eikä faktoreiden välisiä suhteita tässä vaiheessa vielä tarkastella. Tutkimusraportissa tässä osiossa on syytä kertoa faktorilataukset, t-arvot sekä AVEt ja mittareiden reliabiliteettiarvot kuten jäljempänä esimerkissä kerrotaan.

Toisessa kohdassa (*Structural model*) kuvataan faktoreiden väliset suhteet eli käydään läpi faktoreiden väliset riippuvuudet (selitysasteet). Yleensä tässä kohdassa vastataan esitettyihin

¹ <http://www.ssicentral.com/lisrel/techdocs/MeasurementModelOutput.pdf>

tutkimushypoteeseihin. Pääpiirteittäin kerronta voisi olla seuraavanlainen (Karjaluoto et al., 2007):

Measurement Model

Measurement model assessment

Following the recommendation made by Anderson and Gerbing (1988), we adopted a two-step method to test (1) measurement model, and (2) structural model. First, in assessing the measurement model, a confirmatory factor analysis (CFA) was conducted using LISREL8.7 (see Table 1).

Table 1: Factor Loadings for the Study Constructs

<i>Measurement model</i>	<i>Item</i>	<i>Unstandardized solution (t-values shown in parentheses, all at $p < .05$)</i>	<i>Completely standardized solution</i>
Action loyalty	ACL1	Tähän estimaatit ja t-arvot	Tähän faktorilataukset
	ACL2		
	ACL6		
Seuraava faktori	Jne.		

Reliability and validity of the model

Construct and discriminant validity

-tässä kohdassa tarkastellaan mallin validiteettia

-sisäinen validiteetti (mittareiden lataukset faktoriin pitää olla korkeita, Cronbach alpha ja construct reliability)

-AVE > 0.5 (*Another test on convergent validity involved an investigation of the average variance extracted (AVE) of the constructs. A model can be considered to have good convergent validity if at least 50 percent of measurement variance is captured by the construct (AVE > 0.5) (Fornell and Larcker 1981). The average variance extracted of all the constructs in the model exceeded the cut-off criteria of 0.5 and ranged from 0.61 to 0.84, indicating good convergent validity of the model. AVEs are shown in Appendix B².*

² LISREL ei laske AVEa vaan se pitää laskea esim. Excelin avulla oheisella kaavalla.

Completely standardised loadings (Lambda-X)		Error variances (Theta-Delta)		Completely standardised loadings squared (Lambda-X)	
ACL1	0,79		0,37	0,624	
ACL2	0,9		0,19	0,810	
ACL6	0,84		0,29	0,706	
TOTAL	2,53		0,85	2,140	
SQUARED	6,401			4,578	
Composite reliability			0,8828	Average variance extracted	0,7157

KUVA 15. Mallin reliabiliteetin ja validiteetin laskeminen³

Laskentakaavat ovat seuraavat:

TOTAL: =SUM(ACL1:ACL6)

SQUARED: =SUM²

Composite reliability: =6,401/(6,401+0,85)

Average variance extracted: =2,140/(2,140+0,85)

To prove discriminant validity of the model we used a procedure proposed by Fornell and Larcker (1981). They suggest assessing discriminant validity by investigating whether AVE for the items is greater than their shared variance; that is, to examine whether the square root of the AVE for a given construct is greater than the absolute value of the standardized correlation of the given construct with any other construct in the analysis. **ELI SUOMEKSI TARKOITTA AVE –arvosta otettu neliöjuuri pitää olla suurempi kuin kyseisen faktorin korrelaatio muiden faktoreiden kanssa.** Esim. seuraavassa taulukossa AVE –arvoista otetut neliöjuuret näkyvät tummennettuina. Kuten nähdään arvot ovat suurempia kuin kyseisen faktorin korrelaatiot muiden faktoreiden kanssa joten mallin validiteetti on hyvä).

³ Klikkaamalla taulukkoa pääset syöttämään tarvittavat arvot (löytyvät LISRELin .OUT tiedostosta kun malli identifioidaan). Excel pohja laskee automaattisesti ”Composite reliability”:n sekä AVE:n

Correlation matrix of the constructs, AVEs and square root of the AVEs (on the diagonal)

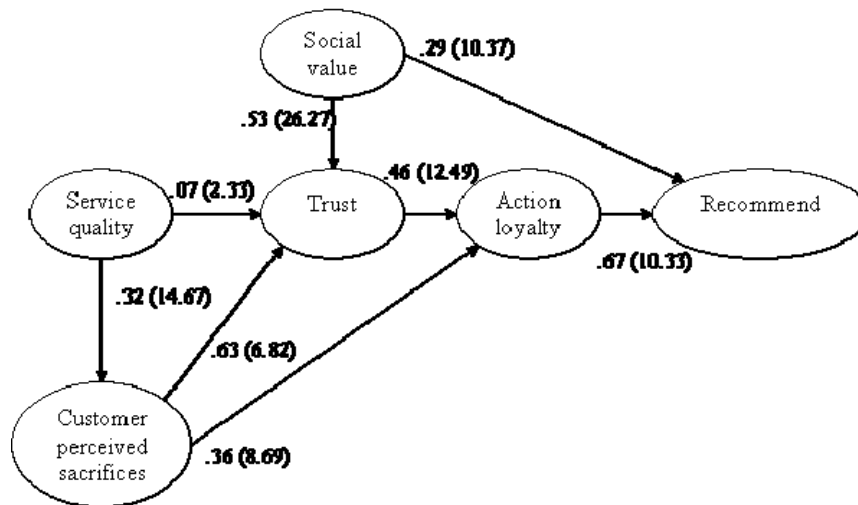
	AVE	ACL	ACLR	CPS	TRU	SOVA	SQ
ACL	.72	0.85					
ACLR	.63	0.76	0.79				
CPS	.72	0.68	0.47	0.85			
TRU	.72	0.71	0.65	0.69	0.85		
SOVA	.74	0.30	0.49	0.08	0.59	0.86	
SQ	.90	0.30	0.27	0.32	0.40	0.24	0.95

Structural model assessment and hypotheses tests

-Tässä kohdassa kerrotaan mallin arvot ja faktoreiden väliset suhteet.

Esim.

The model fit was good (chi square = 2,261.25 (df=341), p = .00; CFI = .98; NNFI = .98; IFI = .98; GFI = .99, AGFI = .98; RMSEA = .05, standardized RMR = .07) (Bollen 1989; Browne and Cudek 1993; Hu and Bentler 1995). While the chi-square statistic becomes problematic with large samples, other indices like RMSEA should be used to assess model fit (Diamantopoulos and Siguaw 2000; Ullman and Bentler 2004). The RMSEA statistic for the model was below the cut-off criteria of .08 indicating a close fit of the model (Browne and Cudek 1993; Byrne 1989). The model is shown in Figure 2. The numbers represent the standardized path coefficients (*t* values are shown in parentheses).



KUVA 16 Structural model

-hypotesien testaus:

The hypotheses were tested by investigating the path coefficients, which shows the completely standardized LISREL estimates and their respective t values. As it can be seen, all the paths were statistically significant. Thus, there seems to be support for all the hypotheses. However, there was significant variation in the strength of the paths, which requires further explanation.

H1 contends that there is a positive and direct relationship between... The path coefficient ($\beta = .32$) is very strong with a high t value (14.67) indicating that service quality has a strong positive association with the customer perceived sacrifices....