

R user Conference 2012

R을 이용한 구조방정식

2012. 10. 24

신종화 (서울과학교육대학원)

박현수 (숭실대학교)

I. 사회과학에서의 구조방정식모형

I.
사회과학에서의
구조방정식모형

II.
구조방정식모형
프로그램

III.
Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.
LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.
SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.
Lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.
결과비교

VIII.
결론

- 측정오차
 - 대부분 사회과학에서 사용하는 변수는 측정오차가 존재
 - 잠재변수(latent variable)을 사용
- 측정의 구성타당도
 - 사회과학에서 사용하는 개념은 대체로 추상적 개념
 - 확인적 요인분석(Confirmatory factor analysis)을 사용
- 인과모형
 - 이론에서 가정한 개념들 간의 인과관계
 - 구조방정식모형(Structural equation model)을 사용

I. 사회과학에서의 구조방정식모형(용어)

I.
사회과학에서의
구조방정식모형

II.
구조방정식모형
프로그램

III.
Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.
LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.
SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.
Lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.
결과비교

VIII.
결론

- 잠재변수(latent variable), 구성물(construct)
- 명시변수(manifest variable), 측정변수(measured variable)
- 내생 (잠재) 변수(endogenous latent variable)
- 외생 (잠재) 변수(exogenous latent variable)
- 오차변수(error variable), 분산(variances)
- 공분산(covariance), 상관관계(correlations)
- 적합성지수(fit indices): GFI, TLI, CFI, NFI, ...
- 최대우도(maximum likelihood, ML), MLR, WLS,
- Minimum function of chi-square
- 직접효과, 간접효과, 총효과, 매개효과
- cfa(), sem(), growth curve, longitudinal sem, multi-level sem, pls, ...

I. 사회과학에서의 구조방정식모형

I.
사회과학에서의
구조방정식모형

II.
구조방정식모형
프로그램

III.
Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.
LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.
SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.
Lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.
결과비교

VIII.
결론

전체

~1999

2000~
2004

2005~
2012



RISS, For Higher Education

통합검색 학위논문 국내학술지논문 해외학술지논문 학술지 단행본 공개강의 기타자료 해외DB

HOME > 검색 > 통합검색

검색키워드 : 구조방정식
검색결과 : 총 16,606건 검색
학위논문(7,045), 국내학술지논문(3,864), 학술지(0), 단행본(5,590), 공개강의(9), 기타자료(98)



통합검색 학위논문 국내학술지논문 해외학술지논문 학술지 단행본 공개강의 기타자료 해외DB

HOME > 검색 > 통합검색

검색키워드 : 전체 : 구조방정식
검색결과 : 총 4,612건 검색
학위논문(1,095), 국내학술지논문(525), 학술지(0), 단행본(2,977), 공개강의(0), 기타자료(15)



통합검색 학위논문 국내학술지논문 해외학술지논문 학술지 단행본 공개강의 기타자료 해외DB

HOME > 검색 > 통합검색

검색키워드 : 전체 : 구조방정식
검색결과 : 총 3,763건 검색
학위논문(1,741), 국내학술지논문(632), 학술지(0), 단행본(1,362), 공개강의(0), 기타자료(28)



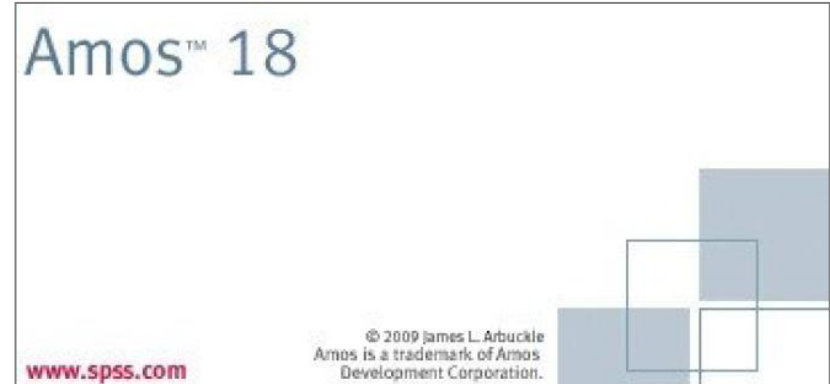
통합검색 학위논문 국내학술지논문 해외학술지논문 학술지 단행본 공개강의 기타자료 해외DB

HOME > 검색 > 통합검색

검색키워드 : 전체 : 구조방정식
검색결과 : 총 8,167건 검색
학위논문(4,209), 국내학술지논문(2,704), 학술지(0), 단행본(1,198), 공개강의(9), 기타자료(47)

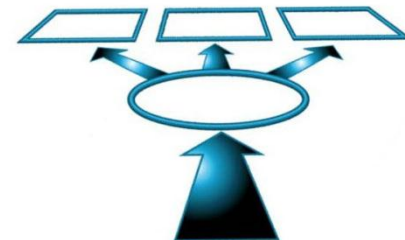
II. 구조방정식모형 프로그램

- 구조방정식모형 상용프로그램



Mplus

Structural Equation Modeling
Has Never Been Easier!
New EQS Version 6.1



II. 구조방정식모형 프로그램(CRAN taskview)

I.

사회과학에서의
구조방정식모형

II.

구조방정식모형
프로그램

III.

Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.

LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.

SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.

Lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.

결과비교



- <http://cran.r-project.org/web/views/Psychometrics.html>
 - **Structural Equation Models, Factor Analysis, PCA:**
- <http://cran.r-project.org/web/views/SocialSciences.html>
 - *Structural-equation models:*

II. 구조방정식모형 프로그램

I.
사회과학에서의
구조방정식모형

II.
구조방정식모형
프로그램

III.
Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.
LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.
SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.
Lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.
결과비교

VIII.
결론



- Lavaan 0.5-9
 - Yves Rosseel, 2012
- SEM 3.0-0
 - John Fox, 2012
- OpenMx 1.3.1
 - S. Boker et al, 2012

Ⅲ. Amos를 이용한 구조방정식모형

I.

사회과학에서의
구조방정식모형

II.

구조방정식모형
프로그램

III.

Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.

LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.

SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.

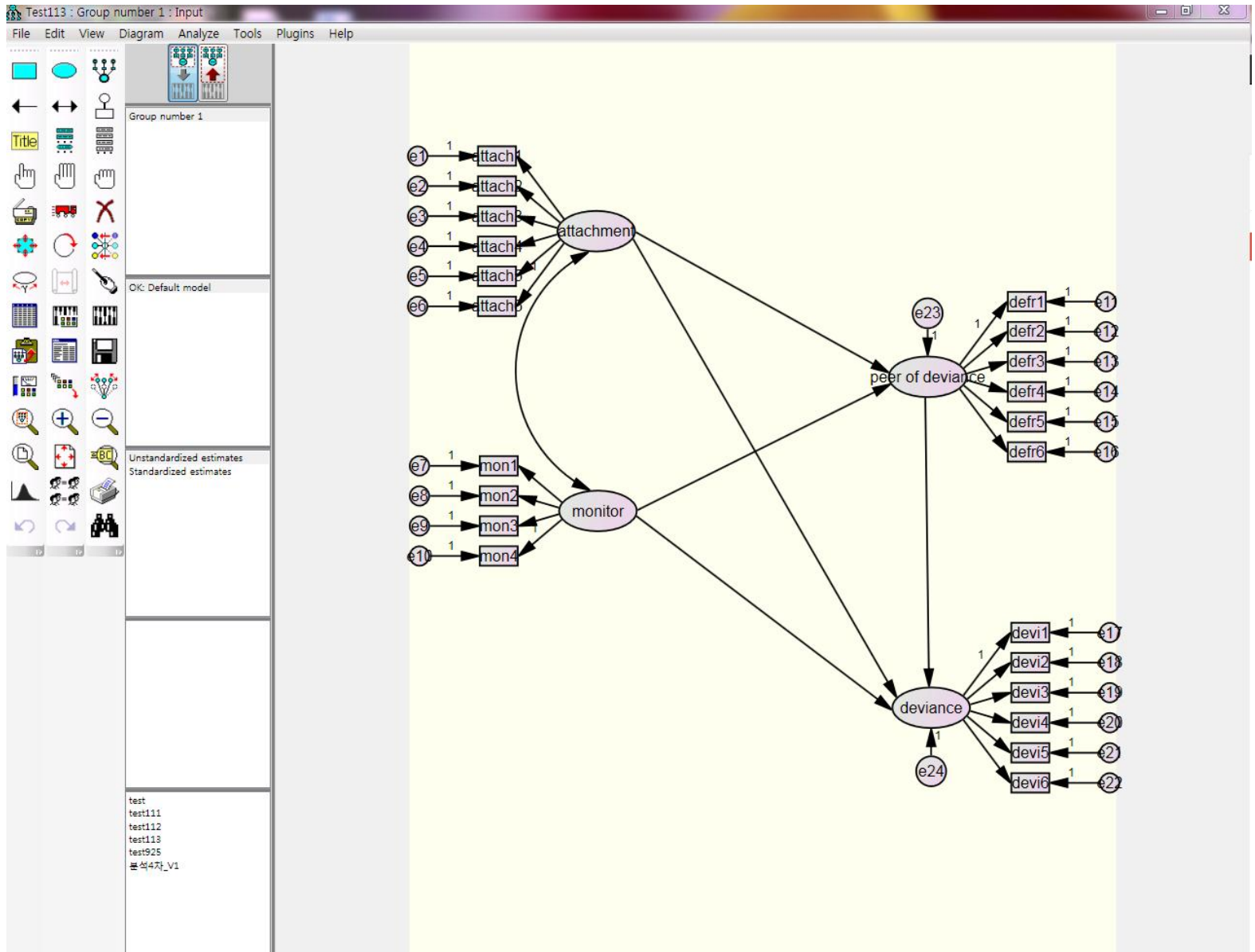
Lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.

결과비교

VIII.

결론



Ⅲ. Amos를 이용한 구조방정식모형

I.

사회과학에서의
구조방정식모형

II.

구조방정식모형
프로그램

III.

Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.

LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.

SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.

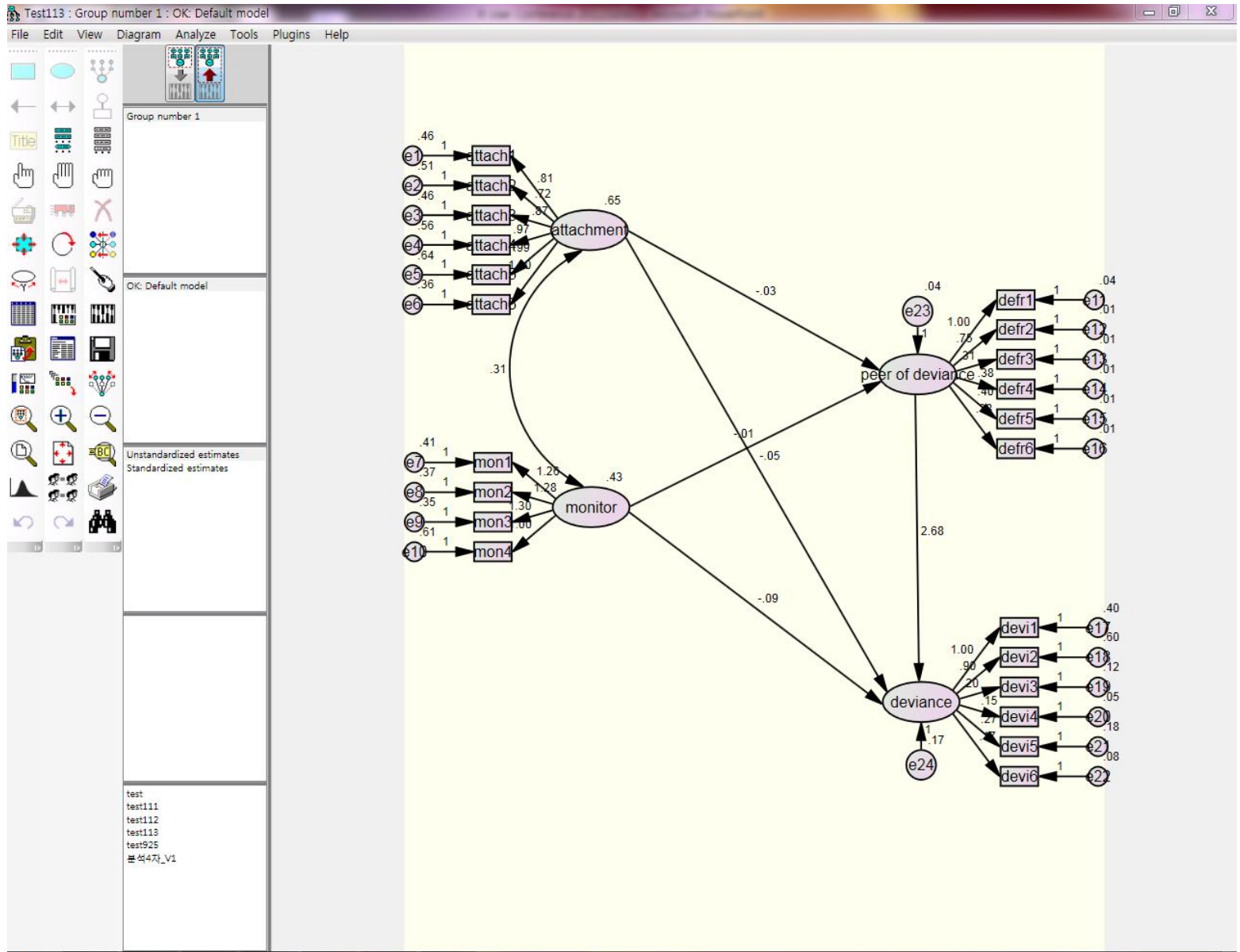
Lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.

결과비교

VIII.

결론



Ⅲ. Amos를 이용한 구조방정식모형

I.

사회과학에서의
구조방정식모형

II.

구조방정식모형
프로그램

III.

Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.

LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.

SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.

Lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.

결과비교

VIII.

결론

Amos Output

test113.amw

- Analysis Summary
- Notes for Group
- Variable Summary
- Parameter summary
- Notes for Model
- Estimates**
- Minimization History
- Model Fit
- Execution Time

Estimates (Group number 1 - Default model)

Scalar Estimates (Group number 1 - Default model)

Maximum Likelihood Estimates

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
peer of deviance <--- attachment	-.028	.007	-4.255	***	
peer of deviance <--- monitor	-.011	.008	-1.391	.164	
deviance <--- attachment	-.050	.020	-2.502	.012	
deviance <--- peer of deviance	2.682	.093	28.776	***	
deviance <--- monitor	-.085	.024	-3.502	***	
attach6 <--- attachment	1.000				
attach5 <--- attachment	.991	.024	41.327	***	
attach4 <--- attachment	.972	.023	42.464	***	
attach3 <--- attachment	.872	.021	41.995	***	
attach2 <--- attachment	.722	.020	36.193	***	
attach1 <--- attachment	.810	.020	40.284	***	
mon4 <--- monitor	1.000				
mon3 <--- monitor	1.304	.035	37.660	***	
mon2 <--- monitor	1.282	.034	37.256	***	
mon1 <--- monitor	1.260	.034	36.639	***	
defr1 <--- peer of deviance	1.000				
defr2 <--- peer of deviance	.745	.020	36.526	***	
defr3 <--- peer of deviance	.314	.012	26.510	***	
defr4 <--- peer of deviance	.385	.013	30.346	***	
defr5 <--- peer of deviance	.402	.013	31.292	***	
defr6 <--- peer of deviance	.379	.015	25.908	***	
devi1 <--- deviance	1.000				
devi2 <--- deviance	.896	.031	28.752	***	
devi3 <--- deviance	.197	.011	17.366	***	
devi4 <--- deviance	.151	.008	19.918	***	
devi5 <--- deviance	.269	.014	19.472	***	
devi6 <--- deviance	.170	.009	18.626	***	

Standardized Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

	Estimate
peer of deviance <--- attachment	-.117
peer of deviance <--- monitor	-.038
deviance <--- attachment	-.060
deviance <--- peer of deviance	.766
deviance <--- monitor	-.084

IV. LISREL을 이용한 구조방정식모형

사회과학에서의 구조방정식모형

구조방정식모형 프로그램

Amos를 이용한 구조방정식모형

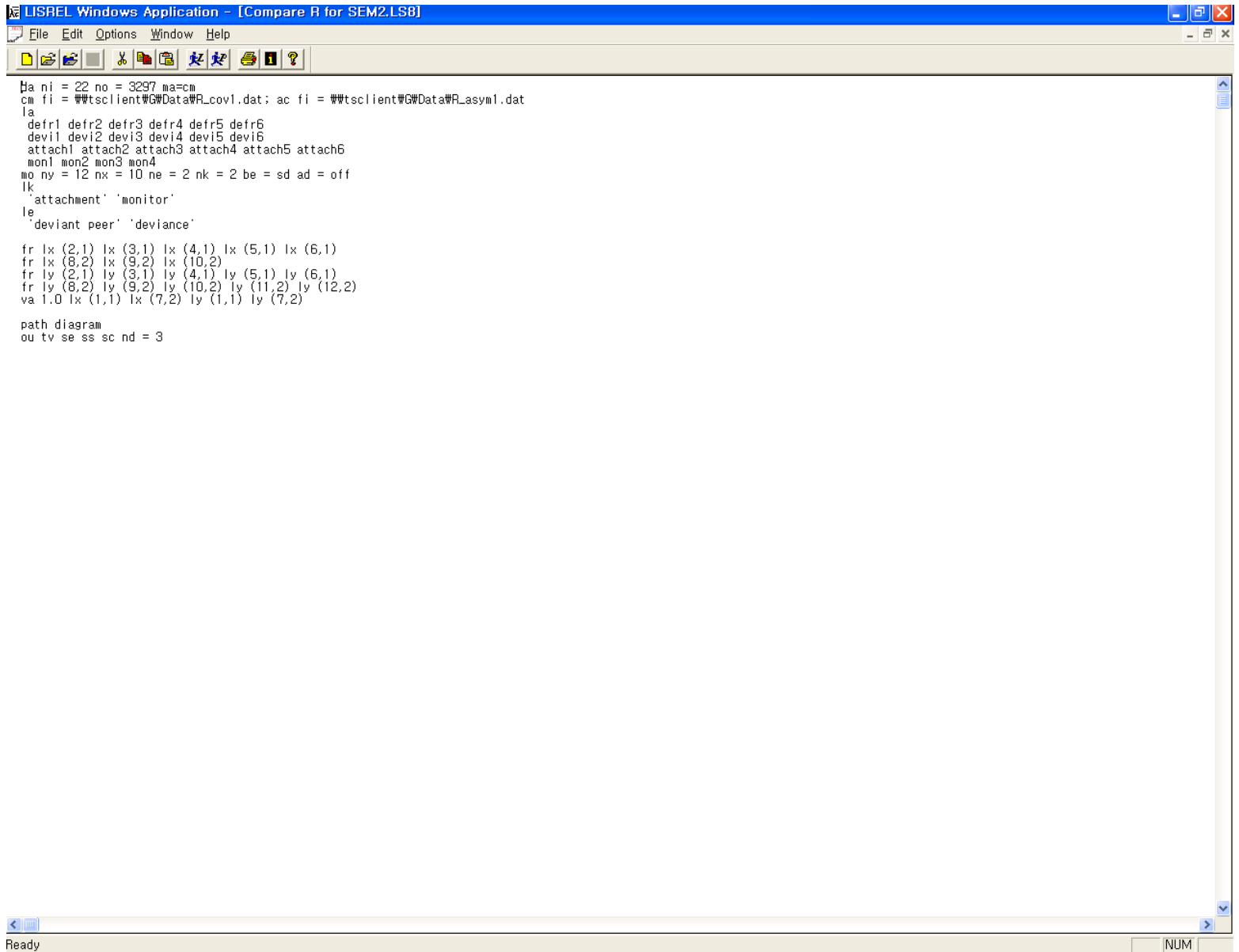
LISREL을 이용한 구조방정식모형

SEM을 이용한 구조방정식모형

Lavaan을 이용한 구조방정식모형

결과비교

결론



IV. LISREL을 이용한 구조방정식모형

I.

사회과학에서의
구조방정식모형

II.

구조방정식모형
프로그램

III.

Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.

LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.

SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.

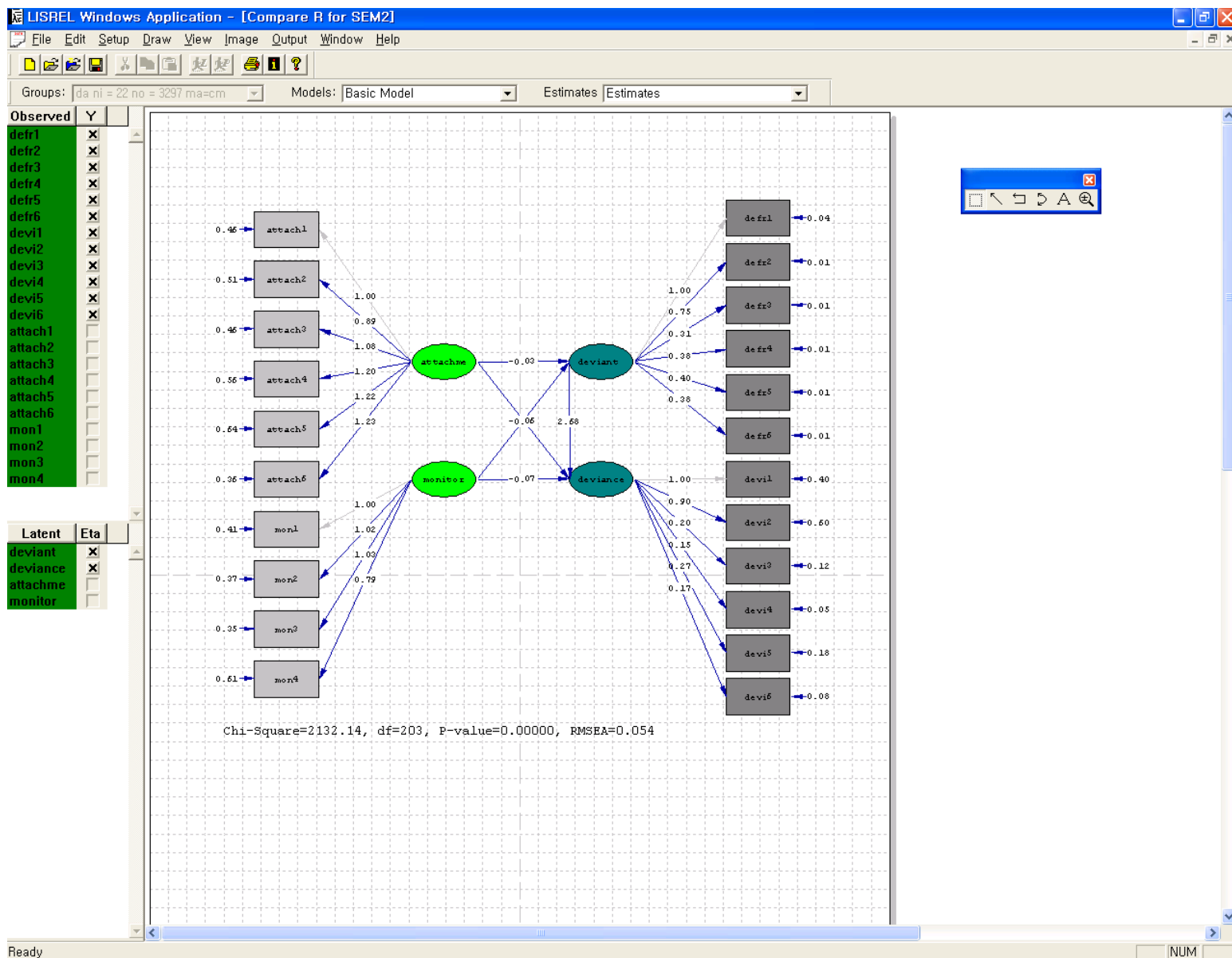
Lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.

결과비교

VIII.

결론



IV. LISREL을 이용한 구조방정식모형

I.

사회과학에서의
구조방정식모형

II.

구조방정식모형
프로그램

III.

Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.

LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.

SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.

Lam을 이용한
구조방정식모형

VII.

결과비교

VIII.

결론

```
LISREL Windows Application - [Compare R for SEM2.OUT]
File Edit Options Window Help

DATE/21/2012
TIME: 4:46

L I S R E L  8.54

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., 1981-2002
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 \\*tsclient\G#\Data\Compare R for SEM2.LS8:

da ni = 22 no = 3297 ma=cm
cm fi = \\*tsclient\G#\Data\R_cov1.dat; ac fi = \\*tsclient\G#\Data\R_asym1.dat
la
defr1 defr2 defr3 defr4 defr5 defr6
devi1 devi2 devi3 devi4 devi5 devi6
attach1 attach2 attach3 attach4 attach5 attach6
mon1 mon2 mon3 mon4
no ny = 12 nx = 10 ne = 2 nk = 2 be = sd ad = off
lk
'attachment' 'monitor'
le
'deviant peer' 'deviance'

fr lx (2,1) lx (3,1) lx (4,1) lx (5,1) lx (6,1)
fr lx (8,2) lx (9,2) lx (10,2)
fr ly (2,1) ly (3,1) ly (4,1) ly (5,1) ly (6,1)
fr ly (8,2) ly (9,2) ly (10,2) ly (11,2) ly (12,2)
va 1.0 lx (1,1) lx (7,2) ly (1,1) ly (7,2)

path diagram
ou tv se ss sc nd = 3

da ni = 22 no = 3297 ma=cm
Number of Input Variables 22
Number of Y - Variables 12
Number of X - Variables 10
Number of ETA - Variables 2
Number of KSI - Variables 2
Number of Observations 3297

da ni = 22 no = 3297 ma=cm
Covariance Matrix

      defr1      defr2      defr3      defr4      defr5      defr6
defr1      0.077
defr2      0.031      0.035
defr3      0.010      0.008      0.013
defr4      0.011      0.009      0.006      0.015
defr5      0.013      0.010      0.005      0.008      0.015
```

V. SEM을 이용한 구조방정식모형

I.

사회과학에서의
구조방정식모형

II.

구조방정식모형
프로그램

III.

Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.

LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.

SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.

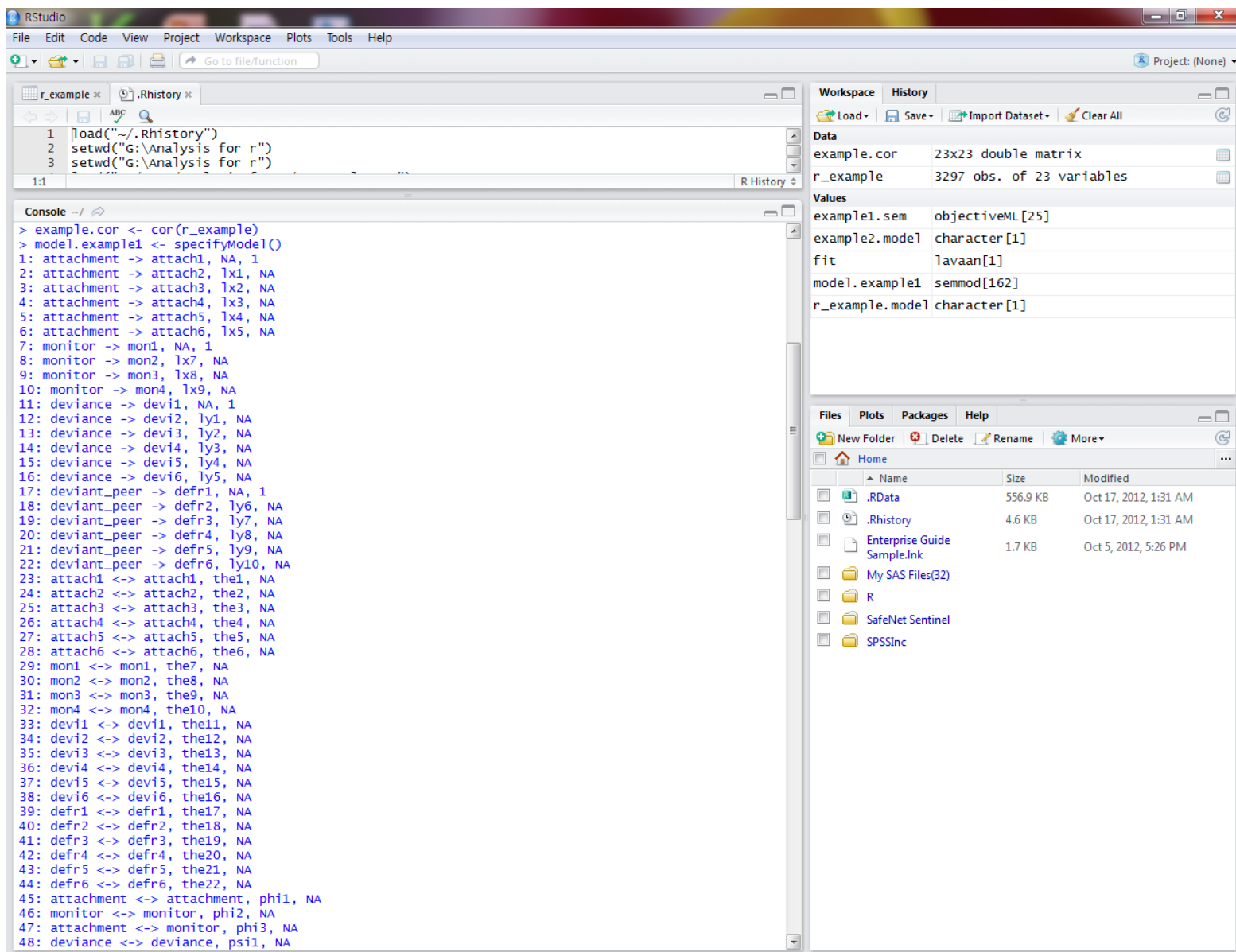
lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.

결과비교

VIII.

결론



The screenshot shows the RStudio interface with a script editor, console, and workspace. The script editor contains R code for loading data, specifying a model, and running it. The console shows the output of the code. The workspace shows the loaded data and model objects.

```
1 load("~/Rhistory")
2 setwd("G:\\Analysis for r")
3 setwd("G:\\Analysis for r")

> example.cor <- cor(r_example)
> model.example1 <- specifyModel()
1: attachment -> attach1, NA, 1
2: attachment -> attach2, 1x1, NA
3: attachment -> attach3, 1x2, NA
4: attachment -> attach4, 1x3, NA
5: attachment -> attach5, 1x4, NA
6: attachment -> attach6, 1x5, NA
7: monitor -> mon1, NA, 1
8: monitor -> mon2, 1x7, NA
9: monitor -> mon3, 1x8, NA
10: monitor -> mon4, 1x9, NA
11: deviance -> devi1, NA, 1
12: deviance -> devi2, 1y1, NA
13: deviance -> devi3, 1y2, NA
14: deviance -> devi4, 1y3, NA
15: deviance -> devi5, 1y4, NA
16: deviance -> devi6, 1y5, NA
17: deviant_peer -> defr1, NA, 1
18: deviant_peer -> defr2, 1y6, NA
19: deviant_peer -> defr3, 1y7, NA
20: deviant_peer -> defr4, 1y8, NA
21: deviant_peer -> defr5, 1y9, NA
22: deviant_peer -> defr6, 1y10, NA
23: attach1 <-> attach1, the1, NA
24: attach2 <-> attach2, the2, NA
25: attach3 <-> attach3, the3, NA
26: attach4 <-> attach4, the4, NA
27: attach5 <-> attach5, the5, NA
28: attach6 <-> attach6, the6, NA
29: mon1 <-> mon1, the7, NA
30: mon2 <-> mon2, the8, NA
31: mon3 <-> mon3, the9, NA
32: mon4 <-> mon4, the10, NA
33: devi1 <-> devi1, the11, NA
34: devi2 <-> devi2, the12, NA
35: devi3 <-> devi3, the13, NA
36: devi4 <-> devi4, the14, NA
37: devi5 <-> devi5, the15, NA
38: devi6 <-> devi6, the16, NA
39: defr1 <-> defr1, the17, NA
40: defr2 <-> defr2, the18, NA
41: defr3 <-> defr3, the19, NA
42: defr4 <-> defr4, the20, NA
43: defr5 <-> defr5, the21, NA
44: defr6 <-> defr6, the22, NA
45: attachment <-> attachment, phi1, NA
46: monitor <-> monitor, phi2, NA
47: attachment <-> monitor, phi3, NA
48: deviance <-> deviance, psi1, NA
```

Workspace:

Object	Class
example.cor	23x23 double matrix
r_example	3297 obs. of 23 variables
example1.sem	objectiveml[25]
example2.model	character[1]
fit	lavaan[1]
model.example1	semmod[162]
r_example.model	character[1]

Files:

Name	Size	Modified
.RData	556.9 KB	Oct 17, 2012, 1:31 AM
.Rhistory	4.6 KB	Oct 17, 2012, 1:31 AM
Enterprise Guide Sample.Ink	1.7 KB	Oct 5, 2012, 5:26 PM
My SAS Files(32)		
R		
SafeNet Sentinel		
SPSSInc		

V. SEM을 이용한 구조방정식모형

I.

사회과학에서의
구조방정식모형

II.

구조방정식모형
프로그램

III.

Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.

LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.

SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.

lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.

결과비교

VIII.

결론

The screenshot displays the RStudio interface with the following components:

- Source Editor:** Contains R code for loading data and running the SEM model.

```
1 load("~/Rhistory")
2 setwd("G:\Analysis for r")
3 setwd("G:\Analysis for r")
```
- Console:** Shows the output of `summary(example1.sem)`.

```
> summary(example1.sem)

Model Chi-square = 3740.1 Df = 203 Pr(>ChiSq) = 0
Chi-square (null model) = 26415 Df = 231
Goodness-of-fit index = 0.89874
Adjusted goodness-of-fit index = 0.8738
RMSEA index = 0.072708 90% CI: (NA, NA)
Bentler-Bonnett NFI = 0.85841
Tucker-Lewis NNFI = 0.84628
Bentler CFI = 0.86491
SRMR = 0.046196
AIC = 3840.1
AICc = 3741.7
BIC = 4145.1
CAIC = 1892.6

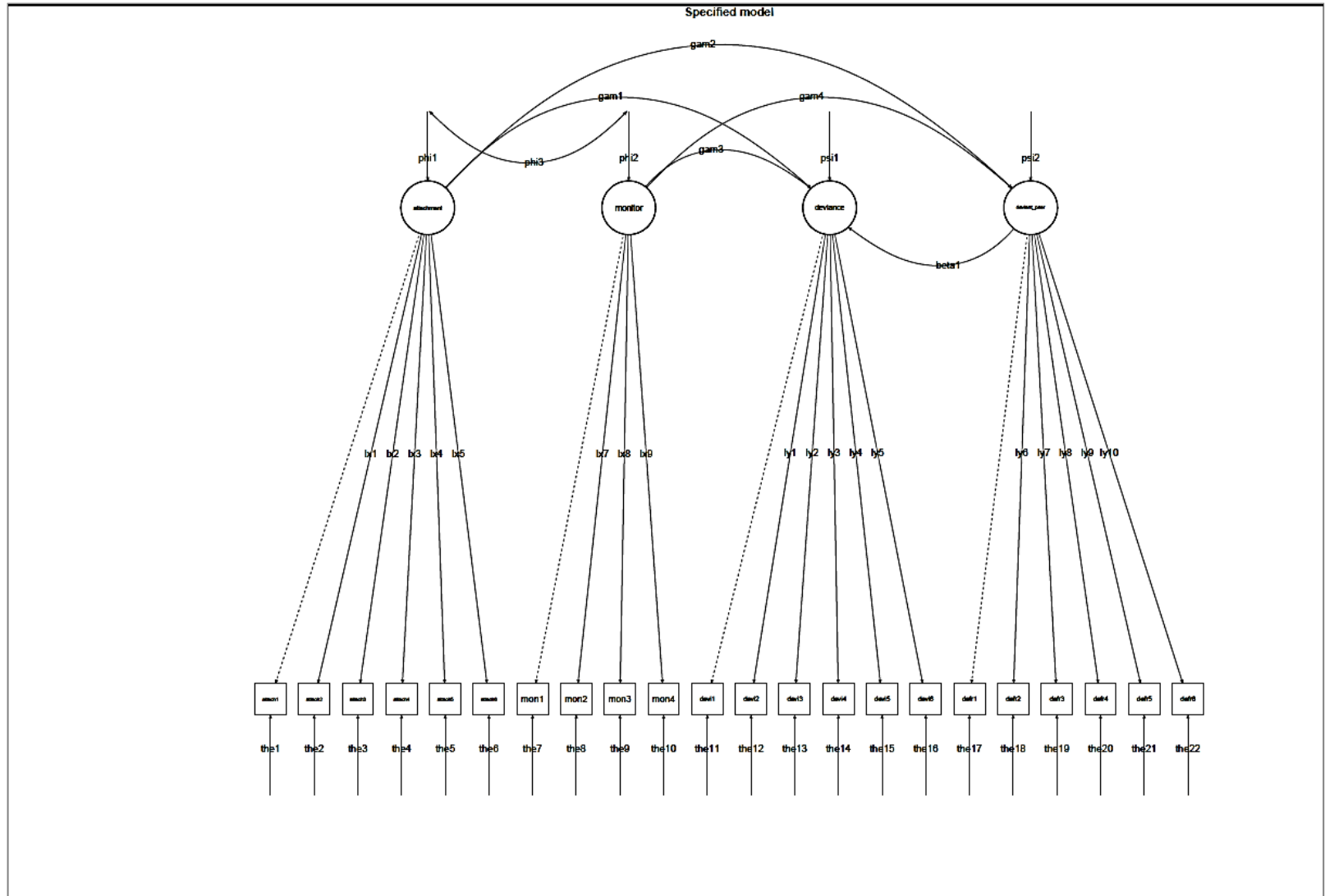
Normalized Residuals
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
-5.8400 -1.4000 -0.1440 -0.0263 0.7780 15.3000

R-square for Endogenous Variables
attach1 attach2 attach3 attach4 attach5 attach6
0.4780 0.3965 0.5137 0.5236 0.4996 0.6395
mon1 mon2 mon3 mon4 deviance dev1
0.6234 0.6558 0.6793 0.4132 0.6300 0.5275
devi2 devi3 devi4 devi5 devi6 deviant_peer
0.3737 0.1227 0.1638 0.1561 0.1421 0.0203
defr1 defr2 defr3 defr4 defr5 defr6
0.4734 0.5851 0.2756 0.3715 0.3984 0.2622

Parameter Estimates
Estimate Std Error z value Pr(>|z|)
1x1 0.910783 0.027921 32.6203 2.1119e-233
1x2 1.036660 0.028251 36.6940 9.1005e-295
1x3 1.046654 0.028282 37.0074 8.7006e-300
1x4 1.022385 0.028209 36.2433 1.2689e-287
1x5 1.156693 0.028713 40.2839 0.0000e+00
1x7 1.025648 0.021693 47.2800 0.0000e+00
1x8 1.043886 0.021723 48.0547 0.0000e+00
1x9 0.814143 0.022221 36.6388 6.9090e-294
1y1 0.841661 0.029273 28.7523 8.4844e-182
1y2 0.482334 0.027774 17.3662 1.4886e-67
1y3 0.557201 0.027975 19.9177 2.8608e-88
1y4 0.544000 0.027937 19.4724 1.8823e-84
1y5 0.519085 0.027868 18.6264 1.9617e-77
1y6 1.111649 0.030434 36.5260 4.2893e-292
1y7 0.762941 0.028780 26.5095 7.5341e-155
1y8 0.885844 0.029192 30.3460 2.8405e-202
1y9 0.917306 0.029315 31.2918 6.0273e-215
1y10 0.744214 0.028725 25.9082 5.3834e-148
```
- Workspace:** Lists loaded objects including `example1.sem`, `example2.model`, `fit`, `model.example1`, and `r_example.model`.
- Files:** Shows the file explorer with various project files like `.RData`, `.Rhistory`, and `test.pdf`.

V. SEM을 이용한 구조방정식모형

• Qgraph package 활용



VI. Lavaan을 이용한 구조방정식모형

I.

사회과학에서의
구조방정식모형

II.

구조방정식모형
프로그램

III.

Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.

LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.

SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.

Lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.

결과비교

VIII.

결론

RStudio

File Edit Code View Project Workspace Plots Tools Help

Go to file/function

r_example x .Rhistory x

```
1 load("~/Rhistory")
2 setwd("G:\\Analysis for r")
3 setwd("G:\\Analysis for r")
```

Console

```
> example2.model <- 'attachment~attach1+attach2+attach3+attach4+attach5+attach6
+ monitor~mon1+mon2+mon3+mon4
+ deviance~devi1+devi2+devi3+devi4+devi5+devi6
+ deviant_peer~defr1+defr2+defr3+defr4+defr5+defr6
+ attachment~monitor
+ deviance~attachment
+ deviant_peer~attachment
+ deviance~monitor
+ deviant_peer~monitor
+ deviance~deviant_peer'
> fit <- sem(example2.model, data=r_example)
> summary(fit, standardized=TRUE)
lavaan (0.5-9) converged normally after 111 iterations

Number of observations              3297

Estimator                      ML
Minimum Function Chi-square      3741.230
Degrees of freedom                203
P-value                          0.000

Parameter estimates:

Information                      Expected
Standard Errors                  Standard

Latent variables:
attachment ~
  attach1      1.000
  attach2      0.891    0.027    32.625    0.000    0.651    0.691
  attach3      1.076    0.029    36.700    0.000    0.701    0.717
  attach4      1.199    0.032    37.013    0.000    0.781    0.724
  attach5      1.223    0.034    36.249    0.000    0.797    0.707
  attach6      1.234    0.031    40.290    0.000    0.804    0.800
monitor ~
  mon1      1.000
  mon2      1.017    0.022    47.287    0.000    0.828    0.790
  mon3      1.035    0.022    48.062    0.000    0.857    0.824
  mon4      0.793    0.022    36.644    0.000    0.657    0.643
deviance ~
  devi1      1.000
  devi2      0.896    0.031    28.757    0.000    0.668    0.726
  devi3      0.197    0.011    17.369    0.000    0.132    0.350
  devi4      0.151    0.008    19.921    0.000    0.101    0.405
  devi5      0.269    0.014    19.475    0.000    0.180    0.395
  devi6      0.170    0.009    18.629    0.000    0.113    0.377
deviant_peer ~
  defr1      1.000
  defr2      0.896    0.031    28.757    0.000    0.668    0.726
  defr3      0.197    0.011    17.369    0.000    0.132    0.350
  defr4      0.151    0.008    19.921    0.000    0.101    0.405
  defr5      0.269    0.014    19.475    0.000    0.180    0.395
  defr6      0.170    0.009    18.629    0.000    0.113    0.377
```

Workspace History

Load Save Import Dataset Clear All

Data

example.cor	23x23 double matrix
r_example	3297 obs. of 23 variables

Values

example1.sem	objectiveML[25]
example2.model	character[1]
fit	lavaan[1]
model.example1	semmod[162]
r_example.model	character[1]

Files Plots Packages Help

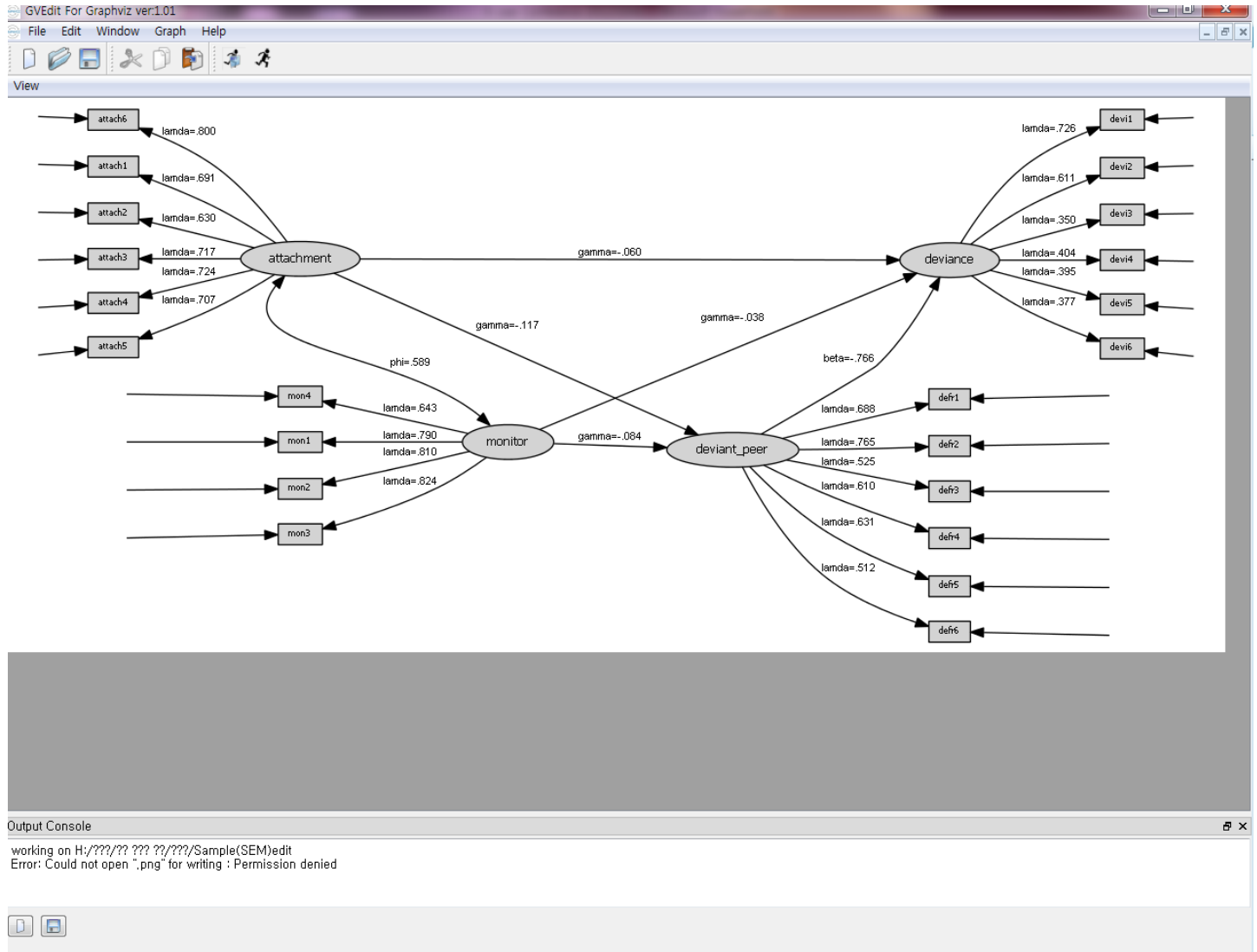
New Folder Delete Rename More

Home

Name	Size	Modified
.RData	556.9 KB	Oct 17, 2012, 1:31 AM
.Rhistory	4.6 KB	Oct 17, 2012, 1:31 AM
Enterprise Guide Sample.Ink	1.7 KB	Oct 5, 2012, 5:26 PM
My SAS Files(32)		
R		
SafeNet Sentinel		
SPSSInc		
test.pdf	49.7 KB	Oct 21, 2012, 5:04 AM

VI. Lavaan을 이용한 구조방정식모형

- Graphviz를 활용 (dot 결과물)



VI. Lavaan을 이용한 구조방정식모형

I.

사회과학에서의
구조방정식모형

II.

구조방정식모형
프로그램

III.

Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.

LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.

SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.

Lavaan을 이용한
구조방정식모형

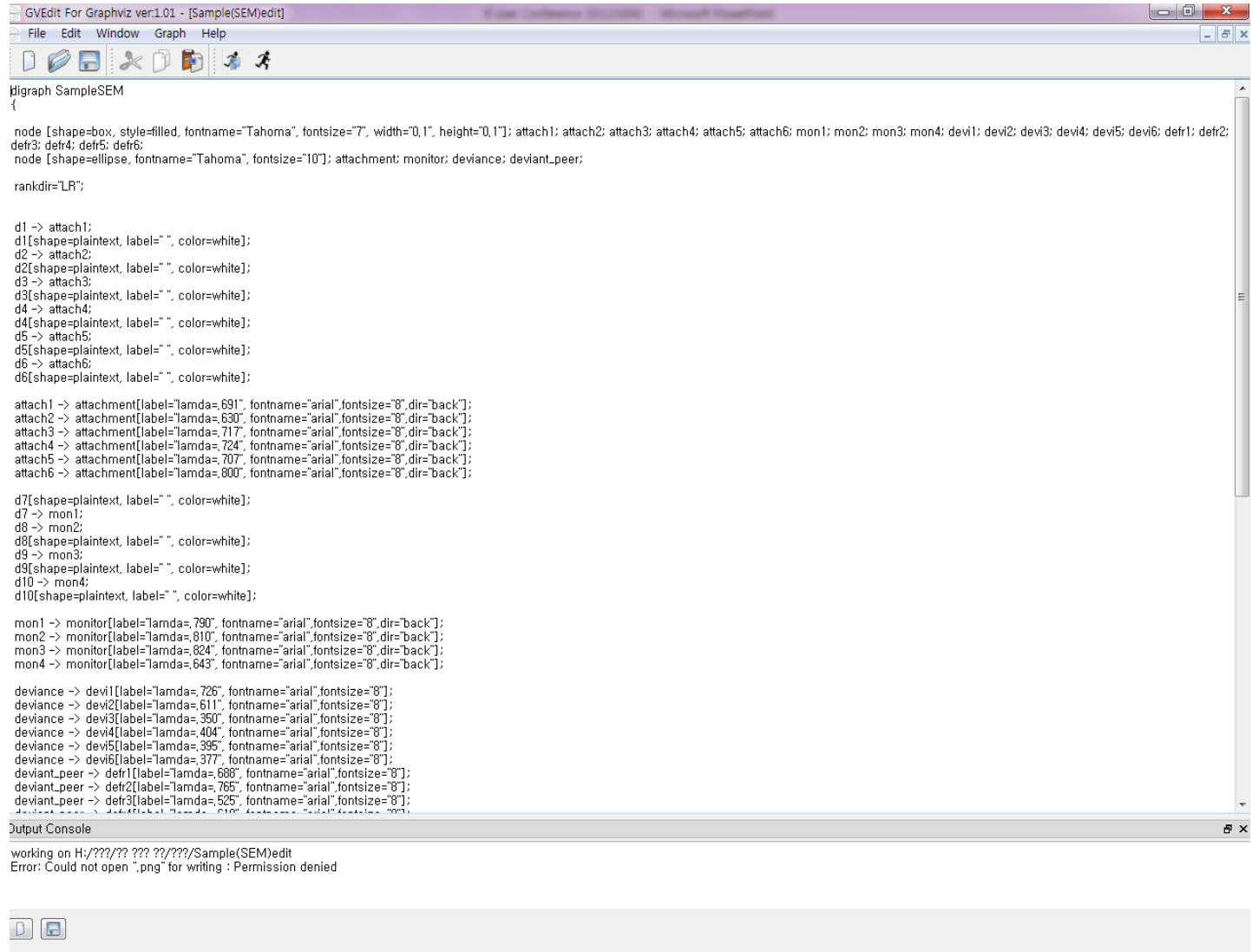
VII.

결과비교

VIII.

결론

• Graphviz의 이용



```
node [shape=box, style=filled, fontname="Tahoma", fontsize="7", width="0.1", height="0.1"]; attach1; attach2; attach3; attach4; attach5; attach6; mon1; mon2; mon3; mon4; dev1; dev2; dev3; dev4; dev5; dev6; devr1; devr2; devr3; devr4; devr5; devr6;
node [shape=ellipse, fontname="Tahoma", fontsize="10"]; attachment; monitor; deviance; deviant_peer;

rankdir="LR";

d1 -> attach1;
d1[shape=plaintext, label=" ", color=white];
d2 -> attach2;
d2[shape=plaintext, label=" ", color=white];
d3 -> attach3;
d3[shape=plaintext, label=" ", color=white];
d4 -> attach4;
d4[shape=plaintext, label=" ", color=white];
d5 -> attach5;
d5[shape=plaintext, label=" ", color=white];
d6 -> attach6;
d6[shape=plaintext, label=" ", color=white];

attach1 -> attachment[label="lamda=.691", fontname="arial", fontsize="8", dir="back"];
attach2 -> attachment[label="lamda=.630", fontname="arial", fontsize="8", dir="back"];
attach3 -> attachment[label="lamda=.717", fontname="arial", fontsize="8", dir="back"];
attach4 -> attachment[label="lamda=.724", fontname="arial", fontsize="8", dir="back"];
attach5 -> attachment[label="lamda=.707", fontname="arial", fontsize="8", dir="back"];
attach6 -> attachment[label="lamda=.800", fontname="arial", fontsize="8", dir="back"];

d7[shape=plaintext, label=" ", color=white];
d7 -> mon1;
d8 -> mon2;
d8[shape=plaintext, label=" ", color=white];
d9 -> mon3;
d9[shape=plaintext, label=" ", color=white];
d10 -> mon4;
d10[shape=plaintext, label=" ", color=white];

mon1 -> monitor[label="lamda=.790", fontname="arial", fontsize="8", dir="back"];
mon2 -> monitor[label="lamda=.810", fontname="arial", fontsize="8", dir="back"];
mon3 -> monitor[label="lamda=.824", fontname="arial", fontsize="8", dir="back"];
mon4 -> monitor[label="lamda=.643", fontname="arial", fontsize="8", dir="back"];

deviance -> dev1[label="lamda=.726", fontname="arial", fontsize="8"];
deviance -> dev2[label="lamda=.611", fontname="arial", fontsize="8"];
deviance -> dev3[label="lamda=.350", fontname="arial", fontsize="8"];
deviance -> dev4[label="lamda=.404", fontname="arial", fontsize="8"];
deviance -> dev5[label="lamda=.395", fontname="arial", fontsize="8"];
deviance -> dev6[label="lamda=.377", fontname="arial", fontsize="8"];
deviant_peer -> devr1[label="lamda=.688", fontname="arial", fontsize="8"];
deviant_peer -> devr2[label="lamda=.765", fontname="arial", fontsize="8"];
deviant_peer -> devr3[label="lamda=.525", fontname="arial", fontsize="8"];
deviant_peer -> devr4[label="lamda=.610", fontname="arial", fontsize="8"];
deviant_peer -> devr5[label="lamda=.610", fontname="arial", fontsize="8"];
deviant_peer -> devr6[label="lamda=.610", fontname="arial", fontsize="8"];
```

Output Console

```
working on H:???/?? ??? ??/???/Sample(SEM)edit
Error: Could not open 'png' for writing : Permission denied
```

VII. 결과비교

• Measurement Model

	LISREL	AMOS	SEM	Lavaan
deviant peer → defr1	.688	.688	.68807127	.688
deviant peer → defr2	.765	.765	.76489398	.765
deviant peer → defr3	.525	.525	.52495822	.525
deviant peer → defr4	.610	.610	.60952398	.610
deviant peer → defr5	.631	.631	.63117162	.631
deviant peer → defr6	.512	.512	.51207255	.512
deviance → devi1	.726	.726	.72629620	.726
deviance → devi2	.611	.611	.61129574	.611
deviance → devi3	.350	.350	.35031775	.350
deviance → devi4	.405	.405	.40469315	.405
deviance → devi5	.395	.395	.39510545	.395
deviance → devi6	.377	.377	.37700962	.377
attachment → attach1	.691	.691	.69136697	.691
attachment → attach2	.630	.630	.62968521	.630
attachment → attach3	.717	.717	.71671266	.717
attachment → attach4	.724	.724	.72362213	.724
attachment → attach5	.707	.707	.70684326	.707
attachment → attach6	.800	.800	.79969926	.800
monitor → mon1	.790	.790	.78953872	.790
monitor → mon2	.810	.810	.80978885	.810
monitor → mon3	.824	.824	.82418871	.824
monitor → mon4	.643	.643	.64279700	.643

VII. 결과비교

• Causal Model

	LISREL	AMOS	SEM	Lavaan
attachment → deviance	-.060	-.060	-.05997532	-.060
attachment → deviant peer	-.117	-.117	-.11660937	-.117
monitor → deviance	-.084	-.084	-.08382457	-.084
monitor → deviant peer	-.038	-.038	-.03801813	-.038
deviant peer → deviance	.766	.766	.76616784	.766

• Fit Indices

	LISREL	AMOS	SEM	Lavaan
Chi-Square	○	○	○	○
GFI	○	○	○	○(semTools)
CFI	○	○	○	○
NFI	○	○	○	○(semTools)
IFI	○	○	X	○(semTools)
AIC	○	○	○	○
BIC	X	○	○	○
RMR	○	○	X	X
RMSEA	○	○	○	○

VIII. 결론(message from Y. Rosseel)

I.

사회과학에서의
구조방정식모형

II.

구조방정식모형
프로그램

III.

Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.

LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.

SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.

lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.

결과비교

VIII.

결론

- lavaan은 잠재변인을 분석하기 위한 R package
 - 확인적 요인분석(confirmatory factor analysis)
 - 구조방정식모형(structural equation modeling)
 - 잠재성장모형(latent curve analysis/growth modeling)
 - 공분산 구조분석(covariance structur modeling)
 - (multilevel models, latent class+mixture models, Bayesian SEM 등)
- lavaan의 장기적 목표
 - 상용 프로그램에 사용할 수 있는 최신 기법들을 구현
 - 새로운 통계와 모델링 아이디어를 쉽게 구현할 수 있는 모듈 및 확장 플랫폼을 제공

VIII. 결론(구조방정식 소프트웨어의 발전 방향)

I.
사회과학에서의
구조방정식모형

II.
구조방정식모형
프로그램

III.
Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.
LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.
SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.
Lamcen을 이용한
구조방정식모형

VII.
결과비교

VIII.
결론

- **Commande-line syntax (typing)에서 마우스를 이용한 Diagram Drawing 으로...**
 - AMOS가 흐름을 주도
- **구조방정식의 고급기법 도입으로...**
 - Mplus와 EQS가 흐름을 주도
- **새로운 구조방정식 방법론 도입으로...**
 - PLS(partial least squares) 기법의 발전

VIII. 결론(구조방정식 분야에서 R 활용 확대 방안)

I.
사회과학에서의
구조방정식모형

II.
구조방정식모형
프로그램

III.
Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.
LISREL을 이용한
구조방정식모형

V.
SEM을 이용한
구조방정식모형

VI.
lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.
결과비교

VIII.
결론

- **대학원 이상의 고급사용자층 확대**
 - 새로운 구조방정식 기법의 적극적 수용 [범주형자료, 종단 연구, 다단계 등]
- **비용절감 및 윤리적 소비 공감대 확대**
 - 자유로운 다운로드 및 설치 장점 부각 [교육접근성 강화]
- **한글 사용환경(변수, 모델이름) 개선**
 - KRUG의 활동
- **직관적이며 간편한 모델 작성 syntax**
 - lavaan
- **경로 및 구조방정식 도형 제작의 편의성 개선**
 - graphviz, qgraph 등과의 통합성 강화 [OpenMx, semPLS]
- **GUI 툴 개선**
 - sem, onyx

*. 참고문헌

I.
사회과학에서의
구조방정식모형

- John Fox, Zhenghua Nie and Jarrett Byrnes (2012). sem: Structural Equation Models. R package version 3.0-0. <http://CRAN.R-project.org/package=sem>

II.
구조방정식모형
프로그램

- R Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

III.
Amos를 이용한
구조방정식모형

IV.
LISREL을 이용한
구조방정식모형

- Steven M. Boker, Michael C. Neale, Hermine H. Maes, Michael J. Wilde, Michael Spiegel, Timothy R. Brick, Jeffrey Spies, Ryne Estabrook, Sarah Kenny, Timothy C. Bates, Paras Mehta, and John Fox. (2011) OpenMx: An Open Source Extended Structural Equation Modeling Framework. Psychometrika.

V.
SEM을 이용한
구조방정식모형

- Yves Rosseel (2012). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. Journal of Statistical Software, 48(2), 1-36. <http://www.jstatsoft.org/v48/i02/>.

VI.
lavaan을 이용한
구조방정식모형

VII.
결과비교

- <http://www.graphviz.org>

VIII.
결론

- <http://rstudio.org>