

Exemplary Test for 구조방정식 모형분석과
AMOS 18.0/19.0 (version 0.5-9)

신종화¹ · 박현수²

October 18, 2012

¹서울과학종합대학원(shin.jonghwa@r-project.kr)

²승실대학교

Abstract

<구조방정식 모형분석과 AMOS 18.0/19.0>(이학식·임지훈 저, 집현채)이라는 구조방정식을 소개하는 책이 있다. AMOS라는 구조방정식 소프트웨어를 활용하여 구조방정식 분석을 진행하는 방법을 알려준다. 이 글의 목적은 이 책에서 소개하는 예제를 R의 구조방정식 패키지로 연습하는 방법을 소개하는 것이다. 쉽게 말하면, AMOS와 R의 구조방정식 패키지를 분석작업과 결과를 바탕으로 비교하는 것이다.

Contents

I	구조방정식 모형분석과 AMOS 18.0/19.0	1
1	9.1 경로분석의 개념과 분석예제	2
1.1	경로분석의 개념	2
1.2	경로분석 예제	2
1.3	데이터셋	3
2	10장 측정모형의 타당성 평가	5
2.1	10.1 개별 잠재요인의 측정모형 타당성 평가	5
2.2	전체 잠재요인 대상 측정모형 타당성 평가	6
3	11장 구조모형의 분석과 해석	7
3.1	11.1 구조모형의 분석절차	7
3.1.1	11.1.1 경로도형의 작성	7
3.1.2	11.1.2 데이터 파일의 지정	7
3.1.3	11.1.3 분석결과 옵션의 지정	7
3.1.4	11.1.4 분석의 실행	7
3.2	11.2 구조모형 분석결과에의 해석	7
3.2.1	11.2.1 Identification	7
3.2.2	11.2.2 적합도	7
3.2.3	11.2.3 경로계수	7
3.2.4	11.2.4 직접효과, 간접효과, 그리고 총효과	7
4	15장 Nonrecursive 모형, 종단적 모형 및 Higher-order 모형의 분석	8
4.1	15.1 Nonrecursive 모형의 분석	8
4.2	15.2 종단적 모형의 분석	8
4.2.1	종단적 모형의 예	8
4.3	15.3 Higher-Order 모형의 분석	8
II	lavaan	9
5	경로분석	10
5.1	분석 데이터셋 ch9.ex1	10
5.2	분석	10

5.2.1	summary()	11
5.2.2	summary(fit.measures=TRUE)	12
5.2.3	summary(standardized=TRUE)	13
5.2.4	경로 도형(path diagram)	14
5.2.4.1	Graphviz를 이용한 회귀계수 표현	14
5.2.4.2	Graphviz를 이용한 공분산 표현	14
5.2.4.3	qgraph를 이용한 표준화계수 표현	14
6	측정모형 타당성 평가	17
6.1	내적일관성(Cronbach's α)	17
6.2	확인적 요인분석(confirmatory factor analysis)	18
6.2.1	개별모델	18
6.2.2	종합모델	20
7	구조모형의 분석과 해석	40
7.1	구조모형의 분석절차	40
7.1.1	경로도형의 작성	40
7.1.2	도형1	42
7.1.3	도형2	42
7.2	구조모형 분석결과와 해석	42
7.2.1	Identification	42
7.2.1.1	내생 잠재요인에 오차항을 설정하지 않은 경우	42
7.2.1.2	측정변수와 오차항 간의 관계에서 계수를 지정하지 않는 경우	42
7.2.1.3	한 잠재요인의 여러 측정변수들 중 어느 한 변수에도 계수를 지정하지 않은 경우	42
7.2.1.4	잠재요인 혹은 측정변수의 이름을 부여하지 않는 경우	42
7.2.1.5	측정변수명이 데이터 파일에서 사용한 변수명과 다른 경우	42
7.2.1.6	분석데이터의 자동입력방식에서 결측값이 존재하는 경우	42
7.2.2	적합도	43
7.2.3	경로계수	43
7.2.3.1	Pairwise Parameter Comparisons를 이용하는 방법	44
7.2.3.2	경로계수가 동일하다는 제약모형과 연구모형을 비교하는 방법	50
7.2.4	직접효과, 간접효과, 그리고 총효과	53
7.2.5	Squared Multiple Correlations	54
8	Nonrecursive 모형, 종단적 모형 및 Higher-order 모형의 분석	56
8.1	Nonrecursive 모형의 분석	56
8.1.1	dataset	56
8.1.2	경로도형	57
8.1.3	모형분석결과	57
8.1.3.1	모형1 분석	57

8.1.3.2	모형2 분석	60
8.2	종단적 모형의 분석	63
8.2.1	dataset	63
8.2.2	경로 도형(path diagram)	64
8.2.3	모형 분석 결과	64
8.2.3.1	모형1	64
8.2.3.2	모형2	69
8.2.3.3	모형1과 모형2의 모형 적합도 비교	74
8.2.3.4	모형1의 특징 이해	74
8.3	Higher-order 모형의 분석	74
8.3.1	Higher-order 잠재요인의 측정모형 분석 - cfa()	74
8.3.2	Higher-order 잠재요인의 구조모형 분석	77
III	semTools	82
IV	sem	84
9	측정모형 타당성 평가	85
9.1	cfa()	85
V	Q & A	90
10	경로분석	91

Part I

구조방정식 모형분석과 AMOS 18.0/19.0

Chapter 1

9.1 경로분석의 개념과 분석예제

1.1 경로분석의 개념

경로분석(path analysis)이란 제8장에서 설명한 것과 같이 경로도형(path diagram) 내 변수들 간의 관계를 동시에 추정할 수 있는 분석방법을 의미한다. 경로분석은 1920년대 초에 미국의 유전학자인 Sewall Wright에 의해 최초로 개발되었다. 경로분석은 자연과학자에 의해 개발되었지만 이후 사회과학, 특히 행동과학 분야에 폭넓게 사용되고 있다.(이학식·임지훈, 2011: 152)

1.2 경로분석 예제

A자동차 제조회사의 마케터는 소비자들이 자동차 브랜드에 대한 호의적인 태도와 로열티를 형성하도록 유발하는 주요 요인이 무엇인가를 파악하기 위해 자사고객 중 일부를 대상으로 심층면접(depth interview)을 실시하였다. 심층면접의 결과 **자동차의 가격(price)**, **품질(quality)** 및 **디자인(design)**이 **소비자의 태도(attitude)**와 **로열티(loyalty)**의 주요 결정요인임이 확인되었다. A자동차 회사의 마케터는 이러한 심층면접결과를 토대로 변수들 간의 인과관계를 실증조사 하려고 한다. A 자동차 회사의 마케터는 변수들 간의 관계와 관련하여 다음과 같은 가설을 설정하였다.(같은책, pp.152)

- **가격**은 브랜드 태도에 負(-)의 영향을 미칠 것이다.
- **품질**은 브랜드 태도에 正(+)의 영향을 미칠 것이다.
- **디자인**은 브랜드 태도에 正(+)의 영향을 미칠 것이다.
- **브랜드 태도**는 브랜드 로열티에 正(+)의 영향을 미칠 것이다.

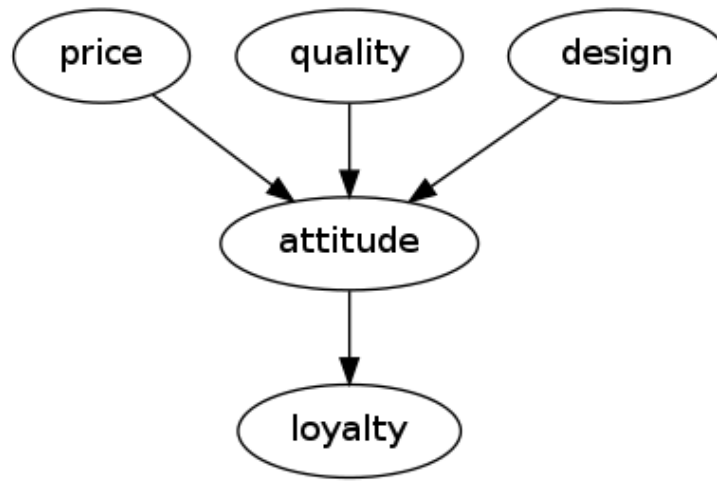


Figure 1.1: 검증하고자하는 경로 모형

1.3 데이터셋

- 파일 이름: ch-9-ex1.sav

```

> setwd("/home/jhshin/Documents/DaumCloud/Organizations/aSILS/통계학특강/AMOS/이학식.임지훈/Data")
> getwd()

[1] "/home/jhshin/Documents/DaumCloud/Organizations/aSILS/통계학특강/AMOS/이학식.임지훈/Data"

> dir()

[1] "ch10.ex1"           "ch10.ex1.ko.RData" "ch10.ex1.RData"
[4] "ch-10-ex1.sav"      "ch-14-ex1.sav"     "ch-14-ex2.sav"
[7] "ch-14-ex3.sav"      "ch-14-ex4.sav"     "ch15.ex1"
[10] "ch15.ex1.RData"     "ch-15-ex1.sav"     "ch15.ex2"
[13] "ch-15-ex2.sav"      "ch-15-ex3.sav"     "ch-7-ex1.sav"
[16] "ch-9-ex1.sav"       "ch-9-ex2.sav"      "HighBK.sav"
[19] "lavaan4amos"        "lavaan4amos_test"  "lavaan.pdf"
[22] "LowBK.sav"         "Rplots.pdf"

> library(Hmisc)
> ch9.ex1 <- spss.get(file="ch-9-ex1.sav")
> str(ch9.ex1)

'data.frame':      8 obs. of  5 variables:
 $ attitude: int  2 3 3 4 4 4 4 5
 $ loyalty : int  2 3 3 4 4 5 4 5
 $ price  : int  4 4 3 3 2 2 1 1
 $ quality: int  2 3 2 3 3 4 3 5
 $ design : int  2 3 4 2 5 3 2 4

```

```
> ch9.ex1
```

	attitude	loyalty	price	quality	design
1	2	2	4	2	2
2	3	3	4	3	3
3	3	3	3	2	4
4	4	4	3	3	2
5	4	4	2	3	5
6	4	5	2	4	3
7	4	4	1	3	2
8	5	5	1	5	4

Chapter 2

10장 측정모형의 타당성 평가

먼저 각각의 잠재요인별로 측정모형의 타당성을 평가하고 이 과정에 따라 일부 항목들을 제거한 다음, 전체 잠재요인들로 구성되는 측정모형이 타당성을 다시 평가하는 것이다.(같은책, 180)¹

- 일치성(Congru)
- 소비자 태도(CAact)
- 브랜드 태도(BAp)
- 구매의도(PI)

2.1 10.1 개별 잠재요인의 측정모형 타당성 평가

```
> ch10.ex1 <- spss.get(file="ch-10-ex1.sav")
> str(ch10.ex1)

'data.frame':      208 obs. of  15 variables:
 $ CAact1 : int   1 2 3 3 3 1 -2 1 -2 3 ...
```

¹

다른 방법은 첫 번째 평가과정을 생략하고 전체 잠재요인들로 구성되는 측정모형의 타당성만을 평가하는 것이다.(같은책, 같은쪽)

잠재요인	측정변수 수	측정변수 내용
일치성	3개	000브랜드는 내가 생각하는 나의 이미지와 일치한다.
소비자태도	4개	나는 000 브랜드를 구매하는 것에 대하여 다음과 같이 생각한다.
브랜드태도	4개	000브랜드는 내(소비자)가 000브랜드를 구매하는 것에 대해 다음과 같이 생각
구매의도	3개	나는 다음에 ###제품을 구매한다면, 000브랜드를

Table 2.1: 잠재요인의 측정변수(예제)

```

$ CAact2 : int  1 2 2 3 3 1 -1 1 -2 3 ...
$ CAact3 : int  0 1 2 3 2 1 -2 1 -2 2 ...
$ CAact4 : int  0 2 2 3 2 1 -1 1 -2 3 ...
$ congru1: int  3 5 4 5 4 4 0 3 1 4 ...
$ congru2: int  2 4 4 5 4 4 2 3 1 4 ...
$ congru3: int  2 4 3 5 4 4 1 3 1 3 ...
$ BAp1   : int  2 3 3 3 2 1 -2 3 -2 2 ...
$ BAp2   : int  2 3 3 3 2 1 -3 3 -3 2 ...
$ BAp3   : int  2 3 2 3 2 1 -2 3 -1 1 ...
$ BAp4   : int  3 3 3 3 2 1 -2 3 -2 3 ...
$ pi1    : int  4 5 6 6 5 4 0 3 2 5 ...
$ pi2    : int  1 5 6 6 5 4 0 3 1 5 ...
$ pi3    : int  4 4 5 6 5 4 0 3 1 5 ...
$ bk     : int  2 5 5 6 5 3 5 3 1 3 ...

> ch10.ex1.ko <- ch10.ex1
> names(ch10.ex1.ko) <- c("소 비 자 태 도 1", "소 비 자 태 도 2", "소 비 자 태 도 3", "소 비 자 태 도 4", "일 치
> str(ch10.ex1.ko)

'data.frame':      208 obs. of  15 variables:
 $ 소비 자 태 도 1: int  1 2 3 3 3 1 -2 1 -2 3 ...
 $ 소비 자 태 도 2: int  1 2 2 3 3 1 -1 1 -2 3 ...
 $ 소비 자 태 도 3: int  0 1 2 3 2 1 -2 1 -2 2 ...
 $ 소비 자 태 도 4: int  0 2 2 3 2 1 -1 1 -2 3 ...
 $ 일 치 성 1    : int  3 5 4 5 4 4 0 3 1 4 ...
 $ 일 치 성 2    : int  2 4 4 5 4 4 2 3 1 4 ...
 $ 일 치 성 3    : int  2 4 3 5 4 4 1 3 1 3 ...
 $ 브 랜 드 태 도 1: int  2 3 3 3 2 1 -2 3 -2 2 ...
 $ 브 랜 드 태 도 2: int  2 3 3 3 2 1 -3 3 -3 2 ...
 $ 브 랜 드 태 도 3: int  2 3 2 3 2 1 -2 3 -1 1 ...
 $ 브 랜 드 태 도 4: int  3 3 3 3 2 1 -2 3 -2 3 ...
 $ 구 매 의 도 1  : int  4 5 6 6 5 4 0 3 2 5 ...
 $ 구 매 의 도 2  : int  1 5 6 6 5 4 0 3 1 5 ...
 $ 구 매 의 도 3  : int  4 4 5 6 5 4 0 3 1 5 ...
 $ bk            : int  2 5 5 6 5 3 5 3 1 3 ...

```

2.2 전체 잠재요인 대상 측정모형 타당성 평가

Chapter 3

11장 구조모형의 분석과 해석

3.1 11.1 구조모형의 분석절차

3.1.1 11.1.1 경로도형의 작성

3.1.2 11.1.2 데이터 파일의 지정

3.1.3 11.1.3 분석결과 옵션의 지정

3.1.4 11.1.4 분석의 실행

3.2 11.2 구조모형 분석결과 해석

3.2.1 11.2.1 Identification

3.2.2 11.2.2 적합도

3.2.3 11.2.3 경로계수

3.2.4 11.2.4 직접효과, 간접효과, 그리고 총효과

Chapter 4

15장 Nonrecursive 모형, 종단적 모형 및 Higher-order 모형의 분석

4.1 15.1 Nonrecursive 모형의 분석

4.2 15.2 종단적 모형의 분석

4.2.1 종단적 모형의 예

어느 호텔에서는 직원만족 \rightarrow 서비스 품질 \rightarrow 고객만족 간의 관계를 t_1 과 t_2 시점에서 종단적으로 조사하였다. 직원만족, 서비스 품질, 고객만족은 각각 세 개, 두 개, 세 개의 항목으로 측정하였는데 t_1 과 t_2 시점에서 사용한 항목들은 동일하였다.(이학식임지훈, 283쪽)

4.3 15.3 Higher-Order 모형의 분석

Part II

lavaan

Chapter 5

경로분석

5.1 분석 데이터셋 ch9.ex1

```
> str(ch9.ex1)

'data.frame':      8 obs. of  5 variables:
 $ attitude: int  2 3 3 4 4 4 4 5
 $ loyalty : int  2 3 3 4 4 5 4 5
 $ price   : int  4 4 3 3 2 2 1 1
 $ quality : int  2 3 2 3 3 4 3 5
 $ design  : int  2 3 4 2 5 3 2 4

> ch9.ex1

  attitude loyalty price quality design
1         2         2     4         2     2
2         3         3     4         3     3
3         3         3     3         2     4
4         4         4     3         3     2
5         4         4     2         3     5
6         4         5     2         4     3
7         4         4     1         3     2
8         5         5     1         5     4
```

5.2 분석

```
> library(lavaan)
> path.model <- '
+
+                                     # regressions
+ attitude ~ price + quality + design
+ loyalty ~ attitude
```



```

+                                     # residual covariances
+                                     price ~~ quality
+                                     price ~~ design
+                                     quality ~~ design
+                                     '
> path.example <- lavaan(path.model, data=ch9.ex1, auto.var=TRUE, auto.fix.first=TRUE, auto.

```

5.2.1 summary()

```
> summary(path.example)
```

lavaan (0.5-9) converged normally after 41 iterations

Number of observations	8
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	1.718
Degrees of freedom	3
P-value	0.633

Parameter estimates:

	Information		Expected	
	Standard Errors		Standard	
	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)
Regressions:				
attitude ~				
price	-0.382	0.133	-2.869	0.004
quality	0.459	0.159	2.883	0.004
design	0.063	0.109	0.579	0.562
loyalty ~				
attitude	1.064	0.135	7.906	0.000
Covariances:				
price ~~				
quality	-0.688	0.440	-1.563	0.118
design	-0.312	0.431	-0.725	0.468
quality ~~				
design	0.234	0.355	0.660	0.509
Variances:				
attitude	0.097	0.048		
loyalty	0.106	0.053		
price	1.250	0.625		

quality	0.859	0.430
design	1.109	0.555

5.2.2 summary(fit.measures=TRUE)

```
> summary(path.example, fit.measures=TRUE)
```

lavaan (0.5-9) converged normally after 41 iterations

Number of observations	8
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	1.718
Degrees of freedom	3
P-value	0.633

Chi-square test baseline model:

Minimum Function Chi-square	40.609
Degrees of freedom	10
P-value	0.000

Full model versus baseline model:

Comparative Fit Index (CFI)	1.000
Tucker-Lewis Index (TLI)	1.140

Loglikelihood and Information Criteria:

Loglikelihood user model (H0)	-36.520
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-35.662
Number of free parameters	12
Akaike (AIC)	97.041
Bayesian (BIC)	97.994
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	62.535

Root Mean Square Error of Approximation:

RMSEA	0.000
90 Percent Confidence Interval	0.000 0.481
P-value RMSEA <= 0.05	0.641

Standardized Root Mean Square Residual:

SRMR 0.021

Parameter estimates:

Information	Expected			
Standard Errors	Standard			
	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)
Regressions:				
attitude ~				
price	-0.382	0.133	-2.869	0.004
quality	0.459	0.159	2.883	0.004
design	0.063	0.109	0.579	0.562
loyalty ~				
attitude	1.064	0.135	7.906	0.000
Covariances:				
price ~~				
quality	-0.688	0.440	-1.563	0.118
design	-0.312	0.431	-0.725	0.468
quality ~~				
design	0.234	0.355	0.660	0.509
Variances:				
attitude	0.097	0.048		
loyalty	0.106	0.053		
price	1.250	0.625		
quality	0.859	0.430		
design	1.109	0.555		

5.2.3 summary(standardized=TRUE)

```
> summary(path.example, standardized=TRUE)
```

lavaan (0.5-9) converged normally after 41 iterations

Number of observations	8
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	1.718
Degrees of freedom	3
P-value	0.633

Parameter estimates:

Information			Expected			
Standard Errors			Standard			
	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
Regressions:						
attitude ~						
price	-0.382	0.133	-2.869	0.004	-0.382	-0.498
quality	0.459	0.159	2.883	0.004	0.459	0.497
design	0.063	0.109	0.579	0.562	0.063	0.078
loyalty ~						
attitude	1.064	0.135	7.906	0.000	1.064	0.942
Covariances:						
price ~~						
quality	-0.688	0.440	-1.563	0.118	-0.688	-0.663
design	-0.312	0.431	-0.725	0.468	-0.312	-0.265
quality ~~						
design	0.234	0.355	0.660	0.509	0.234	0.240
Variances:						
attitude	0.097	0.048			0.097	0.132
loyalty	0.106	0.053			0.106	0.113
price	1.250	0.625			1.250	1.000
quality	0.859	0.430			0.859	1.000
design	1.109	0.555			1.109	1.000

5.2.4 경로 도형(path diagram)

5.2.4.1 Graphviz를 이용한 회귀계수 표현¹

5.2.4.2 Graphviz를 이용한 공분산 표현²

5.2.4.3 qgraph를 이용한 표준화계수 표현

```
> library(qgraph)
```

```
> qgraph.lavaan(path.example,layout="spring",vsize.man=12,vsize.lat=12, filetype="",include=
```

```
1echo "digraph G { > price->attitude [label ="-0.382"] ; > quality->attitude [label =
"0.459"]; > design->attitude [label = "0.063"]; > attitude->loyalty [label = "1.064"]} | dot
-Tpng >ch9.ex1.label.png
```

```
2echo "digraph G { price->attitude [label ="-0.382"] ; quality->attitude [label
= "0.459"]; design->attitude [label = "0.063"]; attitude->loyalty [label = "1.064"];
"price":e->"quality":e[dir="both"][label="-0.637"]; "price":e->"design":e[dir="both"][label="-
0.241"]; "quality":e->"design":e[dir="both"][label="0.221"]} | dot -Tpng >ch9.ex1.label1.png
```

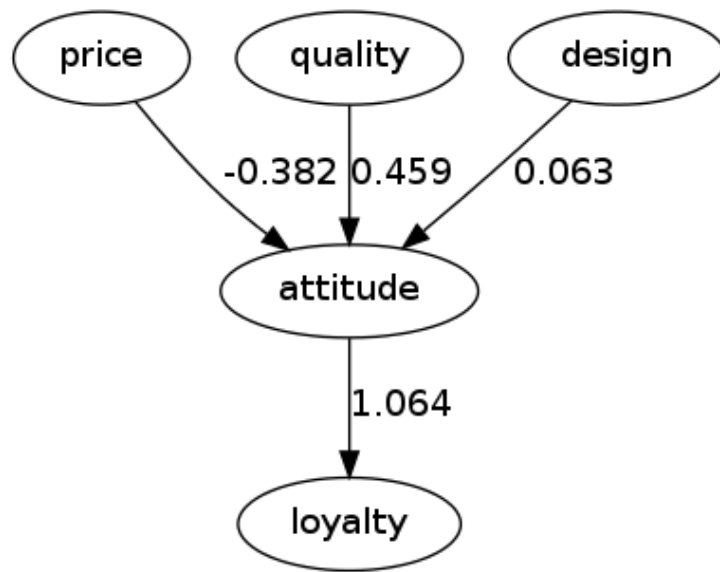
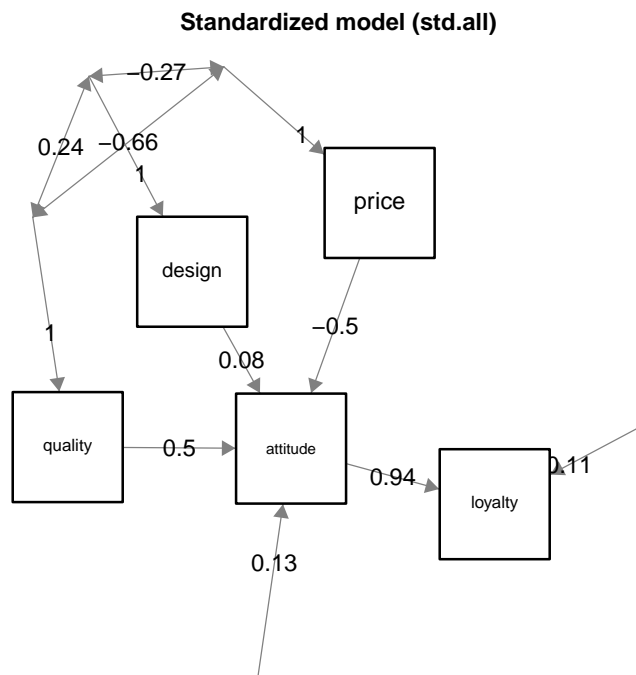


Figure 5.1: 경로 도형 (회귀계수 포함)



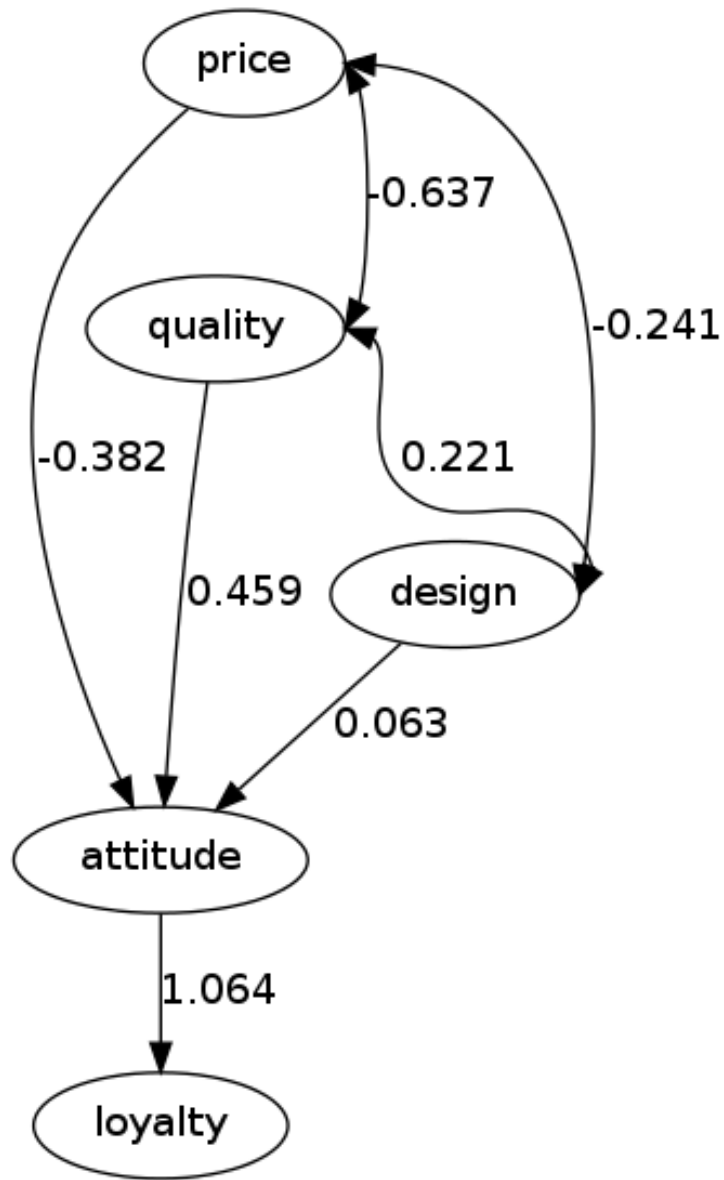


Figure 5.2: 경로 도형(회귀계수 및 공분산값 포함)

Chapter 6

측정모형 타당성 평가

6.1 내적일관성(Cronbach's α)

```
> library(Rcmdr)
> data(ch10.ex1.ko)
> reliability(cov(ch10.ex1.ko[,c("일치성1", "일치성2", "일치성3")], use="complete.obs"))

Alpha reliability = 0.8925
Standardized alpha = 0.8926

Reliability deleting each item in turn:
      Alpha Std.Alpha r(item, total)
일치성1 0.8694    0.8698    0.7625
일치성2 0.8398    0.8398    0.7975
일치성3 0.8306    0.8311    0.8079

> reliability(cov(ch10.ex1.ko[,c("구매향도1", "구매향도2", "구매향도3")], use="complete.obs"))

Alpha reliability = 0.93
Standardized alpha = 0.9316

Reliability deleting each item in turn:
      Alpha Std.Alpha r(item, total)
구매향도1 0.9003    0.9024    0.8555
구매향도2 0.8769    0.8797    0.8845
구매향도3 0.9195    0.9196    0.8356

> reliability(cov(ch10.ex1.ko[,c("소비자태도1", "소비자태도2", "소비자태도3", "소비자태도4")], use="complete.obs"))

Alpha reliability = 0.9176
Standardized alpha = 0.9176

Reliability deleting each item in turn:
```

	Alpha	Std.Alpha	r(item, total)
소 비 자 태도 1	0.8901	0.8900	0.8193
소 비 자 태도 2	0.8946	0.8947	0.8064
소 비 자 태도 3	0.8938	0.8941	0.8084
소 비 자 태도 4	0.8938	0.8937	0.8087

```
> reliability(cov(ch10.ex1.ko[,c("브랜드 태도 1", "브랜드 태도 2", "브랜드 태도 3", "브랜드 태도 4")]),
```

```
Alpha reliability = 0.8147
```

```
Standardized alpha = 0.884
```

Reliability deleting each item in turn:

	Alpha	Std.Alpha	r(item, total)
브 랜 드 태 도 1	0.7323	0.8191	0.7724
브 랜 드 태 도 2	0.7275	0.8195	0.7730
브 랜 드 태 도 3	0.7283	0.8205	0.7732
브 랜 드 태 도 4	0.9300	0.9302	0.5290

6.2 확인적 요인분석(confirmatory factor analysis)

6.2.1 개별모델

```
> cfa.ko1 <- '일치성 =~ 일치성1 + 일치성2 + 일치성3'
> cfa.model.ko1 <- cfa(cfa.ko1, data=ch10.ex1.ko)
> summary(cfa.model.ko1)
```

lavaan (0.5-9) converged normally after 26 iterations

Number of observations	208
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	0.000
Degrees of freedom	0
P-value	1.000

Parameter estimates:

Information	Expected
Standard Errors	Standard

	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)
Latent variables:				
일치성 =~				
일치성1	1.000			

일치성2	1.114	0.079	14.113	0.000
일치성3	1.087	0.076	14.274	0.000

Variances:

일치성1	0.627	0.082
일치성2	0.507	0.084
일치성3	0.413	0.076
일치성	1.265	0.183

```

> cfa.ko2 <- '구매행동 =~ 구매행동1 + 구매행동2 + 구매행동3'
> cfa.model.ko2 <- cfa(cfa.ko2, data=ch10.ex1.ko)
> summary(cfa.model.ko2)
lavaan (0.5-9) converged normally after 24 iterations

Number of observations                    208

Estimator                                ML
Minimum Function Chi-square              0.000
Degrees of freedom                       0
P-value                                 0.000

Parameter estimates:

Information                                Expected
Standard Errors                          Standard

Estimate Std.err Z-value P(>|z|)
Latent variables:
구매행동 =~
구매행동1    1.000
구매행동2    1.062    0.050    21.164    0.000
구매행동3    1.076    0.059    18.386    0.000

Variances:
구매행동1    0.395    0.059
구매행동2    0.237    0.055
구매행동3    0.633    0.081
구매행동     1.719    0.208

>

*** 현재 lavaan에서 한글 변수 처리는 다소 제한적이다. '구매행동'라는 잠
재변수는 처리하지만, '소비자태도, 브랜드태도'라는 변수는 처리하지 못한다.
cfa3 <- '소비자태도 =~ 소비자태도1 + 소비자태도2 + 소비자태도3 + 소
비자태도4'
cfa4 <- '브랜드태도 =~ 브랜드태도1 + 브랜드태도2 + 브랜드태도3 + 브
랜드태도4'

```

6.2.2 종합모델

```
> data(ch10.ex1)
> cfa.total <- '
+ # latent variables
+ congru =~ congru1 + congru2 + congru3
+ pi =~ pi1 + pi2 + pi3
+ CAact =~ CAact1 + CAact2 + CAact3 + CAact4
+ BAp =~ BAp1 + BAp2 + BAp3 + BAp4
+ # covariance among latent variables
+ congru~~pi
+ congru~~CAact
+ congru~~BAp
+ pi~~CAact
+ pi~~BAp
+ CAact~~BAp
+ '
> #AMOS는 likelihood="wishart"를 기본 설정으로 한다.
> cfa.model.total <- cfa(cfa.total, data=ch10.ex1, likelihood="wishart")
> summary(cfa.model.total)
```

lavaan (0.5-9) converged normally after 57 iterations

Number of observations	208
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	168.047
Degrees of freedom	71
P-value	0.000

Parameter estimates:

	Information	Expected		
	Standard Errors	Standard		
	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)
Latent variables:				
congru =~				
congru1	1.000			
congru2	1.073	0.074	14.517	0.000
congru3	1.065	0.070	15.123	0.000
pi =~				
pi1	1.000			
pi2	1.024	0.046	22.170	0.000
pi3	1.058	0.055	19.186	0.000
CAact =~				
CAact1	1.000			

CAact2	0.938	0.058	16.222	0.000
CAact3	0.968	0.059	16.498	0.000
CAact4	0.970	0.059	16.369	0.000
BAp =~				
BAp1	1.000			
BAp2	1.038	0.052	20.101	0.000
BAp3	1.023	0.052	19.738	0.000
BAp4	1.220	0.139	8.784	0.000
Covariances:				
congru ~~				
pi	1.015	0.146	6.955	0.000
CAact	0.864	0.125	6.937	0.000
BAp	0.841	0.126	6.680	0.000
pi ~~				
CAact	1.166	0.147	7.945	0.000
BAp	1.119	0.147	7.625	0.000
CAact ~~				
BAp	0.999	0.128	7.800	0.000
Variances:				
congru1	0.578	0.076		
congru2	0.563	0.080		
congru3	0.416	0.069		
pi1	0.332	0.051		
pi2	0.310	0.051		
pi3	0.630	0.078		
CAact1	0.376	0.049		
CAact2	0.427	0.052		
CAact3	0.425	0.053		
CAact4	0.440	0.054		
BAp1	0.307	0.044		
BAp2	0.320	0.046		
BAp3	0.340	0.047		
BAp4	4.627	0.468		
congru	1.323	0.185		
pi	1.792	0.210		
CAact	1.237	0.158		
BAp	1.370	0.165		

수정지수(modification indices, m.i.)를 확인하는 작업

```
> mi.cfa.model.total <- modindices(cfa.model.total)
> mi.cfa.model.total
```

	lhs	op	rhs	mi	epc	sepc.lv	sepc.all	sepc.nox
1	congru	=~	congru1	NA	NA	NA	NA	NA

2	congru =~	congru2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	congru =~	congru3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	congru =~	pi1	0.935	0.066	0.076	0.052	0.052
5	congru =~	pi2	5.954	-0.168	-0.194	-0.131	-0.131
6	congru =~	pi3	2.960	0.142	0.163	0.101	0.101
7	congru =~	CAact1	1.494	-0.085	-0.098	-0.077	-0.077
8	congru =~	CAact2	0.835	-0.064	-0.074	-0.060	-0.060
9	congru =~	CAact3	0.679	0.059	0.067	0.054	0.054
10	congru =~	CAact4	1.888	0.099	0.114	0.090	0.090
11	congru =~	BAp1	0.010	-0.006	-0.007	-0.005	-0.005
12	congru =~	BAp2	0.659	-0.050	-0.058	-0.043	-0.043
13	congru =~	BAp3	0.974	0.061	0.070	0.053	0.053
14	congru =~	BAp4	0.020	-0.027	-0.031	-0.012	-0.012
15	pi =~	congru1	2.172	0.104	0.140	0.101	0.101
16	pi =~	congru2	5.128	-0.167	-0.223	-0.155	-0.155
17	pi =~	congru3	0.652	0.057	0.076	0.055	0.055
18	pi =~	pi1	NA	NA	NA	NA	NA
19	pi =~	pi2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	pi =~	pi3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	pi =~	CAact1	8.698	0.217	0.291	0.229	0.229
22	pi =~	CAact2	2.175	-0.109	-0.146	-0.119	-0.119
23	pi =~	CAact3	0.484	-0.052	-0.070	-0.055	-0.055
24	pi =~	CAact4	0.926	-0.073	-0.098	-0.077	-0.077
25	pi =~	BAp1	4.992	-0.129	-0.173	-0.134	-0.134
26	pi =~	BAp2	0.734	0.051	0.069	0.051	0.051
27	pi =~	BAp3	1.166	0.065	0.087	0.065	0.065
28	pi =~	BAp4	0.595	0.138	0.185	0.071	0.071
29	CAact =~	congru1	7.253	0.240	0.267	0.194	0.194
30	CAact =~	congru2	1.468	-0.112	-0.125	-0.087	-0.087
31	CAact =~	congru3	1.834	-0.121	-0.134	-0.097	-0.097
32	CAact =~	pi1	5.798	0.225	0.250	0.172	0.172
33	CAact =~	pi2	4.357	-0.198	-0.220	-0.149	-0.149
34	CAact =~	pi3	0.108	-0.036	-0.040	-0.025	-0.025
35	CAact =~	CAact1	NA	NA	NA	NA	NA
36	CAact =~	CAact2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	CAact =~	CAact3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	CAact =~	CAact4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	CAact =~	BAp1	2.138	-0.118	-0.131	-0.101	-0.101
40	CAact =~	BAp2	0.382	0.051	0.057	0.043	0.043
41	CAact =~	BAp3	0.161	0.033	0.037	0.028	0.028
42	CAact =~	BAp4	1.216	0.270	0.300	0.116	0.116
43	BAp =~	congru1	1.565	0.096	0.113	0.082	0.082
44	BAp =~	congru2	2.401	-0.123	-0.144	-0.100	-0.100
45	BAp =~	congru3	0.108	0.025	0.029	0.021	0.021
46	BAp =~	pi1	2.301	0.110	0.129	0.089	0.089
47	BAp =~	pi2	0.526	-0.053	-0.062	-0.042	-0.042

48	BAp =~	pi3	0.771	-0.076	-0.089	-0.055	-0.055
49	BAp =~	CAact1	0.402	-0.051	-0.060	-0.047	-0.047
50	BAp =~	CAact2	0.067	0.021	0.025	0.020	0.020
51	BAp =~	CAact3	0.000	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
52	BAp =~	CAact4	0.192	0.036	0.043	0.034	0.034
53	BAp =~	BAp1	NA	NA	NA	NA	NA
54	BAp =~	BAp2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55	BAp =~	BAp3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56	BAp =~	BAp4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57	congru1 ~~	congru1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
58	congru1 ~~	congru2	0.033	-0.015	-0.015	-0.007	-0.007
59	congru1 ~~	congru3	3.972	-0.168	-0.168	-0.088	-0.088
60	congru1 ~~	pi1	0.181	0.018	0.018	0.009	0.009
61	congru1 ~~	pi2	0.202	0.019	0.019	0.009	0.009
62	congru1 ~~	pi3	1.270	-0.059	-0.059	-0.026	-0.026
63	congru1 ~~	CAact1	0.938	0.040	0.040	0.023	0.023
64	congru1 ~~	CAact2	0.035	-0.008	-0.008	-0.005	-0.005
65	congru1 ~~	CAact3	1.358	0.050	0.050	0.029	0.029
66	congru1 ~~	CAact4	0.060	0.011	0.011	0.006	0.006
67	congru1 ~~	BAp1	0.839	0.036	0.036	0.020	0.020
68	congru1 ~~	BAp2	0.714	-0.034	-0.034	-0.018	-0.018
69	congru1 ~~	BAp3	0.015	-0.005	-0.005	-0.003	-0.003
70	congru1 ~~	BAp4	0.351	-0.077	-0.077	-0.022	-0.022
71	congru2 ~~	congru2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72	congru2 ~~	congru3	4.996	0.207	0.207	0.103	0.103
73	congru2 ~~	pi1	4.954	-0.094	-0.094	-0.044	-0.044
74	congru2 ~~	pi2	1.390	-0.049	-0.049	-0.023	-0.023
75	congru2 ~~	pi3	6.685	0.137	0.137	0.059	0.059
76	congru2 ~~	CAact1	1.541	-0.052	-0.052	-0.029	-0.029
77	congru2 ~~	CAact2	0.016	-0.006	-0.006	-0.003	-0.003
78	congru2 ~~	CAact3	0.292	0.024	0.024	0.013	0.013
79	congru2 ~~	CAact4	2.095	0.064	0.064	0.035	0.035
80	congru2 ~~	BAp1	0.020	-0.006	-0.006	-0.003	-0.003
81	congru2 ~~	BAp2	0.019	0.006	0.006	0.003	0.003
82	congru2 ~~	BAp3	0.458	-0.028	-0.028	-0.014	-0.014
83	congru2 ~~	BAp4	0.265	0.068	0.068	0.018	0.018
84	congru3 ~~	congru3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
85	congru3 ~~	pi1	3.217	0.069	0.069	0.034	0.034
86	congru3 ~~	pi2	0.602	-0.030	-0.030	-0.015	-0.015
87	congru3 ~~	pi3	0.073	0.013	0.013	0.006	0.006
88	congru3 ~~	CAact1	1.338	-0.045	-0.045	-0.025	-0.025
89	congru3 ~~	CAact2	0.050	-0.009	-0.009	-0.005	-0.005
90	congru3 ~~	CAact3	0.494	-0.028	-0.028	-0.016	-0.016
91	congru3 ~~	CAact4	0.085	-0.012	-0.012	-0.007	-0.007
92	congru3 ~~	BAp1	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001
93	congru3 ~~	BAp2	0.175	-0.015	-0.015	-0.008	-0.008

94	congru3	~~	BAp3	1.626	0.048	0.048	0.026	0.026
95	congru3	~~	BAp4	0.282	-0.064	-0.064	-0.018	-0.018
96	pi1	~~	pi1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97	pi1	~~	pi2	0.002	0.003	0.003	0.001	0.001
98	pi1	~~	pi3	5.847	-0.156	-0.156	-0.066	-0.066
99	pi1	~~	CAact1	21.277	0.156	0.156	0.084	0.084
100	pi1	~~	CAact2	0.902	-0.033	-0.033	-0.018	-0.018
101	pi1	~~	CAact3	1.814	-0.047	-0.047	-0.026	-0.026
102	pi1	~~	CAact4	1.012	-0.036	-0.036	-0.019	-0.019
103	pi1	~~	BAp1	0.327	0.018	0.018	0.010	0.010
104	pi1	~~	BAp2	0.099	0.010	0.010	0.005	0.005
105	pi1	~~	BAp3	0.215	-0.015	-0.015	-0.008	-0.008
106	pi1	~~	BAp4	0.039	-0.021	-0.021	-0.005	-0.005
107	pi2	~~	pi2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
108	pi2	~~	pi3	5.732	0.160	0.160	0.066	0.066
109	pi2	~~	CAact1	2.288	-0.051	-0.051	-0.027	-0.027
110	pi2	~~	CAact2	0.063	0.009	0.009	0.005	0.005
111	pi2	~~	CAact3	0.418	-0.023	-0.023	-0.012	-0.012
112	pi2	~~	CAact4	0.555	0.026	0.026	0.014	0.014
113	pi2	~~	BAp1	1.073	0.032	0.032	0.017	0.017
114	pi2	~~	BAp2	0.417	0.021	0.021	0.010	0.010
115	pi2	~~	BAp3	2.018	-0.046	-0.046	-0.023	-0.023
116	pi2	~~	BAp4	0.065	0.027	0.027	0.007	0.007
117	pi3	~~	pi3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
118	pi3	~~	CAact1	0.317	-0.024	-0.024	-0.012	-0.012
119	pi3	~~	CAact2	0.162	-0.018	-0.018	-0.009	-0.009
120	pi3	~~	CAact3	2.487	0.070	0.070	0.034	0.034
121	pi3	~~	CAact4	1.016	-0.045	-0.045	-0.022	-0.022
122	pi3	~~	BAp1	13.566	-0.146	-0.146	-0.070	-0.070
123	pi3	~~	BAp2	0.111	-0.014	-0.014	-0.006	-0.006
124	pi3	~~	BAp3	9.323	0.126	0.126	0.058	0.058
125	pi3	~~	BAp4	0.099	0.042	0.042	0.010	0.010
126	CAact1	~~	CAact1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
127	CAact1	~~	CAact2	4.831	0.090	0.090	0.058	0.058
128	CAact1	~~	CAact3	0.553	0.031	0.031	0.020	0.020
129	CAact1	~~	CAact4	14.969	-0.163	-0.163	-0.102	-0.102
130	CAact1	~~	BAp1	1.716	0.041	0.041	0.025	0.025
131	CAact1	~~	BAp2	1.232	0.036	0.036	0.021	0.021
132	CAact1	~~	BAp3	9.083	-0.099	-0.099	-0.059	-0.059
133	CAact1	~~	BAp4	0.909	-0.101	-0.101	-0.031	-0.031
134	CAact2	~~	CAact2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
135	CAact2	~~	CAact3	8.626	-0.121	-0.121	-0.078	-0.078
136	CAact2	~~	CAact4	2.648	0.068	0.068	0.044	0.044
137	CAact2	~~	BAp1	1.151	0.035	0.035	0.022	0.022
138	CAact2	~~	BAp2	7.617	0.092	0.092	0.056	0.056
139	CAact2	~~	BAp3	10.036	-0.107	-0.107	-0.066	-0.066

140	CAact2	~~	BAp4	0.164	-0.044	-0.044	-0.014	-0.014
141	CAact3	~~	CAact3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
142	CAact3	~~	CAact4	5.212	0.097	0.097	0.061	0.061
143	CAact3	~~	BAp1	2.136	-0.048	-0.048	-0.029	-0.029
144	CAact3	~~	BAp2	13.076	-0.122	-0.122	-0.072	-0.072
145	CAact3	~~	BAp3	25.230	0.171	0.171	0.102	0.102
146	CAact3	~~	BAp4	0.260	0.056	0.056	0.017	0.017
147	CAact4	~~	CAact4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
148	CAact4	~~	BAp1	2.226	-0.050	-0.050	-0.030	-0.030
149	CAact4	~~	BAp2	0.057	0.008	0.008	0.005	0.005
150	CAact4	~~	BAp3	0.806	0.031	0.031	0.018	0.018
151	CAact4	~~	BAp4	3.892	0.219	0.219	0.067	0.067
152	BAp1	~~	BAp1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
153	BAp1	~~	BAp2	1.656	0.063	0.063	0.036	0.036
154	BAp1	~~	BAp3	0.505	0.034	0.034	0.020	0.020
155	BAp1	~~	BAp4	0.384	-0.063	-0.063	-0.019	-0.019
156	BAp2	~~	BAp2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
157	BAp2	~~	BAp3	2.694	-0.082	-0.082	-0.046	-0.046
158	BAp2	~~	BAp4	0.050	-0.024	-0.024	-0.007	-0.007
159	BAp3	~~	BAp3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160	BAp3	~~	BAp4	0.047	0.023	0.023	0.007	0.007
161	BAp4	~~	BAp4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
162	congru	~~	congru	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
163	congru	~~	pi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
164	congru	~~	CAact	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
165	congru	~~	BAp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
166	pi	~~	pi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
167	pi	~~	CAact	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
168	pi	~~	BAp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
169	CAact	~~	CAact	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170	CAact	~~	BAp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
171	BAp	~~	BAp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

manifest variables 사이의 공분산값 확인을 통한 모형적합도 개선 작업

```
> mi.cfa.model.total[mi.cfa.model.total$op == "~~",]
```

	lhs	op	rhs	mi	epc	sepc.lv	sepc.all	sepc.nox
1	congru1	~~	congru1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	congru1	~~	congru2	0.033	-0.015	-0.015	-0.007	-0.007
3	congru1	~~	congru3	3.972	-0.168	-0.168	-0.088	-0.088
4	congru1	~~	pi1	0.181	0.018	0.018	0.009	0.009
5	congru1	~~	pi2	0.202	0.019	0.019	0.009	0.009
6	congru1	~~	pi3	1.270	-0.059	-0.059	-0.026	-0.026
7	congru1	~~	CAact1	0.938	0.040	0.040	0.023	0.023
8	congru1	~~	CAact2	0.035	-0.008	-0.008	-0.005	-0.005
9	congru1	~~	CAact3	1.358	0.050	0.050	0.029	0.029

10	congru1	~~	CAact4	0.060	0.011	0.011	0.006	0.006
11	congru1	~~	BAp1	0.839	0.036	0.036	0.020	0.020
12	congru1	~~	BAp2	0.714	-0.034	-0.034	-0.018	-0.018
13	congru1	~~	BAp3	0.015	-0.005	-0.005	-0.003	-0.003
14	congru1	~~	BAp4	0.351	-0.077	-0.077	-0.022	-0.022
15	congru2	~~	congru2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	congru2	~~	congru3	4.996	0.207	0.207	0.103	0.103
17	congru2	~~	pi1	4.954	-0.094	-0.094	-0.044	-0.044
18	congru2	~~	pi2	1.390	-0.049	-0.049	-0.023	-0.023
19	congru2	~~	pi3	6.685	0.137	0.137	0.059	0.059
20	congru2	~~	CAact1	1.541	-0.052	-0.052	-0.029	-0.029
21	congru2	~~	CAact2	0.016	-0.006	-0.006	-0.003	-0.003
22	congru2	~~	CAact3	0.292	0.024	0.024	0.013	0.013
23	congru2	~~	CAact4	2.095	0.064	0.064	0.035	0.035
24	congru2	~~	BAp1	0.020	-0.006	-0.006	-0.003	-0.003
25	congru2	~~	BAp2	0.019	0.006	0.006	0.003	0.003
26	congru2	~~	BAp3	0.458	-0.028	-0.028	-0.014	-0.014
27	congru2	~~	BAp4	0.265	0.068	0.068	0.018	0.018
28	congru3	~~	congru3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	congru3	~~	pi1	3.217	0.069	0.069	0.034	0.034
30	congru3	~~	pi2	0.602	-0.030	-0.030	-0.015	-0.015
31	congru3	~~	pi3	0.073	0.013	0.013	0.006	0.006
32	congru3	~~	CAact1	1.338	-0.045	-0.045	-0.025	-0.025
33	congru3	~~	CAact2	0.050	-0.009	-0.009	-0.005	-0.005
34	congru3	~~	CAact3	0.494	-0.028	-0.028	-0.016	-0.016
35	congru3	~~	CAact4	0.085	-0.012	-0.012	-0.007	-0.007
36	congru3	~~	BAp1	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001
37	congru3	~~	BAp2	0.175	-0.015	-0.015	-0.008	-0.008
38	congru3	~~	BAp3	1.626	0.048	0.048	0.026	0.026
39	congru3	~~	BAp4	0.282	-0.064	-0.064	-0.018	-0.018
40	pi1	~~	pi1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41	pi1	~~	pi2	0.002	0.003	0.003	0.001	0.001
42	pi1	~~	pi3	5.847	-0.156	-0.156	-0.066	-0.066
43	pi1	~~	CAact1	21.277	0.156	0.156	0.084	0.084
44	pi1	~~	CAact2	0.902	-0.033	-0.033	-0.018	-0.018
45	pi1	~~	CAact3	1.814	-0.047	-0.047	-0.026	-0.026
46	pi1	~~	CAact4	1.012	-0.036	-0.036	-0.019	-0.019
47	pi1	~~	BAp1	0.327	0.018	0.018	0.010	0.010
48	pi1	~~	BAp2	0.099	0.010	0.010	0.005	0.005
49	pi1	~~	BAp3	0.215	-0.015	-0.015	-0.008	-0.008
50	pi1	~~	BAp4	0.039	-0.021	-0.021	-0.005	-0.005
51	pi2	~~	pi2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52	pi2	~~	pi3	5.732	0.160	0.160	0.066	0.066
53	pi2	~~	CAact1	2.288	-0.051	-0.051	-0.027	-0.027
54	pi2	~~	CAact2	0.063	0.009	0.009	0.005	0.005
55	pi2	~~	CAact3	0.418	-0.023	-0.023	-0.012	-0.012

56	pi2	~~	CAact4	0.555	0.026	0.026	0.014	0.014
57	pi2	~~	BAp1	1.073	0.032	0.032	0.017	0.017
58	pi2	~~	BAp2	0.417	0.021	0.021	0.010	0.010
59	pi2	~~	BAp3	2.018	-0.046	-0.046	-0.023	-0.023
60	pi2	~~	BAp4	0.065	0.027	0.027	0.007	0.007
61	pi3	~~	pi3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62	pi3	~~	CAact1	0.317	-0.024	-0.024	-0.012	-0.012
63	pi3	~~	CAact2	0.162	-0.018	-0.018	-0.009	-0.009
64	pi3	~~	CAact3	2.487	0.070	0.070	0.034	0.034
65	pi3	~~	CAact4	1.016	-0.045	-0.045	-0.022	-0.022
66	pi3	~~	BAp1	13.566	-0.146	-0.146	-0.070	-0.070
67	pi3	~~	BAp2	0.111	-0.014	-0.014	-0.006	-0.006
68	pi3	~~	BAp3	9.323	0.126	0.126	0.058	0.058
69	pi3	~~	BAp4	0.099	0.042	0.042	0.010	0.010
70	CAact1	~~	CAact1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71	CAact1	~~	CAact2	4.831	0.090	0.090	0.058	0.058
72	CAact1	~~	CAact3	0.553	0.031	0.031	0.020	0.020
73	CAact1	~~	CAact4	14.969	-0.163	-0.163	-0.102	-0.102
74	CAact1	~~	BAp1	1.716	0.041	0.041	0.025	0.025
75	CAact1	~~	BAp2	1.232	0.036	0.036	0.021	0.021
76	CAact1	~~	BAp3	9.083	-0.099	-0.099	-0.059	-0.059
77	CAact1	~~	BAp4	0.909	-0.101	-0.101	-0.031	-0.031
78	CAact2	~~	CAact2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
79	CAact2	~~	CAact3	8.626	-0.121	-0.121	-0.078	-0.078
80	CAact2	~~	CAact4	2.648	0.068	0.068	0.044	0.044
81	CAact2	~~	BAp1	1.151	0.035	0.035	0.022	0.022
82	CAact2	~~	BAp2	7.617	0.092	0.092	0.056	0.056
83	CAact2	~~	BAp3	10.036	-0.107	-0.107	-0.066	-0.066
84	CAact2	~~	BAp4	0.164	-0.044	-0.044	-0.014	-0.014
85	CAact3	~~	CAact3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
86	CAact3	~~	CAact4	5.212	0.097	0.097	0.061	0.061
87	CAact3	~~	BAp1	2.136	-0.048	-0.048	-0.029	-0.029
88	CAact3	~~	BAp2	13.076	-0.122	-0.122	-0.072	-0.072
89	CAact3	~~	BAp3	25.230	0.171	0.171	0.102	0.102
90	CAact3	~~	BAp4	0.260	0.056	0.056	0.017	0.017
91	CAact4	~~	CAact4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
92	CAact4	~~	BAp1	2.226	-0.050	-0.050	-0.030	-0.030
93	CAact4	~~	BAp2	0.057	0.008	0.008	0.005	0.005
94	CAact4	~~	BAp3	0.806	0.031	0.031	0.018	0.018
95	CAact4	~~	BAp4	3.892	0.219	0.219	0.067	0.067
96	BAp1	~~	BAp1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97	BAp1	~~	BAp2	1.656	0.063	0.063	0.036	0.036
98	BAp1	~~	BAp3	0.505	0.034	0.034	0.020	0.020
99	BAp1	~~	BAp4	0.384	-0.063	-0.063	-0.019	-0.019
100	BAp2	~~	BAp2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
101	BAp2	~~	BAp3	2.694	-0.082	-0.082	-0.046	-0.046

102	BAp2	~~	BAp4	0.050	-0.024	-0.024	-0.007	-0.007
103	BAp3	~~	BAp3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
104	BAp3	~~	BAp4	0.047	0.023	0.023	0.007	0.007
105	BAp4	~~	BAp4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
106	congru	~~	congru	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
107	congru	~~	pi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
108	congru	~~	CAact	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
109	congru	~~	BAp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110	pi	~~	pi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
111	pi	~~	CAact	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
112	pi	~~	BAp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
113	CAact	~~	CAact	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
114	CAact	~~	BAp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
115	BAp	~~	BAp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

89번 CAact3 ~~BAp3 의 공분산값(25.230)이 가장 큰 상황이다. 일부 manifest variables 사이에 공분산을 추가하는 경우: 예. CAact3 ~~ BAp3

```
> cfa.total.cov <- '
+ # latent variables
+ congru =~ congru1 + congru2 + congru3
+ pi =~ pi1 + pi2 + pi3
+ CAact =~ CAact1 + CAact2 + CAact3 + CAact4
+ BAp =~ BAp1 + BAp2 + BAp3 + BAp4
+ # covariance among latent variables
+ congru~~pi
+ congru~~CAact
+ congru~~BAp
+ pi~~CAact
+ pi~~BAp
+ CAact~~BAp
+ CAact3~~BAp3
+ '
> cfa.model.cov <- cfa(cfa.total.cov, data=ch10.ex1, likelihood="wishart")
> summary(cfa.model.cov, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)
```

lavaan (0.5-9) converged normally after 58 iterations

Number of observations	208
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	141.111
Degrees of freedom	70
P-value	0.000

Chi-square test baseline model:

Minimum Function Chi-square	2647.392
Degrees of freedom	91
P-value	0.000

Full model versus baseline model:

Comparative Fit Index (CFI)	0.972
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.964

Loglikelihood and Information Criteria:

Loglikelihood user model (H0)	-3905.527
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-3834.630
Number of free parameters	35
Akaike (AIC)	7881.054
Bayesian (BIC)	7997.867
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	7886.970

Root Mean Square Error of Approximation:

RMSEA	0.070
90 Percent Confidence Interval	0.053 0.087
P-value RMSEA <= 0.05	0.027

Standardized Root Mean Square Residual:

SRMR	0.032
------	-------

Parameter estimates:

Information	Expected					
Standard Errors	Standard					
Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all	
Latent variables:						
congru =~						
congru1	1.000			1.150	0.834	
congru2	1.073	0.074	14.513	0.000	1.234	0.854
congru3	1.066	0.071	15.114	0.000	1.225	0.885
pi =~						
pi1	1.000			1.339	0.919	
pi2	1.023	0.046	22.208	0.000	1.371	0.927
pi3	1.056	0.055	19.163	0.000	1.415	0.871
CAact =~						
CAact1	1.000			1.121	0.883	

CAact2	0.936	0.056	16.680	0.000	1.050	0.853
CAact3	0.964	0.057	16.888	0.000	1.081	0.854
CAact4	0.956	0.058	16.448	0.000	1.072	0.847
BAp =~						
BAp1	1.000				1.170	0.904
BAp2	1.045	0.051	20.527	0.000	1.223	0.912
BAp3	1.030	0.052	19.946	0.000	1.205	0.898
BAp4	1.212	0.139	8.719	0.000	1.418	0.549
Covariances:						
congru ~~						
pi	1.015	0.146	6.955	0.000	0.659	0.659
CAact	0.864	0.125	6.924	0.000	0.670	0.670
BAp	0.833	0.125	6.650	0.000	0.619	0.619
pi ~~						
CAact	1.169	0.147	7.949	0.000	0.778	0.778
BAp	1.120	0.147	7.636	0.000	0.715	0.715
CAact ~~						
BAp	0.986	0.127	7.750	0.000	0.752	0.752
CAact3 ~~						
BAp3	0.176	0.037	4.726	0.000	0.176	0.450
Variances:						
congru1	0.578	0.076			0.578	0.304
congru2	0.563	0.080			0.563	0.270
congru3	0.416	0.069			0.416	0.217
pi1	0.330	0.051			0.330	0.156
pi2	0.309	0.051			0.309	0.141
pi3	0.634	0.078			0.634	0.241
CAact1	0.355	0.048			0.355	0.220
CAact2	0.413	0.051			0.413	0.273
CAact3	0.435	0.054			0.435	0.271
CAact4	0.454	0.055			0.454	0.283
BAp1	0.308	0.043			0.308	0.184
BAp2	0.301	0.044			0.301	0.168
BAp3	0.350	0.048			0.350	0.194
BAp4	4.655	0.470			4.655	0.698
congru	1.322	0.185			1.000	1.000
pi	1.794	0.210			1.000	1.000
CAact	1.258	0.158			1.000	1.000
BAp	1.369	0.165			1.000	1.000

다른 변수와 공분산 값이 큰 변수를 확인해서 그 변수를 제거할 수 있다. 앞선 수정지수값 중에서 CAact3의 공분산 관계 값이 가장 두드러진다. 이 경우 CAact3를 제거하고 모델적합도를 개선할 수 있다. 이 작업은 모델적합도 값들을 변경하기 위해서 연구모델을 수정해야하는 이론적 부담을 안게된다.

```

> cfa.total.modi1 <- '
+ # latent variables
+ congru =~ congru1 + congru2 + congru3
+ pi =~ pi1 + pi2 + pi3
+ CAact =~ CAact1 + CAact2 + CAact4 # CAact3를 제외 함.
+ BAp =~ BAp1 + BAp2 + BAp3 + BAp4
+ # covariance among latent variables
+ congru~~pi
+ congru~~CAact
+ congru~~BAp
+ pi~~CAact
+ pi~~BAp
+ CAact~~BAp
+ '
> cfa.model.modi1 <- cfa(cfa.total.modi1, data=ch10.ex1, likelihood="wishart")
> summary(cfa.model.modi1, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)

```

lavaan (0.5-9) converged normally after 57 iterations

Number of observations	208
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	122.153
Degrees of freedom	59
P-value	0.000

Chi-square test baseline model:

Minimum Function Chi-square	2374.318
Degrees of freedom	78
P-value	0.000

Full model versus baseline model:

Comparative Fit Index (CFI)	0.972
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.964

Loglikelihood and Information Criteria:

Loglikelihood user model (H0)	-3690.288
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-3628.916
Number of free parameters	32
Akaike (AIC)	7444.575
Bayesian (BIC)	7551.377
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	7449.985

Root Mean Square Error of Approximation:

RMSEA		0.072
90 Percent Confidence Interval	0.054	0.090
P-value RMSEA <= 0.05		0.026

Standardized Root Mean Square Residual:

SRMR	0.032
------	-------

Parameter estimates:

	Information Standard Errors		Expected Standard			
	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
Latent variables:						
congru =~						
congru1	1.000				1.148	0.833
congru2	1.075	0.074	14.469	0.000	1.234	0.854
congru3	1.069	0.071	15.102	0.000	1.228	0.887
pi =~						
pi1	1.000				1.340	0.919
pi2	1.022	0.046	22.218	0.000	1.370	0.926
pi3	1.055	0.055	19.165	0.000	1.414	0.871
CAact =~						
CAact1	1.000				1.109	0.873
CAact2	0.965	0.059	16.368	0.000	1.070	0.869
CAact4	0.953	0.062	15.326	0.000	1.058	0.835
BAp =~						
BAp1	1.000				1.172	0.905
BAp2	1.040	0.051	20.299	0.000	1.219	0.909
BAp3	1.017	0.052	19.596	0.000	1.192	0.895
BAp4	1.217	0.139	8.772	0.000	1.426	0.552
Covariances:						
congru ~~						
pi	1.013	0.146	6.952	0.000	0.659	0.659
CAact	0.844	0.124	6.805	0.000	0.663	0.663
BAp	0.839	0.126	6.673	0.000	0.624	0.624
pi ~~						
CAact	1.167	0.147	7.912	0.000	0.785	0.785
BAp	1.121	0.147	7.630	0.000	0.714	0.714
CAact ~~						
BAp	0.996	0.129	7.749	0.000	0.766	0.766

```

Variances:
      congru1      0.583      0.077      0.583      0.307
      congru2      0.565      0.080      0.565      0.271
      congru3      0.410      0.069      0.410      0.214
      pi1         0.328      0.051      0.328      0.155
      pi2         0.311      0.051      0.311      0.142
      pi3         0.635      0.078      0.635      0.241
      CAact1      0.382      0.055      0.382      0.237
      CAact2      0.370      0.052      0.370      0.244
      CAact4      0.484      0.061      0.484      0.302
      BAp1        0.304      0.044      0.304      0.181
      BAp2        0.311      0.046      0.311      0.173
      BAp3        0.352      0.048      0.352      0.199
      BAp4        4.633      0.469      4.633      0.695
      congru      1.318      0.185      1.000      1.000
      pi          1.796      0.210      1.000      1.000
      CAact       1.231      0.159      1.000      1.000
      BAp         1.373      0.165      1.000      1.000

```

CAact3와 함께, BAp4와 pi3를 제거한다. 적합도지수가 변경(일부개선)됨을 확인할 수 있다.

```

> cfa.total.modi2 <- '
+ # latent variables
+ congru =~ congru1 + congru2 + congru3
+ pi =~ pi1 + pi2 # pi3제외
+ CAact =~ CAact1 + CAact2 + CAact4 # CAact3 제외
+ BAp =~ BAp1 + BAp2 + BAp3 # BAp4 제외
+ # covariance among latent variables
+ congru~~pi
+ congru~~CAact
+ congru~~BAp
+ pi~~CAact
+ pi~~BAp
+ CAact~~BAp
+ '
> cfa.model.modi2 <- cfa(cfa.total.modi2, data=ch10.ex1, likelihood="wishart")
> summary(cfa.model.modi2, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)

```

lavaan (0.5-9) converged normally after 51 iterations

Number of observations	208
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	74.170
Degrees of freedom	38

P-value	0.000					
Chi-square test baseline model:						
Minimum Function Chi-square	2008.334					
Degrees of freedom	55					
P-value	0.000					
Full model versus baseline model:						
Comparative Fit Index (CFI)	0.981					
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.973					
Loglikelihood and Information Criteria:						
Loglikelihood user model (H0)	-2961.719					
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-2924.455					
Number of free parameters	28					
Akaike (AIC)	5979.439					
Bayesian (BIC)	6072.890					
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	5984.172					
Root Mean Square Error of Approximation:						
RMSEA	0.068					
90 Percent Confidence Interval	0.044	0.090				
P-value RMSEA <= 0.05	0.100					
Standardized Root Mean Square Residual:						
SRMR	0.030					
Parameter estimates:						
Information				Expected		
Standard Errors				Standard		
	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
Latent variables:						
congru =~						
congru1	1.000				1.149	0.833
congru2	1.072	0.074	14.445	0.000	1.232	0.853
congru3	1.070	0.071	15.112	0.000	1.229	0.887
pi =~						
pi1	1.000				1.388	0.952

pi2	0.953	0.049	19.351	0.000	1.322	0.894
CAact =~						
CAact1	1.000				1.116	0.879
CAact2	0.956	0.058	16.449	0.000	1.067	0.866
CAact4	0.944	0.061	15.366	0.000	1.053	0.832
BAp =~						
BAp1	1.000				1.175	0.908
BAp2	1.038	0.051	20.342	0.000	1.219	0.910
BAp3	1.012	0.052	19.544	0.000	1.189	0.893
Covariances:						
congru ~~						
pi	1.033	0.149	6.940	0.000	0.648	0.648
CAact	0.849	0.125	6.817	0.000	0.663	0.663
BAp	0.842	0.126	6.678	0.000	0.624	0.624
pi ~~						
CAact	1.230	0.152	8.091	0.000	0.794	0.794
BAp	1.165	0.151	7.722	0.000	0.714	0.714
CAact ~~						
BAp	1.001	0.129	7.758	0.000	0.763	0.763
Variances:						
congru1	0.581	0.077			0.581	0.306
congru2	0.569	0.080			0.569	0.273
congru3	0.408	0.069			0.408	0.213
pi1	0.199	0.066			0.199	0.094
pi2	0.439	0.072			0.439	0.201
CAact1	0.368	0.054			0.368	0.228
CAact2	0.378	0.052			0.378	0.249
CAact4	0.493	0.062			0.493	0.308
BAp1	0.296	0.044			0.296	0.176
BAp2	0.310	0.046			0.310	0.172
BAp3	0.359	0.049			0.359	0.202
congru	1.319	0.185			1.000	1.000
pi	1.925	0.217			1.000	1.000
CAact	1.245	0.159			1.000	1.000
BAp	1.381	0.165			1.000	1.000

잠깐, AMOS 사용자(이학식 · 임지훈, 2011)가 자주 쓰는 용어들과 lavaan의 결과표의 용어들을 연결시켜보자.

- 요인부하량(factor loading) -> Estimate
- 표준화요인부하량(standardized factor loading) -> Std.all
- t값 -> Z-value
- p값 -> P(>|z|)

잠재요인 타당성(Construct validity)은 집중타당성(convergent validity), 판별 타당성(discriminant validity), 법칙타당성(nomological validity) 등으로 평가한다.¹

1. 집중타당성

- (a) 요인부하량의 크기: Estimate, $P(>|z|)$, std.all 등의 정보를 점검한다.
- (b) 평균분산추출값의 크기: inspect()에서 찾아본다: std.all의 변수별 rsquares의 평균을 요인별로 구하고, 이 값의 크기를 통해서 판단한다.
- (c) 잠재요인 신뢰도 값의 크기

2. 판별타당성(discriminant validity)

- (a) 잠재요인 간의 상관관계를 1로 고정(fix)시킨 모형과의 비교
- (b) 두 잠재요인 각각의 평균분산추출값(AVE)와 그 두 잠재요인 간의 상관관계 제곱을 비교

3. 법칙타당성(nomological validity)

```
> inspect(cfa.model.modi2)
```

\$lambda

	congru	pi	CAact	BAp
congru1	0	0	0	0
congru2	1	0	0	0
congru3	2	0	0	0
pi1	0	0	0	0
pi2	0	3	0	0
CAact1	0	0	0	0
CAact2	0	0	4	0
CAact4	0	0	5	0
BAp1	0	0	0	0
BAp2	0	0	0	6
BAp3	0	0	0	7

\$theta

	congr1	congr2	congr3	pi1	pi2	CAact1	CAact2	CAact4	BAp1	BAp2	BAp3
congru1	14										
congru2	0	15									
congru3	0	0	16								
pi1	0	0	0	17							
pi2	0	0	0	0	18						
CAact1	0	0	0	0	0	19					
CAact2	0	0	0	0	0	0	20				
CAact4	0	0	0	0	0	0	0	21			

¹psy 패키지의 mtmm()을 비교-학습하기를 추천한다.

BAp1	0	0	0	0	0	0	0	0	22		
BAp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	
BAp3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24

\$psi

	congru pi CAact BAp			
congru	25			
pi	8	26		
CAact	9	11	27	
BAp	10	12	13	28

> inspect(cfa.model.modi2, "free")

\$lambda

	congru pi CAact BAp			
congru1	0	0	0	0
congru2	1	0	0	0
congru3	2	0	0	0
pi1	0	0	0	0
pi2	0	3	0	0
CAact1	0	0	0	0
CAact2	0	0	4	0
CAact4	0	0	5	0
BAP1	0	0	0	0
BAP2	0	0	0	6
BAP3	0	0	0	7

\$theta

	congr1	congr2	congr3	pi1	pi2	CAact1	CAact2	CAact4	BAP1	BAP2	BAP3
congru1	14										
congru2	0	15									
congru3	0	0	16								
pi1	0	0	0	17							
pi2	0	0	0	0	18						
CAact1	0	0	0	0	0	19					
CAact2	0	0	0	0	0	0	20				
CAact4	0	0	0	0	0	0	0	21			
BAP1	0	0	0	0	0	0	0	0	22		
BAP2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	
BAP3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24

\$psi

	congru pi CAact BAp			
congru	25			
pi	8	26		
CAact	9	11	27	
BAp	10	12	13	28

```
> inspect(cfa.model.modi2, "start")
```

```
$lambda
```

	congru	pi	CAact	BAp
congru1	1.000	0	0.000	0.000
congru2	1.114	0	0.000	0.000
congru3	1.087	0	0.000	0.000
pi1	0.000	1	0.000	0.000
pi2	0.000	1	0.000	0.000
CAact1	0.000	0	1.000	0.000
CAact2	0.000	0	1.030	0.000
CAact4	0.000	0	0.966	0.000
BAp1	0.000	0	0.000	1.000
BAp2	0.000	0	0.000	1.021
BAp3	0.000	0	0.000	1.002

```
$theta
```

	congr1	congr2	congr3	pi1	pi2	CAact1	CAact2	CAact4	BAp1	BAp2	BAp3
congru1	0.950										
congru2	0.000	1.043									
congru3	0.000	0.000	0.959								
pi1	0.000	0.000	0.000	1.062							
pi2	0.000	0.000	0.000	0.000	1.094						
CAact1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.806					
CAact2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.758				
CAact4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.801			
BAp1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.838		
BAp2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.898	
BAp3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.886

```
$psi
```

	congru	pi	CAact	BAp
congru	0.05			
pi	0.00	0.05		
CAact	0.00	0.00	0.05	
BAp	0.00	0.00	0.00	0.05

```
> inspect(cfa.model.modi2, "rsquare")
```

congru1	congru2	congru3	pi1	pi2	CAact1	CAact2	CAact4
0.6940737	0.7272691	0.7871465	0.9064433	0.7991989	0.7720651	0.7506149	0.6924106
BAp1	BAp2	BAp3					
0.8236223	0.8275790	0.7977392					

```
> inspect(cfa.model.modi2, "fit")
```

chisq	df	pvalue	baseline.chisq
74.170	38.000	0.000	2008.334

baseline.df	baseline.pvalue	cfi	tli
55.000	0.000	0.981	0.973
logl	unrestricted.logl	npar	aic
-2961.719	-2924.455	28.000	5979.439
bic	ntotal	bic2	rmsea
6072.890	208.000	5984.172	0.068
rmsea.ci.lower	rmsea.ci.upper	rmsea.pvalue	srmr
0.044	0.090	0.100	0.030
srmr_nomean			
0.030			

Chapter 7

구조모형의 분석과 해석

7.1 구조모형의 분석절차

7.1.1 경로도형의 작성

다음과 같은 가설을 도형으로 그리자:

- H1: 일치성은 소비자 태도에 正(+)의 영향을 미칠 것이다.
- H2: 일치성은 소비자태도의 매개에 의해서뿐만 아니라 직접적으로도 브랜드 태도에 正(+)의 영향을 미칠 것이다.
- H3: 소비자 태도는 브랜드 태도에 正(+)의 영향을 미칠 것이다.
- H4: 소비자 태도는 브랜드 태도의 매개에 의해서뿐만 아니라 직접적으로도 구매의도에 正(+)의 영향을 미칠 것이다.
- H5: 브랜드 태도는 구매의도에 正(+)의 영향을 미칠 것이다.

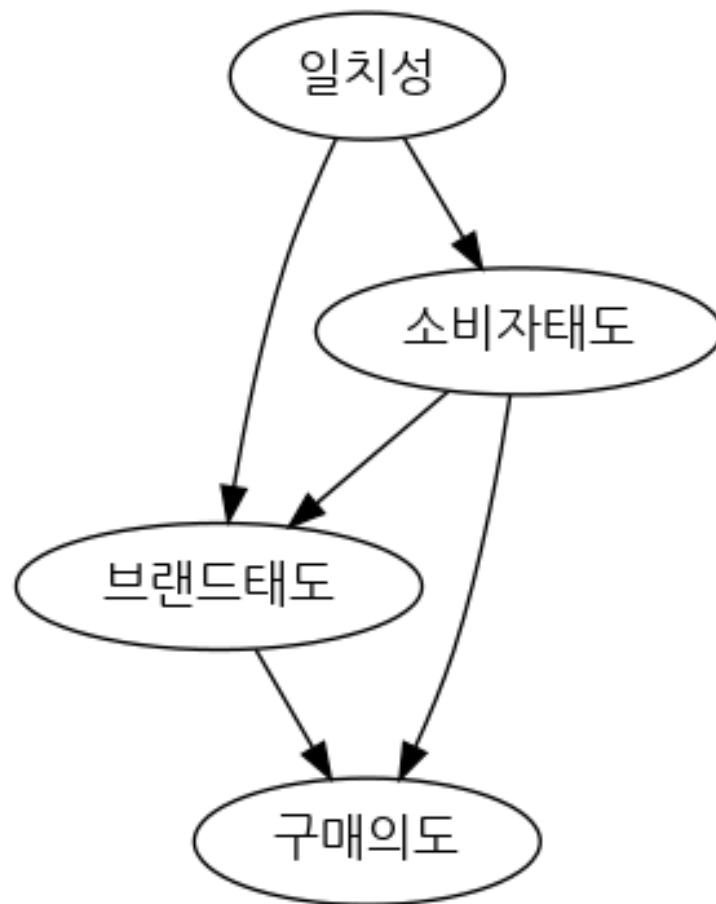


Figure 7.1: 연구모형(기본본1, Graphviz 이용)

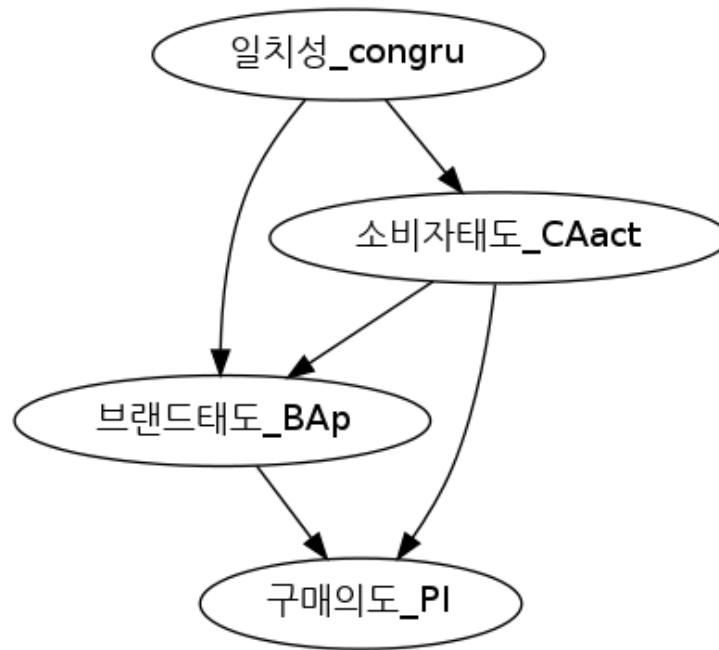


Figure 7.2: 연구모형(기본2, Graphviz이용)

7.1.2 도형1¹

7.1.3 도형2²

7.2 구조모형 분석결과의 해석

7.2.1 Identification

7.2.1.1 내생 잠재요인에 오차항을 설정하지 않은 경우

7.2.1.2 측정변수와 오차항 간의 관계에서 계수를 지정하지 않는 경우

7.2.1.3 한 잠재요인의 여러 측정변수들 중 어느 한 변수에도 계수를 지정하지 않은 경우

7.2.1.4 잠재요인 혹은 측정변수의 이름을 부여하지 않는 경우

7.2.1.5 측정변수명이 데이터 파일에서 사용한 변수명과 다른 경우

7.2.1.6 분석데이터의 자동입력방식에서 결측값이 존재하는 경우

The default estimator in the lavaan package is maximum likelihood (estimator = "ML"). Alternative estimators currently avail-

¹echo "digraph one { 일치성->소비자태도; 일치성->브랜드태도; 소비자태도->브랜드태도; 소비자태도->구매의도; 브랜드태도->구매의도 }" | dot -Tpng >ch11.ex1.one.png

²echo "digraph two { 일치성_congru->소비자태도_CAact; 일치성_congru->브랜드태도_BAp; 소비자태도_CAact->브랜드태도_BAp; 소비자태도_CAact->구매의도_PI; 브랜드태도_BAp->구매의도_PI }" | dot -Tpng >ch11.ex1.two.png

able in lavaan are:

- "GLS" for generalized least squares. For complete data only.
- "WLS" for weighted least squares (sometimes called ADF estimation). For complete data only.
- "MLM" for maximum likelihood estimation with robust standard errors and a Satorra-Bentler scaled test statistic. For complete data only.
- "MLF" for maximum likelihood estimation with standard errors based on the first-order derivatives, and a conventional test statistic. For both complete and *incomplete data*.
- "MLR" maximum likelihood estimation with robust (Huber-White) standard errors and a scaled test statistic that is (asymptotically) equal to the Yuan-Bentler test statistic. For both complete and *incomplete data*. (Yves Rosseel, 2012b: 27, 이탤릭 추가)

If the data contain missing values, the default behavior is listwise deletion. If the missing mechanism is MCAR (missing completely at random) or MAR (missing at random), the lavaan package provides case-wise (or 'full information') maximum likelihood estimation. You can turn this feature on, by using the argument `missing="ml"` when calling the fitting function. An unrestricted (h1) model will automatically be estimated, so that all common fit indices are available. (같은글, 28)

7.2.2 적합도

- CMIN -> Minimum Function Chi-square
- GFI, NFI 값은 제공되지 않는다. semTools 패키지를 사용하여 확인할 수 있다. lavaan에서는 CFI, TLI 등을 제공한다.

7.2.3 경로계수

- Estimate: 비표준화 경로계수
- S. E. -> Std.err
- C. R. -> Z-value
- P -> $P(>|z|)$
- 표준화 경로계수: Std.lv(latent variables의 표준화 계수), Std.all(모든 변수의 표준화계수)
- lavaan에서 표준화계수 값을 확인하기 위해서는 `summary()` 안의 인자값에 `'standardized=TRUE'`를 추가해야 한다.

7.2.3.1 Pairwise Parameter Comparisons를 이용하는 방법

*** lavaan에는 없는걸까?

```
> fit.check <- '  
+ # latent variables  
+ congru =~ congru1 + congru2 + congru3  
+ pi =~ pi1 + pi2 # pi3 제외  
+ CAact =~ CAact1 + CAact2 + CAact4 # CAact3 제외  
+ BAp =~ BAp1 + BAp2 + BAp3 # BAp4 제외  
+ # variances  
+ congru1~~congru1  
+ congru2~~congru2  
+ congru3~~congru3  
+ CAact1~~CAact1  
+ CAact2~~CAact2  
+ CAact4~~CAact4  
+ BAp1~~BAp1  
+ BAp2~~BAp2  
+ BAp3~~BAp3  
+ pi1~~pi1  
+ pi2~~pi2  
+ CAact~~CAact  
+ BAp~~BAp  
+ pi~~pi  
+ # regressions  
+ pi~CAact  
+ pi~BAp  
+ CAact~congru  
+ BAp~congru  
+ BAp~CAact  
+ '  
> fit.check.model <- sem(fit.check, data=ch10.ex1, likelihood="wishart")  
> summary(fit.check.model, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)
```

lavaan (0.5-9) converged normally after 43 iterations

Number of observations	208
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	79.751
Degrees of freedom	39
P-value	0.000

Chi-square test baseline model:

Minimum Function Chi-square	2008.334
-----------------------------	----------

Degrees of freedom	55
P-value	0.000

Full model versus baseline model:

Comparative Fit Index (CFI)	0.979
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.971

Loglikelihood and Information Criteria:

Loglikelihood user model (H0)	-2964.523
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-2924.455
Number of free parameters	27
Akaike (AIC)	5983.047
Bayesian (BIC)	6073.160
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	5987.611

Root Mean Square Error of Approximation:

RMSEA	0.071
90 Percent Confidence Interval	0.048 0.093
P-value RMSEA <= 0.05	0.062

Standardized Root Mean Square Residual:

SRMR	0.035
------	-------

Parameter estimates:

	Information Standard Errors	Expected Standard					
	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all	
Latent variables:							
congru =~							
congru1	1.000				1.150	0.834	
congru2	1.076	0.074	14.528	0.000	1.238	0.857	
congru3	1.063	0.071	15.026	0.000	1.222	0.883	
pi =~							
pi1	1.000				1.386	0.951	
pi2	0.955	0.050	19.199	0.000	1.324	0.895	
CAact =~							
CAact1	1.000				1.115	0.878	
CAact2	0.951	0.058	16.332	0.000	1.061	0.862	
CAact4	0.945	0.061	15.392	0.000	1.054	0.832	

BAp =~						
BAp1	1.000				1.175	0.907
BAp2	1.037	0.051	20.302	0.000	1.218	0.909
BAp3	1.013	0.052	19.561	0.000	1.190	0.894

Regressions:

pi ~						
CAact	0.764	0.111	6.869	0.000	0.615	0.615
BAp	0.292	0.100	2.907	0.004	0.247	0.247
CAact ~						
congru	0.658	0.070	9.413	0.000	0.678	0.678
BAp ~						
congru	0.206	0.081	2.546	0.011	0.202	0.202
CAact	0.661	0.088	7.483	0.000	0.627	0.627

Variances:

congru1	0.578	0.077		0.578	0.304
congru2	0.555	0.080		0.555	0.266
congru3	0.423	0.070		0.423	0.221
CAact1	0.369	0.053		0.369	0.229
CAact2	0.390	0.053		0.390	0.258
CAact4	0.493	0.061		0.493	0.307
BAp1	0.297	0.044		0.297	0.177
BAp2	0.312	0.047		0.312	0.174
BAp3	0.357	0.049		0.357	0.201
pi1	0.202	0.068		0.202	0.095
pi2	0.436	0.073		0.436	0.199
CAact	0.671	0.097		0.540	0.540
BAp	0.543	0.077		0.394	0.394
pi	0.631	0.095		0.329	0.329
congru	1.323	0.185		1.000	1.000

> fitted(fit.check.model)

\$cov

	congr1	congr2	congr3	pi1	pi2	CAact1	CAact2	CAact4	BAp1	BAp2	BAp3
congru1	1.901										
congru2	1.423	2.086									
congru3	1.406	1.513	1.918								
pi1	0.912	0.982	0.970	2.124							
pi2	0.871	0.937	0.926	1.835	2.188						
CAact1	0.870	0.936	0.925	1.242	1.186	1.613					
CAact2	0.828	0.891	0.880	1.182	1.128	1.183	1.515				
CAact4	0.822	0.885	0.874	1.174	1.121	1.175	1.118	1.603			
BAp1	0.848	0.912	0.901	1.168	1.115	1.001	0.952	0.946	1.677		
BAp2	0.879	0.946	0.935	1.211	1.157	1.039	0.988	0.981	1.431	1.797	

```
BAp3      0.859  0.924  0.913  1.183 1.130 1.014  0.965  0.958  1.398 1.450 1.773
```

```
$mean
```

```
congru1 congru2 congru3      pi1      pi2 CAact1 CAact2 CAact4      BAp1      BAp2
      0          0          0          0          0          0          0          0          0          0
      BAp3
      0
```

```
> resid(fit.check.model, type="standardized")
```

```
$cov
```

```
      congr1 congr2 congr3 pi1      pi2      CAact1 CAact2 CAact4 BAp1      BAp2
congru1      NA
congru2 -0.852      NA
congru3      NA  1.365      NA
pi1      2.240  0.001  2.330      NA
pi2      2.028  0.139  1.628      NA      NA
CAact1  1.241 -2.731 -2.695  2.593  0.662      NA
CAact2  0.558 -1.962 -2.067      NA -4.348  1.070      NA
CAact4  2.145  1.013  0.493 -2.103 -0.237      NA  1.571      NA
BAp1      0.975 -1.520  0.027 -4.562 -0.808 -0.645 -0.380 -0.558      NA
BAp2      0.021 -1.842 -0.573  0.360  1.073  0.405  1.309  1.092      NA      NA
BAp3      1.143 -0.824  1.164  0.461  0.741 -1.850 -1.808  1.378  0.949      NA
      BAp3
```

```
congru1
congru2
congru3
pi1
pi2
CAact1
CAact2
CAact4
BAp1
BAp2
BAp3      NA
```

```
$mean
```

```
congru1 congru2 congru3      pi1      pi2 CAact1 CAact2 CAact4      BAp1      BAp2
      0          0          0          0          0          0          0          0          0          0
      BAp3
      0
```

```
> vcov(fit.check.model)
```

```
      cng=~2 cng=~3 pi=~p2 CA=~CA2 CA=~CA4 BA=~BA2 BA=~BA3 cn1~~1
congru=~congru2      0.005
congru=~congru3      0.003  0.005
```

pi=~pi2	0.000	0.000	0.002						
CAact=~CAact2	0.000	0.000	0.000	0.003					
CAact=~CAact4	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004				
BAp=~BAp2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003			
BAp=~BAp3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003		
congru1~~congru1	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	
congru2~~congru2	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
congru3~~congru3	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
CAact1~~CAact1	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
CAact2~~CAact2	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CAact4~~CAact4	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
BAp1~~BAp1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
BAp2~~BAp2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000
BAp3~~BAp3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000
pi1~~pi1	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
pi2~~pi2	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CAact~~CAact	0.000	0.000	0.000	-0.002	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
BAp~~BAp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	0.000	0.000
pi~~pi	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
pi~CAact	0.000	0.000	-0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
pi~BAp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CAact~congru	0.002	0.002	0.000	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
BAp~congru	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BAp~CAact	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000
congru~~congru	-0.007	-0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003
cn2~~2 cn3~~3 CA1~~C CA2~~C CA4~~C BA1~~B BA2~~B BA3~~B p1~~p1									
congru=~congru2									
congru=~congru3									
pi=~pi2									
CAact=~CAact2									
CAact=~CAact4									
BAp=~BAp2									
BAp=~BAp3									
congru1~~congru1									
congru2~~congru2	0.006								
congru3~~congru3	-0.001	0.005							
CAact1~~CAact1	0.000	0.000	0.003						
CAact2~~CAact2	0.000	0.000	0.000	0.003					
CAact4~~CAact4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004				
BAp1~~BAp1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002			
BAp2~~BAp2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002		
BAp3~~BAp3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	
pi1~~pi1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
pi2~~pi2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003
CAact~~CAact	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BAp~~BAp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000

pi~~pi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003
pi~CAact	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
pi~BAp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CAact~congru	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BAp~congru	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BAp~CAact	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
congru~~congru	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
p2~~p2 CA~~CA BA~~BA pi~~pi p~CAact pi~BAp CAact~c BAp~cn BAp~CA										
congru=~congru2										
congru=~congru3										
pi=~pi2										
CAact=~CAact2										
CAact=~CAact4										
BAp=~BAp2										
BAp=~BAp3										
congru1~~congru1										
congru2~~congru2										
congru3~~congru3										
CAact1~~CAact1										
CAact2~~CAact2										
CAact4~~CAact4										
BAp1~~BAp1										
BAp2~~BAp2										
BAp3~~BAp3										
pi1~~pi1										
pi2~~pi2	0.005									
CAact~~CAact	0.000	0.009								
BAp~~BAp	0.000	0.000	0.006							
pi~~pi	0.002	0.000	0.000	0.009						
pi~CAact	0.000	-0.002	-0.001	-0.001	0.012					
pi~BAp	0.000	0.000	0.000	0.001	-0.009	0.010				
CAact~congru	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.005			
BAp~congru	0.000	0.001	0.001	0.000	-0.001	0.001	0.000	0.007		
BAp~CAact	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.002	-0.001	-0.001	-0.005	0.008	
congru~~congru	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004	-0.001	0.000	
cngr~~										
congru=~congru2										
congru=~congru3										
pi=~pi2										
CAact=~CAact2										
CAact=~CAact4										
BAp=~BAp2										
BAp=~BAp3										
congru1~~congru1										
congru2~~congru2										
congru3~~congru3										

```

CAact1~~CAact1
CAact2~~CAact2
CAact4~~CAact4
BAp1~~BAp1
BAp2~~BAp2
BAp3~~BAp3
pi1~~pi1
pi2~~pi2
CAact~~CAact
BAp~~BAp
pi~~pi
pi~CAact
pi~BAp
CAact~congru
BAp~congru
BAp~CAact
congru~~congru    0.034

```

7.2.3.2 경로계수가 동일하다는 제약모형과 연구모형을 비교하는 방법

```

> fix.coeffi <- '
+ # latent variables
+ congru =~ congru1 + congru2 + congru3
+ pi =~ pi1 + pi2 # pi3 제외
+ CAact =~ CAact1 + CAact2 + CAact4 # CAact3 제외
+ BAp =~ BAp1 + BAp2 + BAp3 # BAp4 제외
+ # variances
+ congru1~~congru1
+ congru2~~congru2
+ congru3~~congru3
+ CAact1~~CAact1
+ CAact2~~CAact2
+ CAact4~~CAact4
+ BAp1~~BAp1
+ BAp2~~BAp2
+ BAp3~~BAp3
+ pi1~~pi1
+ pi2~~pi2
+ CAact~~CAact
+ BAp~~BAp
+ pi~~pi
+ # regressions
+ pi~a*CAact+a*BAp # CAact와 BAp의 영향력을 동일수준으로 통제
+ CAact~congru
+ BAp~congru+CAact

```



```
+ '
> fix.coeffi.model <- sem(fix.coeffi, data=ch10.ex1, likelihood="wishart")
> summary(fix.coeffi.model, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)
```

lavaan (0.5-9) converged normally after 43 iterations

Number of observations	208
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	85.151
Degrees of freedom	40
P-value	0.000

Chi-square test baseline model:

Minimum Function Chi-square	2008.334
Degrees of freedom	55
P-value	0.000

Full model versus baseline model:

Comparative Fit Index (CFI)	0.977
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.968

Loglikelihood and Information Criteria:

Loglikelihood user model (H0)	-2967.236
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-2924.455
Number of free parameters	26
Akaike (AIC)	5986.473
Bayesian (BIC)	6073.249
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	5990.868

Root Mean Square Error of Approximation:

RMSEA	0.074
90 Percent Confidence Interval	0.052 0.095
P-value RMSEA <= 0.05	0.038

Standardized Root Mean Square Residual:

SRMR	0.038
------	-------

Parameter estimates:

Information			Expected					
Standard Errors			Standard					
		Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all	
Latent variables:								
congru =~								
	congru1	1.000				1.150	0.834	
	congru2	1.077	0.074	14.525	0.000	1.238	0.857	
	congru3	1.063	0.071	15.014	0.000	1.222	0.883	
pi =~								
	pi1	1.000				1.381	0.948	
	pi2	0.962	0.050	19.048	0.000	1.328	0.898	
CAact =~								
	CAact1	1.000				1.121	0.877	
	CAact2	0.955	0.058	16.516	0.000	1.071	0.870	
	CAact4	0.943	0.061	15.450	0.000	1.058	0.836	
BAp =~								
	BAp1	1.000				1.163	0.903	
	BAp2	1.048	0.052	20.142	0.000	1.218	0.909	
	BAp3	1.023	0.053	19.418	0.000	1.190	0.894	
Regressions:								
pi ~								
	CAact	(a)	0.520	0.034	15.096	0.000	0.422	0.422
	BAp	(a)	0.520	0.034	15.096	0.000	0.438	0.438
CAact ~								
	congru		0.654	0.071	9.267	0.000	0.670	0.670
BAp ~								
	congru		0.225	0.079	2.853	0.004	0.223	0.223
	CAact		0.635	0.085	7.478	0.000	0.612	0.612
Variances:								
	congru1		0.579	0.077			0.579	0.305
	congru2		0.554	0.080			0.554	0.265
	congru3		0.423	0.070			0.423	0.221
	CAact1		0.377	0.055			0.377	0.231
	CAact2		0.368	0.052			0.368	0.243
	CAact4		0.483	0.061			0.483	0.302
	BAp1		0.307	0.044			0.307	0.185
	BAp2		0.312	0.046			0.312	0.174
	BAp3		0.357	0.049			0.357	0.201
	pi1		0.216	0.069			0.216	0.102
	pi2		0.423	0.074			0.423	0.193
	CAact		0.692	0.100			0.551	0.551
	BAp		0.531	0.076			0.393	0.393
	pi		0.667	0.096			0.349	0.349

congru	1.322	0.185	1.000	1.000
--------	-------	-------	-------	-------

연구모형의 이름을 `fit.check.model`이라고 정의하고 분석을 진행했다. `pi`(구매의도)에 영향을 미치는 `CAact`(소비자 태도)와 `BAp`(브랜드 태도)의 영향력을 같다는 가정으로 통제하여 그 계수이름을 `a`라고 붙였다. 이렇게 통제한 제약 모형의 이름을 `fix.coefi.model`으로 지정했다. 이 결과, 분석표에 있는 Regressions 부분에 (a)라는 계수 이름이 붙여지게 된다. 이러한 경로계수의 통제는 다음과 같은 변화를 갖는다:

- 자유도(dgree of freedom)의 증가: 1이 증가된 40이 된다.
- chi-square가 3.84(유의수준 0.05에서 1이 갖는 값) 증가한다.

진행된 분석의 결과는 chi-square가 79.751에서 85.151로 5.4가 증가하였다. 제약(통제) 모형(`fix.coefi.model`)의 minimum function of chi-square이 3.84보다 더 커졌기 때문에 모형의 우수성이 낮다고 이해할 수 있다. $PI \sim CAact$ 와 $PI \sim BAp$ 의 영향력비교에서 `CAact`의 영향력이 크다고 해석할 수 있다.

7.2.4 직접효과, 간접효과, 그리고 총효과

```
> summary(fit.check.model, standardized=TRUE)
```

```
lavaan (0.5-9) converged normally after 43 iterations
```

Number of observations	208
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	79.751
Degrees of freedom	39
P-value	0.000

Parameter estimates:

	Information	Expected				
	Standard Errors	Standard				
	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
Latent variables:						
congru =~						
congru1	1.000				1.150	0.834
congru2	1.076	0.074	14.528	0.000	1.238	0.857
congru3	1.063	0.071	15.026	0.000	1.222	0.883
pi =~						
pi1	1.000				1.386	0.951
pi2	0.955	0.050	19.199	0.000	1.324	0.895
CAact =~						
CAact1	1.000				1.115	0.878

CAact2	0.951	0.058	16.332	0.000	1.061	0.862
CAact4	0.945	0.061	15.392	0.000	1.054	0.832
BAP =~						
BAP1	1.000				1.175	0.907
BAP2	1.037	0.051	20.302	0.000	1.218	0.909
BAP3	1.013	0.052	19.561	0.000	1.190	0.894
Regressions:						
pi ~						
CAact	0.764	0.111	6.869	0.000	0.615	0.615
BAP	0.292	0.100	2.907	0.004	0.247	0.247
CAact ~						
congru	0.658	0.070	9.413	0.000	0.678	0.678
BAP ~						
congru	0.206	0.081	2.546	0.011	0.202	0.202
CAact	0.661	0.088	7.483	0.000	0.627	0.627
Variances:						
congru1	0.578	0.077			0.578	0.304
congru2	0.555	0.080			0.555	0.266
congru3	0.423	0.070			0.423	0.221
CAact1	0.369	0.053			0.369	0.229
CAact2	0.390	0.053			0.390	0.258
CAact4	0.493	0.061			0.493	0.307
BAP1	0.297	0.044			0.297	0.177
BAP2	0.312	0.047			0.312	0.174
BAP3	0.357	0.049			0.357	0.201
pi1	0.202	0.068			0.202	0.095
pi2	0.436	0.073			0.436	0.199
CAact	0.671	0.097			0.540	0.540
BAP	0.543	0.077			0.394	0.394
pi	0.631	0.095			0.329	0.329
congru	1.323	0.185			1.000	1.000

lavaan은 하나의 분석으로 비표준화계수와 표준화계수의 직접효과, 간접효과, 총효과를 계산해주지 않는다. <Regressions>에 해당하는 값들을 보면서 계산해내야 한다. 직접효과는 화살표가 직접연결되는 것이므로 쉽게 값을 찾아낼 수 있다. 간접효과는 매개변수가 갖는 직접효과값과 곱셈(*)하여 계산한다. 총효과는 직접효과와 간접효과의 합셈으로 계산한다.

간접효과와 총효과를 parameters로 정의하여 계산할 수 있기는 하다. 단순한 경로 및 방정식 모형은 쉽게 parameters를 정의할 수 있다. 하지만, 이중-삼중의 경로모형인 구조방정식인 경우, parameters를 정의하기가 쉽지 않다.

7.2.5 Squared Multiple Correlations

```
> inspect(fit.check.model, "rsquare")
```

congru1	congru2	congru3	CAact1	CAact2	CAact4	BAp1	BAp2
0.6959135	0.7341082	0.7792426	0.7709936	0.7424415	0.6926740	0.8230603	0.8264235
BAp3	pi1	pi2	CAact	BAp	pi		
0.7987466	0.9046770	0.8007595	0.4603486	0.6062420	0.6714253		

분석 결과 중에서 CAact(0.4603486), BAp(0.6062420), pi(0.6714253)을 이해 하자. CAact(소비자 태도)는 모형에서 congru(일치성)에 의해서만 영향을 받는다. 다른 말로 하면, congru는 predictor(독립변수, 설명변수)이며, CAact는 반응변수(종속변수)인 것이다. CAact(0.4603486)은 CAact~congru 사이의 회귀분석 설명력이다. 한편, BAp(브랜드 태도)는 congru(일치성)과 CAact(소비자 태도)의 영향을 받는다. 이 크기가 BAp(0.6062420)인 것이다. pi(0.6714253)은 pi를 종속변수로 하는 회귀분석의 설명력(r-squared) 값이다.

Chapter 8

Nonrecursive 모형, 종단적 모형 및 Higher-order 모형의 분석

8.1 Nonrecursive 모형의 분석

8.1.1 dataset

```
> data(ch10.ex1)
> str(ch10.ex1)
```

```
'data.frame':      208 obs. of  15 variables:
 $ CAact1 : int  1 2 3 3 3 1 -2 1 -2 3 ...
 $ CAact2 : int  1 2 2 3 3 1 -1 1 -2 3 ...
 $ CAact3 : int  0 1 2 3 2 1 -2 1 -2 2 ...
 $ CAact4 : int  0 2 2 3 2 1 -1 1 -2 3 ...
 $ congru1: int  3 5 4 5 4 4 0 3 1 4 ...
 $ congru2: int  2 4 4 5 4 4 2 3 1 4 ...
 $ congru3: int  2 4 3 5 4 4 1 3 1 3 ...
 $ BAp1   : int  2 3 3 3 2 1 -2 3 -2 2 ...
 $ BAp2   : int  2 3 3 3 2 1 -3 3 -3 2 ...
 $ BAp3   : int  2 3 2 3 2 1 -2 3 -1 1 ...
 $ BAp4   : int  3 3 3 3 2 1 -2 3 -2 3 ...
 $ pi1    : int  4 5 6 6 5 4 0 3 2 5 ...
 $ pi2    : int  1 5 6 6 5 4 0 3 1 5 ...
 $ pi3    : int  4 4 5 6 5 4 0 3 1 5 ...
 $ bk     : int  2 5 5 6 5 3 5 3 1 3 ...
```

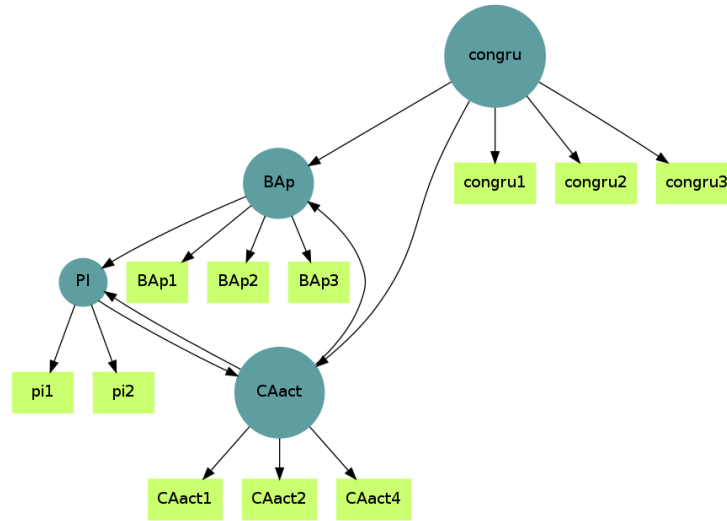


Figure 8.1: non-recursive 경로도형 예1

8.1.2 경로도형

- 도형¹
- 도형²

8.1.3 모형분석결과

8.1.3.1 모형1 분석

```
> # non-recursive model
> non_recursive1 <- '
+ congru=~congru1+congru2+congru3
+ CAact=~CAact1+CAact2+CAact4
+ BAp=~BAp1+BAp2+BAp3
```

¹echo "digraph non_recursive { node [style=filled, color='cadetblue', shape=circle]; congru; BAp; CAact; PI; node [style=filled, color='darkolivegreen1',shape=box]; congru1; congru2; congru3; CAact1; CAact2; CAact4; pi1; pi2; BAp1; BAp2; BAp3; congru->congru1; congru->congru2; congru->congru3; CAact->CAact1; CAact->CAact2; CAact->CAact4; PI->pi1 PI->pi2 BAp->BAp1 BAp->BAp2 BAp->BAp3 congru->CAact congru->BAp CAact->BAp PI->CAact CAact->PI BAp->PI }" | dot -Tpng >ch10.ex1.one.png

²echo "digraph non_recursive { node [style=filled, color='cadetblue', shape=circle]; congru; BAp; CAact; PI; node [style=filled, color='darkolivegreen1',shape=box]; congru1; congru2; congru3; CAact1; CAact2; CAact4; pi1; pi2; BAp1; BAp2; BAp3; congru->congru1; congru->congru2; congru->congru3; CAact->CAact1; CAact->CAact2; CAact->CAact4; PI->pi1 PI->pi2 BAp->BAp1 BAp->BAp2 BAp->BAp3 congru->CAact congru->BAp CAact->BAp PI->CAact BAp->PI }" | dot -Tpng >ch10.ex1.two.png

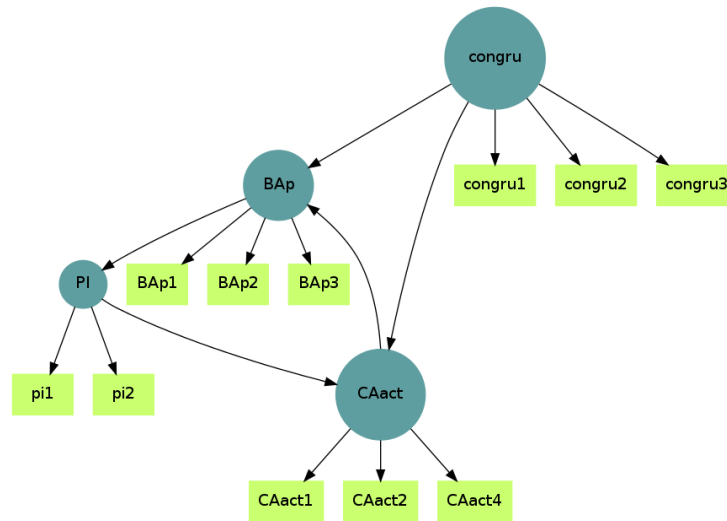


Figure 8.2: non-recursive 경로도형 예2

```

+ pi=~pi1+pi2
+ congru1~~congru1
+ congru2~~congru2
+ congru3~~congru3
+ CAact1~~CAact1
+ CAact2~~CAact2
+ CAact4~~CAact4
+ BAp1~~BAp1
+ BAp2~~BAp2
+ BAp3~~BAp3
+ pi1~~pi1
+ pi2~~pi2
+ CAact~~CAact
+ BAp~~BAp
+ pi~~pi
+ CAact~congru+pi
+ BAp~congru+CAact
+ pi~CAact+BAp
+ '
> non.recursive.model1 <- sem(non.recursive1, data=ch10.ex1, likelihood="wishart")
> summary(non.recursive.model1, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)

```

lavaan (0.5-9) converged normally after 55 iterations

Number of observations

208

Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	74.170
Degrees of freedom	38
P-value	0.000

Chi-square test baseline model:

Minimum Function Chi-square	2008.334
Degrees of freedom	55
P-value	0.000

Full model versus baseline model:

Comparative Fit Index (CFI)	0.981
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.973

Loglikelihood and Information Criteria:

Loglikelihood user model (H0)	-2961.719
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-2924.455
Number of free parameters	28
Akaike (AIC)	5979.439
Bayesian (BIC)	6072.890
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	5984.172

Root Mean Square Error of Approximation:

RMSEA	0.068
90 Percent Confidence Interval	0.044 0.090
P-value RMSEA <= 0.05	0.100

Standardized Root Mean Square Residual:

SRMR	0.030
------	-------

Parameter estimates:

Information	Expected					
Standard Errors	Standard					
	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
Latent variables:						
congru =~						
congru1	1.000				1.149	0.833
congru2	1.072	0.074	14.445	0.000	1.232	0.853

congru3	1.070	0.071	15.112	0.000	1.229	0.887
CAact =~						
CAact1	1.000				1.116	0.879
CAact2	0.956	0.058	16.449	0.000	1.067	0.866
CAact4	0.944	0.061	15.366	0.000	1.053	0.832
BAp =~						
BAp1	1.000				1.175	0.908
BAp2	1.038	0.051	20.342	0.000	1.219	0.910
BAp3	1.012	0.052	19.544	0.000	1.189	0.893
pi =~						
pi1	1.000				1.388	0.952
pi2	0.953	0.049	19.351	0.000	1.322	0.894
Regressions:						
CAact ~						
congru	1.032	0.264	3.909	0.000	1.062	1.062
pi	-0.496	0.314	-1.577	0.115	-0.616	-0.616
BAp ~						
congru	0.172	0.081	2.136	0.033	0.168	0.168
CAact	0.725	0.091	7.948	0.000	0.688	0.688
pi ~						
CAact	0.944	0.140	6.747	0.000	0.759	0.759
BAp	0.275	0.109	2.532	0.011	0.233	0.233
Variances:						
congru1	0.581	0.077			0.581	0.306
congru2	0.569	0.080			0.569	0.273
congru3	0.408	0.069			0.408	0.213
CAact1	0.368	0.054			0.368	0.228
CAact2	0.378	0.052			0.378	0.249
CAact4	0.493	0.062			0.493	0.308
BAp1	0.296	0.044			0.296	0.176
BAp2	0.310	0.046			0.310	0.172
BAp3	0.359	0.049			0.359	0.202
pi1	0.199	0.066			0.199	0.094
pi2	0.439	0.072			0.439	0.201
CAact	1.533	0.742			1.231	1.231
BAp	0.545	0.078			0.395	0.395
pi	0.696	0.113			0.362	0.362
congru	1.319	0.185			1.000	1.000

8.1.3.2 모형2 분석

```
> # non-recursive model
> non.recursive2 <- '
```

```

+ congru=~congru1+congru2+congru3
+ CAact=~CAact1+CAact2+CAact4
+ BAp=~BAp1+BAp2+BAp3
+ pi=~pi1+pi2
+ congru1~~congru1
+ congru2~~congru2
+ congru3~~congru3
+ CAact1~~CAact1
+ CAact2~~CAact2
+ CAact4~~CAact4
+ BAp1~~BAp1
+ BAp2~~BAp2
+ BAp3~~BAp3
+ pi1~~pi1
+ pi2~~pi2
+ CAact~~CAact
+ BAp~~BAp
+ pi~~pi
+ CAact~congru+pi
+ BAp~congru+CAact
+ pi~BAp
+ '
> non.recursive.model2 <- sem(non.recursive2, data=ch10.ex1, likelihood="wishart")
> summary(non.recursive.model2, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)

```

lavaan (0.5-9) converged normally after 45 iterations

Number of observations	208
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	107.959
Degrees of freedom	39
P-value	0.000

Chi-square test baseline model:

Minimum Function Chi-square	2008.334
Degrees of freedom	55
P-value	0.000

Full model versus baseline model:

Comparative Fit Index (CFI)	0.965
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.950

Loglikelihood and Information Criteria:

Loglikelihood user model (H0)	-2978.696
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-2924.455
Number of free parameters	27
Akaike (AIC)	6011.391
Bayesian (BIC)	6101.505
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	6015.955

Root Mean Square Error of Approximation:

RMSEA	0.092
90 Percent Confidence Interval	0.072 0.113
P-value RMSEA <= 0.05	0.001

Standardized Root Mean Square Residual:

SRMR	0.075
------	-------

Parameter estimates:

Information	Expected					
Standard Errors	Standard					
Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all	
Latent variables:						
congru =~						
congru1	1.000			1.145	0.831	
congru2	1.085	0.075	14.459	0.000	1.243	0.860
congru3	1.064	0.072	14.821	0.000	1.219	0.880
CAact =~						
CAact1	1.000			1.079	0.872	
CAact2	0.960	0.061	15.779	0.000	1.036	0.862
CAact4	0.946	0.064	14.746	0.000	1.022	0.825
BAp =~						
BAp1	1.000			1.154	0.901	
BAp2	1.038	0.053	19.687	0.000	1.198	0.904
BAp3	1.018	0.053	19.162	0.000	1.175	0.892
pi =~						
pi1	1.000			1.365	0.942	
pi2	0.970	0.052	18.701	0.000	1.324	0.900
Regressions:						
CAact ~						
congru	0.348	0.061	5.724	0.000	0.369	0.369
pi	0.410	0.059	6.929	0.000	0.519	0.519

```

BAp ~
  congru      0.475    0.086    5.541    0.000    0.471    0.471
  CAact      0.296    0.108    2.747    0.006    0.277    0.277
pi ~
  BAp      0.788    0.078   10.067    0.000    0.666    0.666

Variances:
  congru1      0.588    0.078                    0.588    0.310
  congru2      0.542    0.080                    0.542    0.260
  congru3      0.431    0.071                    0.431    0.225
  CAact1      0.369    0.055                    0.369    0.240
  CAact2      0.370    0.053                    0.370    0.256
  CAact4      0.489    0.062                    0.489    0.319
  BAp1        0.307    0.044                    0.307    0.187
  BAp2        0.322    0.047                    0.322    0.183
  BAp3        0.354    0.049                    0.354    0.204
  pi1         0.237    0.070                    0.237    0.113
  pi2         0.413    0.074                    0.413    0.191
  CAact       0.416    0.069                    0.357    0.357
  BAp         0.602    0.097                    0.452    0.452
  pi          0.857    0.119                    0.460    0.460
  congru      1.312    0.185                    1.000    1.000

```

8.2 종단적 모형의 분석

어느 호텔에서는 직원만족 → 서비스 품질 → 고객만족 간의 관계를 t1과 t2 시점에서 종단적으로 조사하였다. 직원만족, 서비스 품질, 고객만족은 각각 세 개, 두 개, 세 개의 항목으로 측정하였는데 t1과 t2 시점에서 사용한 항목들은 동일하였다.(이학식임지훈, 283쪽)

8.2.1 dataset

```

> ch15.ex1 <- spss.get(file="ch-15-ex1.sav")
> str(ch15.ex1)

'data.frame':      96 obs. of  16 variables:
 $ t1es1: int  4 3 5 4 4 4 4 4 5 4 ...
 $ t1es2: int  4 3 4 4 4 5 4 4 4 5 ...
 $ t1es3: int  4 4 5 5 4 4 4 4 4 5 ...
 $ t1sq1: int  4 4 5 3 4 4 4 5 5 5 ...
 $ t1sq2: int  4 2 5 4 5 5 4 5 5 5 ...
 $ t1cs1: int  4 4 5 3 5 5 4 5 5 5 ...
 $ t1cs2: int  4 3 5 4 4 5 5 5 5 5 ...
 $ t1cs3: int  4 3 5 4 5 5 5 5 5 5 ...

```

```

$ t2es1: int  4 5 3 5 4 3 4 4 4 4 ...
$ t2es2: int  3 4 3 3 2 2 3 3 3 5 ...
$ t2es3: int  4 5 2 5 4 3 3 4 3 4 ...
$ t2sq1: int  4 4 4 5 4 4 5 4 5 5 ...
$ t2sq2: int  3 4 4 3 5 4 3 4 4 5 ...
$ t2cs1: int  4 4 4 3 3 4 4 4 4 5 ...
$ t2cs2: int  4 3 4 4 3 4 4 4 3 4 ...
$ t2cs3: int  3 4 4 3 3 3 4 4 3 5 ...

> save(ch15.ex1, file="ch15.ex1.RData")

```

- 사원만족 -> 00es
- 서비스 품질 -> 00sq
- 고객만족 -> 00cs

8.2.2 경로 도형(path diagram)

1. 도형1³

1. 도형2⁴

8.2.3 모형 분석 결과

8.2.3.1 모형1

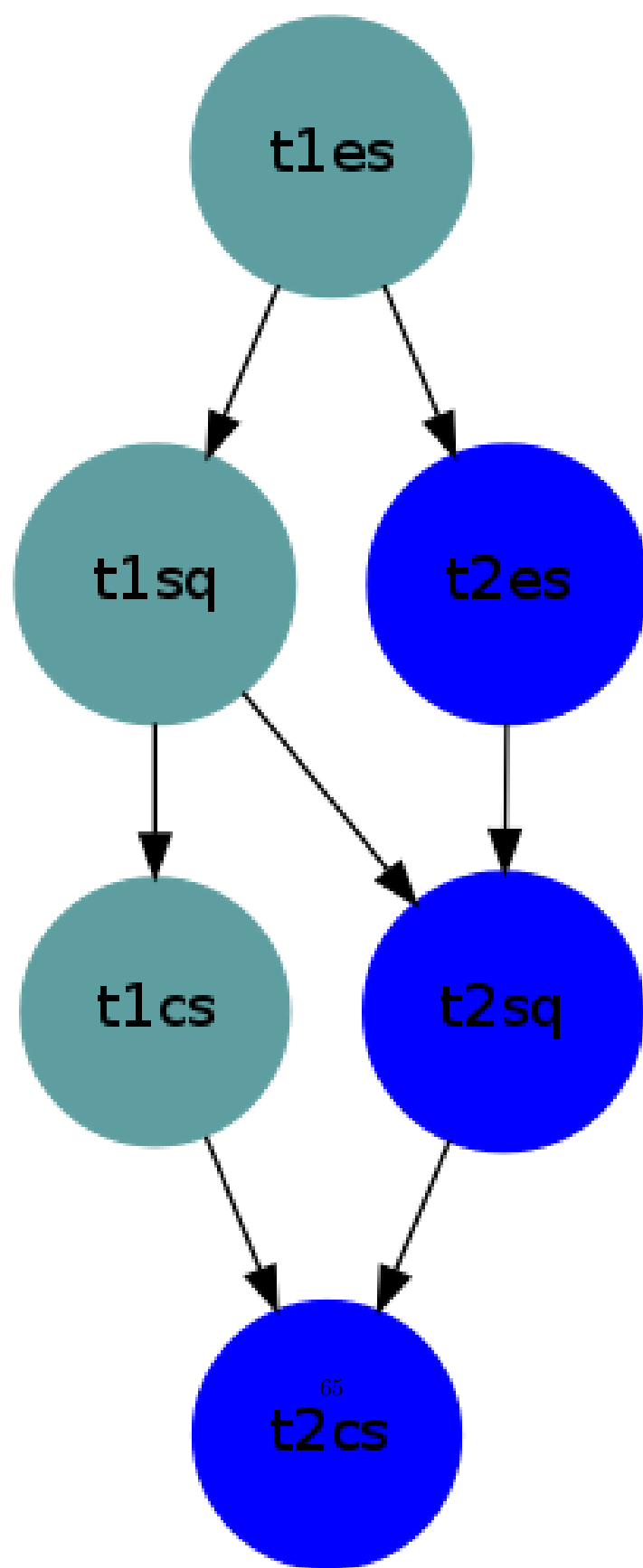
```

> #longitudinal model1
> longitudinal1 <- '
+ # latent variables
+ t1es =~t1es1+t1es2+t1es3
+ t1cs =~t1cs1+t1cs2+t1cs3
+ t1sq =~t1sq1+t1sq2
+ t2sq =~t2sq1+t2sq2

```

³echo "digraph longitude { node [style=filled, color="cadetblue", shape=circle]; t1es; t1sq; t1cs; node [style=filled, color="blue", shape=circle]; t2es; t2sq; t2cs; t1es->t1sq; t1sq->t1cs; t2es->t2sq; t2sq->t2cs; t1sq->t2sq; t1es->t2es; t1cs->t2cs }" | dot -Tpng >ch15.ex1.four.png

⁴echo "digraph longitude { node [style=filled, color="cadetblue", shape=circle]; t1es; t1sq; t1cs; node [style=filled, color="blue", shape=circle]; t2es; t2sq; t2cs; node [style=filled, color="darkolivegreen1",shape=box]; t1es1; t1es2; t1es3; t1sq1; t1sq2; t1cs1; t1cs2; t1cs3; node [style=filled, color="green",shape=box];t2es1; t2es2; t2es3; t2sq1; t2sq2; t2cs1; t2cs2; t2cs3; t1es->t1es1; t1es->t1es2; t1es->t1es3; t1sq->t1sq1; t1sq->t1sq2; t1cs->t1cs1; t1cs->t1cs2; t1cs->t1cs3; t2es->t2es1; t2es->t2es2; t2es->t2es3; t2sq->t2sq1; t2sq->t2sq2; t2cs->t2cs1; t2cs->t2cs2; t2cs->t2cs3; t1es->t1sq; t1sq->t1cs; t2es->t2sq; t2sq->t2cs; t1sq->t2sq; t1es->t2es; t1cs->t2cs; "t1es1":e->"t2es1":e[dir="both"]; "t1es2":e->"t2es2":e[dir="both"]; "t1es3":e->"t2es3":e[dir="both"]; "t1sq1":e->"t2sq1":e[dir="both"]; "t1sq2":e->"t2sq2":e[dir="both"]; "t1cs1":e->"t2cs1":e[dir="both"]; "t1cs2":e->"t2cs2":e[dir="both"]; "t1cs3":e->"t2cs3":e[dir="both"]} " | dot -Tpng >ch15.ex1.three.png



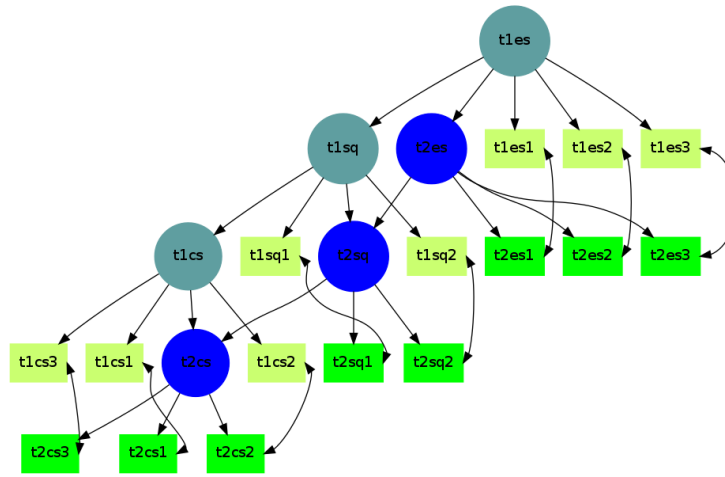


Figure 8.4: 종단 Model의 도형2 예(Graphviz)

```
+ t2cs =~t2cs1+t2cs2+t2cs3
+ t2es =~t2es1+t2es2+t2es3
+ # regression
+ t2cs~t2sq+t1cs
+ t1cs~t1sq
+ t1sq~t1es
+ t2sq~t2es+t1sq
+ t2es~t1es
+ # covariances
+ t1es1~~t2es1
+ t1es2~~t2es2
+ t1es3~~t2es3
+ t1sq1~~t2sq1
+ t1sq2~~t2sq2
+ t1cs1~~t2cs1
+ t1cs2~~t2cs2
+ t1cs3~~t2cs3
+ # variances
+ t1sq~~t1sq
+ t1cs~~t1cs
+ t2cs~~t2cs
+ t2sq~~t2sq
+ t2es~~t2es
+ '
> longitude.model1 <- cfa(longitudinal1, data=ch15.ex1, likelihood="wishart")
> summary(longitude.model1, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)

lavaan (0.5-9) converged normally after 72 iterations
```


Number of observations	96
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	173.788
Degrees of freedom	89
P-value	0.000

Chi-square test baseline model:

Minimum Function Chi-square	940.222
Degrees of freedom	120
P-value	0.000

Full model versus baseline model:

Comparative Fit Index (CFI)	0.897
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.861

Loglikelihood and Information Criteria:

Loglikelihood user model (H0)	-1261.274
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-1173.465
Number of free parameters	47
Akaike (AIC)	2616.548
Bayesian (BIC)	2737.072
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	2588.673

Root Mean Square Error of Approximation:

RMSEA	0.100
90 Percent Confidence Interval	0.077 0.122
P-value RMSEA <= 0.05	0.000

Standardized Root Mean Square Residual:

SRMR	0.109
------	-------

Parameter estimates:

Information	Expected
Standard Errors	Standard

Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
----------	---------	---------	---------	--------	---------

Latent variables:

t1es =~						
t1es1	1.000				0.500	0.725
t1es2	1.046	0.184	5.684	0.000	0.523	0.704
t1es3	0.737	0.181	4.078	0.000	0.368	0.479
t1cs =~						
t1cs1	1.000				0.630	0.906
t1cs2	1.002	0.073	13.731	0.000	0.631	0.914
t1cs3	0.853	0.072	11.907	0.000	0.537	0.854
t1sq =~						
t1sq1	1.000				0.694	0.867
t1sq2	0.996	0.115	8.663	0.000	0.691	0.802
t2sq =~						
t2sq1	1.000				0.356	0.577
t2sq2	1.492	0.304	4.914	0.000	0.531	0.823
t2cs =~						
t2cs1	1.000				0.560	0.882
t2cs2	0.788	0.103	7.646	0.000	0.441	0.665
t2cs3	1.234	0.102	12.113	0.000	0.691	0.941
t2es =~						
t2es1	1.000				0.546	0.773
t2es2	0.517	0.143	3.624	0.000	0.283	0.386
t2es3	1.342	0.247	5.436	0.000	0.733	0.934
Regressions:						
t2cs ~						
t2sq	1.249	0.266	4.699	0.000	0.794	0.794
t1cs	-0.148	0.082	-1.801	0.072	-0.167	-0.167
t1cs ~						
t1sq	0.701	0.093	7.502	0.000	0.772	0.772
t1sq ~						
t1es	1.172	0.207	5.661	0.000	0.844	0.844
t2sq ~						
t2es	0.262	0.087	3.009	0.003	0.403	0.403
t1sq	0.120	0.064	1.872	0.061	0.234	0.234
t2es ~						
t1es	-0.026	0.133	-0.199	0.843	-0.024	-0.024
Covariances:						
t1es1 ~~						
t2es1	-0.010	0.027	-0.354	0.723	-0.010	-0.045
t1es2 ~~						
t2es2	-0.000	0.041	-0.006	0.995	-0.000	-0.001
t1es3 ~~						
t2es3	-0.033	0.038	-0.889	0.374	-0.033	-0.176
t1sq1 ~~						
t2sq1	0.000	0.028	0.016	0.987	0.000	0.002

t1sq2 ~~						
t2sq2	0.002	0.029	0.068	0.946	0.002	0.010
t1cs1 ~~						
t2cs1	-0.003	0.013	-0.245	0.806	-0.003	-0.036
t1cs2 ~~						
t2cs2	0.046	0.019	2.423	0.015	0.046	0.329
t1cs3 ~~						
t2cs3	-0.015	0.014	-1.036	0.300	-0.015	-0.182
Variances:						
t1sq	0.138	0.059			0.287	0.287
t1cs	0.161	0.037			0.405	0.405
t2cs	0.122	0.038			0.389	0.389
t2sq	0.099	0.037			0.786	0.786
t2es	0.298	0.082			0.999	0.999
t1es1	0.225	0.047			0.225	0.474
t1es2	0.278	0.055			0.278	0.504
t1es3	0.456	0.072			0.456	0.771
t1cs1	0.087	0.020			0.087	0.180
t1cs2	0.079	0.019			0.079	0.165
t1cs3	0.107	0.020			0.107	0.271
t1sq1	0.158	0.042			0.158	0.248
t1sq2	0.266	0.053			0.266	0.357
t2sq1	0.253	0.042			0.253	0.667
t2sq2	0.134	0.046			0.134	0.322
t2cs1	0.089	0.021			0.089	0.221
t2cs2	0.246	0.038			0.246	0.558
t2cs3	0.061	0.027			0.061	0.114
t2es1	0.201	0.057			0.201	0.402
t2es2	0.457	0.068			0.457	0.851
t2es3	0.079	0.088			0.079	0.129
t1es	0.250	0.069			1.000	1.000

8.2.3.2 모형2

- 경로계수를 고정할 수 있다. 화살표 사이에 추가된 고정 경로계수, a와 b를 확인해보자.⁵

⁵echo "digraph longitude { node [style=filled, color="cadetblue", shape=circle]; t1es; t1sq; t1cs; node [style=filled, color="blue", shape=circle]; t2es; t2sq; t2cs; node [style=filled, color="darkolivegreen1",shape=box]; t1es1; t1es2; t1es3; t1sq1; t1sq2; t1cs1; t1cs2; t1cs3; node [style=filled, color="green",shape=box];t2es1; t2es2; t2es3; t2sq1; t2sq2; t2cs1; t2cs2; t2cs3; t1es->t1es1; t1es->t1es2; t1es->t1es3; t1sq->t1sq1; t1sq->t1sq2; t1cs->t1cs1; t1cs->t1cs2; t1cs->t1cs3; t2es->t2es1; t2es->t2es2; t2es->t2es3; t2sq->t2sq1; t2sq->t2sq2; t2cs->t2cs1; t2cs->t2cs2; t2cs->t2cs3; t1es->t1sq [label = "a"]; t1sq->t1cs [label = "b"]; t2es->t2sq [label = "a"]; t2sq->t2cs [label = "b"]; t1sq->t2sq; t1es->t2es; t1cs->t2cs; "t1es1":e-

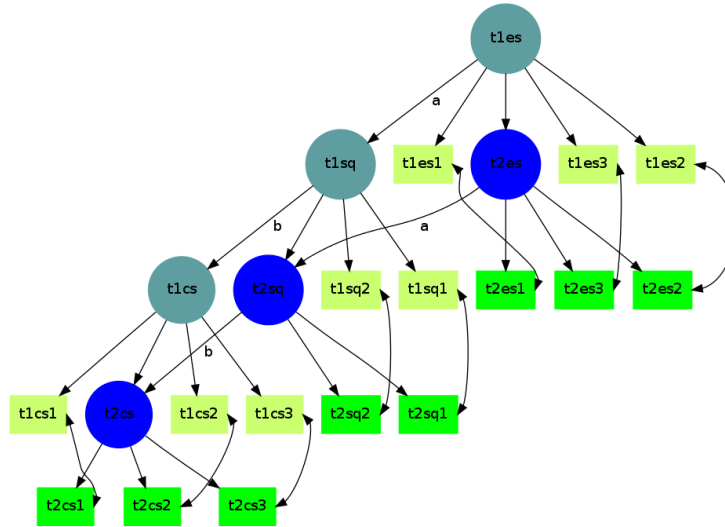


Figure 8.5: 고정된 경로계수를 추가한 종단 모형의 도형 예

```
> #longitudinal model2
> longitudinal2 <- '
+ # latent variables
+ t1es =~t1es1+t1es2+t1es3
+ t1cs =~t1cs1+t1cs2+t1cs3
+ t1sq =~t1sq1+t1sq2
+ t2sq =~t2sq1+t2sq2
+ t2cs =~t2cs1+t2cs2+t2cs3
+ t2es =~t2es1+t2es2+t2es3
+ # regression 경로 계수들 a, b로 같 게 고정 한다.
+ t2cs~b*t2sq+t1cs
+ t1cs~b*t1sq
+ t1sq~a*t1es
+ t2sq~a*t2es+t1sq
+ t2es~t1es
+ #covariances
+ t1es1~~t2es1
+ t1es2~~t2es2
+ t1es3~~t2es3
+ t1sq1~~t2sq1
+ t2es1":e[dir="both"];  "t1es2":e->"t2es2":e[dir="both"];  "t1es3":e->"t2es3":e[dir="both"];
"t1sq1":e->"t2sq1":e[dir="both"];  "t1sq2":e->"t2sq2":e[dir="both"];  "t1cs1":e-
->"t2cs1":e[dir="both"];  "t1cs2":e->"t2cs2":e[dir="both"];  "t1cs3":e->"t2cs3":e[dir="both"]
}" | dot -Tpng >ch15.ex1.five.png
```

```

+ t1sq2~~t2sq2
+ t1cs1~~t2cs1
+ t1cs2~~t2cs2
+ t1cs3~~t2cs3
+ # variances
+ t1sq~~t1sq
+ t1cs~~t1cs
+ t2cs~~t2cs
+ t2sq~~t2sq
+ t2es~~t2es
+ '
> longitude.model2 <- cfa(longitudinal2, data=ch15.ex1, likelihood="wishart")
> summary(longitude.model2, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)

```

lavaan (0.5-9) converged normally after 68 iterations

Number of observations	96
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	192.782
Degrees of freedom	91
P-value	0.000

Chi-square test baseline model:

Minimum Function Chi-square	940.222
Degrees of freedom	120
P-value	0.000

Full model versus baseline model:

Comparative Fit Index (CFI)	0.876
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.836

Loglikelihood and Information Criteria:

Loglikelihood user model (H0)	-1270.871
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-1173.465
Number of free parameters	45
Akaike (AIC)	2631.741
Bayesian (BIC)	2747.137
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	2605.053

Root Mean Square Error of Approximation:

RMSEA		0.108
90 Percent Confidence Interval	0.087	0.129
P-value RMSEA <= 0.05		0.000

Standardized Root Mean Square Residual:

SRMR	0.127
------	-------

Parameter estimates:

Information				Expected		
Standard Errors				Standard		
	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
Latent variables:						
t1es =~						
t1es1	1.000				0.584	0.813
t1es2	0.923	0.164	5.623	0.000	0.539	0.727
t1es3	0.543	0.152	3.566	0.000	0.317	0.411
t1cs =~						
t1cs1	1.000				0.619	0.901
t1cs2	0.995	0.073	13.560	0.000	0.615	0.911
t1cs3	0.848	0.072	11.742	0.000	0.525	0.850
t1sq =~						
t1sq1	1.000				0.570	0.786
t1sq2	1.167	0.151	7.720	0.000	0.665	0.807
t2sq =~						
t2sq1	1.000				0.515	0.732
t2sq2	1.066	0.148	7.218	0.000	0.549	0.808
t2cs =~						
t2cs1	1.000				0.565	0.882
t2cs2	0.795	0.102	7.815	0.000	0.449	0.669
t2cs3	1.259	0.098	12.843	0.000	0.711	0.948
t2es =~						
t2es1	1.000				0.487	0.728
t2es2	0.625	0.162	3.847	0.000	0.304	0.415
t2es3	1.488	0.242	6.144	0.000	0.725	0.919
Regressions:						
t2cs ~						
t2sq (b)	0.847	0.096	8.818	0.000	0.772	0.772
t1cs	-0.118	0.081	-1.453	0.146	-0.129	-0.129
t1cs ~						
t1sq (b)	0.847	0.096	8.818	0.000	0.780	0.780
t1sq ~						
t1es (a)	0.624	0.099	6.297	0.000	0.639	0.639

t2sq ~							
t2es	(a)	0.624	0.099	6.297	0.000	0.591	0.591
t1sq		0.179	0.102	1.752	0.080	0.198	0.198
t2es ~							
t1es		0.001	0.103	0.013	0.990	0.002	0.002
Covariances:							
t1es1 ~~							
t2es1		-0.004	0.028	-0.131	0.896	-0.004	-0.019
t1es2 ~~							
t2es2		0.016	0.040	0.408	0.683	0.016	0.049
t1es3 ~~							
t2es3		-0.053	0.040	-1.308	0.191	-0.053	-0.240
t1sq1 ~~							
t2sq1		-0.007	0.029	-0.251	0.802	-0.007	-0.034
t1sq2 ~~							
t2sq2		0.003	0.030	0.112	0.911	0.003	0.017
t1cs1 ~~							
t2cs1		-0.002	0.013	-0.189	0.850	-0.002	-0.027
t1cs2 ~~							
t2cs2		0.044	0.019	2.345	0.019	0.044	0.318
t1cs3 ~~							
t2cs3		-0.015	0.014	-1.053	0.292	-0.015	-0.193
Variances:							
t1sq		0.192	0.052			0.591	0.591
t1cs		0.150	0.038			0.392	0.392
t2cs		0.133	0.034			0.418	0.418
t2sq		0.162	0.044			0.612	0.612
t2es		0.237	0.063			1.000	1.000
t1es1		0.174	0.056			0.174	0.338
t1es2		0.259	0.059			0.259	0.471
t1es3		0.494	0.076			0.494	0.831
t1cs1		0.089	0.020			0.089	0.188
t1cs2		0.078	0.019			0.078	0.170
t1cs3		0.106	0.019			0.106	0.278
t1sq1		0.201	0.043			0.201	0.383
t1sq2		0.237	0.056			0.237	0.349
t2sq1		0.230	0.044			0.230	0.464
t2sq2		0.159	0.040			0.159	0.346
t2cs1		0.091	0.021			0.091	0.222
t2cs2		0.249	0.039			0.249	0.552
t2cs3		0.057	0.027			0.057	0.101
t2es1		0.211	0.045			0.211	0.470
t2es2		0.444	0.067			0.444	0.828
t2es3		0.097	0.073			0.097	0.156

t1es	0.341	0.083	1.000	1.000
------	-------	-------	-------	-------

8.2.3.3 모형1과 모형2의 모형 적합도 비교

- Mininum Function Chi-square: 173.788 vs. 192.782
- Degree of freedom: 89 vs. 91
- P-value: 0.000 vs. 0.000
- Comparative Fit Index (CFI): 0.897 vs. 0.876
- Tucker-Lewis Index (TLI): 0.861 vs. 0.836
- Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA): 0.100 vs. 0.108
- Standardized Root Mean Square Residuals (SRMR): 0.109 vs. 0.127

*** 모형1이 상대적으로 높은 적합도를 갖고 있다.

8.2.3.4 모형1의 특징 이해

- t2cs와 t1cs의 estimate 값이 -0.148(표준화 값이 -0.167) : t2 시기의 고객 만족도가 t1시기보다 낮아졌다.
- t2cs와 t1cs의 Z-value 값이 -1.801이다.
- t2cs와 t1cs의 $P(>|z|)$ 0.072로 통계적으로 유의하지 않다.
- t2es와 t1es의 estimate 값이 -0.026(표준화 값이 -0.024): t2 시기의 종업원 만족도가 t1시기보다 낮아졌다.
- t2cs와 t1cs의 Z-value 값이 -0.199이다.
- t2cs와 t1cs의 $P(>|z|)$ 0.843으로 통계적으로 유의하지 않다.

모형1이 상대적으로 높은 적합도를 갖는 상황에서 t1시기와 t2시기의 차이를 분석해야 한다. 통계적으로 유의하지는 않지만, 변화의 방향성에 대해서는 논의할 수 있는데, t2시기의 종업원만족도가 낮아지고, 이것이 t2시기의 고객만족도 하락으로 이어짐을 의심할 수 있다.

8.3 Higher-order 모형의 분석

8.3.1 Higher-order 잠재요인의 측정모형 분석 - cfa()⁶

```
> ch15.ex2 <- spss.get("ch-15-ex2.sav")
> str(ch15.ex2)
```

```
6echo "digraph higher_order2 { node [style=filled, color="cadetblue", shape=circle]; A; AA;
AB; AC; node [style=filled, color="darkolivegreen1",shape=box]; AA1; AA2; AB1; AB2; AB3;
AC1; AC2; A->AA; A->AB; A->AC; AA->AA1; AA->AA2; AB->AB1; AB->AB2; AB-
>AB3; AC->AC1; AC->AC2 }" | dot -Tpng >ch15.ex2.one.png
```

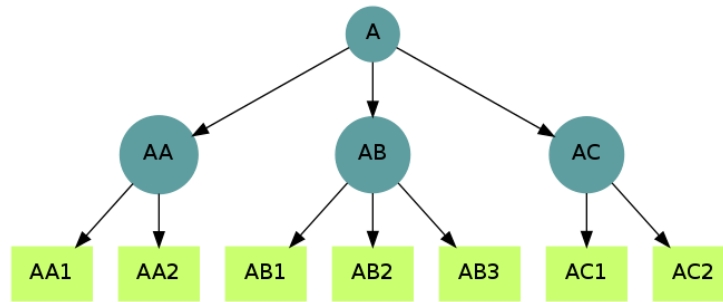



Figure 8.6: higher-order 경로모형의 도형 예

```
'data.frame':      192 obs. of  7 variables:
 $ AA1: int  4 4 3 4 4 3 4 5 4 4 ...
 $ AA2: int  3 5 4 2 3 3 2 5 3 5 ...
 $ AB1: int  3 3 4 3 3 3 2 4 4 5 ...
 $ AB2: int  3 4 3 4 2 3 3 4 4 5 ...
 $ AB3: int  2 5 3 4 4 1 3 2 3 3 ...
 $ AC1: int  4 3 4 4 4 3 3 5 5 5 ...
 $ AC2: int  3 3 2 4 4 2 3 5 5 5 ...

> higher.order1 <- '
+ # latent variables
+ A=~AA+AB+AC
+ AA=~AA1+AA2
+ AB=~AB1+AB2+AB3
+ AC=~AC1+AC2
+ # variances
+ AA~~AA
+ AB~~AB
+ AC~~AC
+ AA1~~AA1
+ AA2~~AA2
+ AB1~~AB1
+ AB2~~AB2
+ AB3~~AB3
+ AC1~~AC1
+ AC2~~AC2
+ '
> higher.model1 <- cfa(higher.order1, data=ch15.ex2, likelihood="wishart")
> summary(higher.model1, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)
```

lavaan (0.5-9) converged normally after 31 iterations

Number of observations

192

Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	47.239
Degrees of freedom	11
P-value	0.000

Chi-square test baseline model:

Minimum Function Chi-square	707.655
Degrees of freedom	21
P-value	0.000

Full model versus baseline model:

Comparative Fit Index (CFI)	0.947
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.899

Loglikelihood and Information Criteria:

Loglikelihood user model (H0)	-1576.814
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-1553.070
Number of free parameters	17
Akaike (AIC)	3187.627
Bayesian (BIC)	3243.005
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	3189.154

Root Mean Square Error of Approximation:

RMSEA	0.131
90 Percent Confidence Interval	0.094 0.170
P-value RMSEA <= 0.05	0.000

Standardized Root Mean Square Residual:

SRMR	0.054
------	-------

Parameter estimates:

Information	Expected
Standard Errors	Standard

	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
Latent variables:						
A =~						
AA	1.000				0.910	0.910

AB	0.919	0.094	9.749	0.000	0.960	0.960
AC	0.598	0.066	9.097	0.000	0.700	0.700
AA =~						
AA1	1.000				0.993	0.958
AA2	0.506	0.079	6.417	0.000	0.503	0.506
AB =~						
AB1	1.000				0.866	0.784
AB2	0.930	0.084	11.134	0.000	0.805	0.801
AB3	0.745	0.095	7.872	0.000	0.645	0.583
AC =~						
AC1	1.000				0.772	0.922
AC2	1.091	0.082	13.238	0.000	0.842	0.883
Variances:						
AA	0.169	0.113			0.172	0.172
AB	0.059	0.058			0.079	0.079
AC	0.303	0.050			0.509	0.509
AA1	0.089	0.099			0.089	0.083
AA2	0.734	0.079			0.734	0.744
AB1	0.469	0.065			0.469	0.385
AB2	0.362	0.052			0.362	0.358
AB3	0.807	0.090			0.807	0.660
AC1	0.104	0.037			0.104	0.149
AC2	0.200	0.047			0.200	0.220
A	0.817	0.122			1.000	1.000

8.3.2 Higher-order 잠재요인의 구조모형 분석⁷⁸

```
> ch15.ex3 <- spss.get("ch-15-ex3.sav")
> str(ch15.ex3)
```

```
'data.frame':      192 obs. of  15 variables:
 $ BA1: int  4 4 3 4 4 3 4 5 4 4 ...
 $ BA2: int  3 5 4 2 3 3 2 5 3 5 ...
 $ BB1: int  3 3 4 3 3 3 2 4 4 5 ...
 $ BB2: int  3 4 3 4 2 3 3 4 4 5 ...
 $ BB3: int  2 5 3 4 4 1 3 2 3 3 ...
 $ BC1: int  4 3 4 4 4 3 3 5 5 5 ...
```

⁷주의)회귀값들을 다시 확인해보아야 한다. AMOS의 결과값의 회귀계수 중 일부와 차이가 있다.

⁸echo "digraph higher_order1 { node [style=filled, color="cadetblue", shape=circle]; A; B; C; D; AA; BA; BB; BC; DA; node [style=filled, color="darkolivegreen1",shape=box]; AA1; AA2; AB1; BA1; BA2; BB1; BB2; BB3; BC1; BC2; AA->AA1; AA->AA2; A->AA; A->AB1; A->B; B->BA; B->BB; B->BC; BA->BA1; BA->BA2; BB->BB1; BB->BB2; BB->BB3; BC->BC1; BC->BC2; C->B; C->A; C->C1; C->C2; D->C; D->DA; D->DB1 DA->DA1; DA->DA2 }" | dot -Tpng >ch15.ex3.one.png

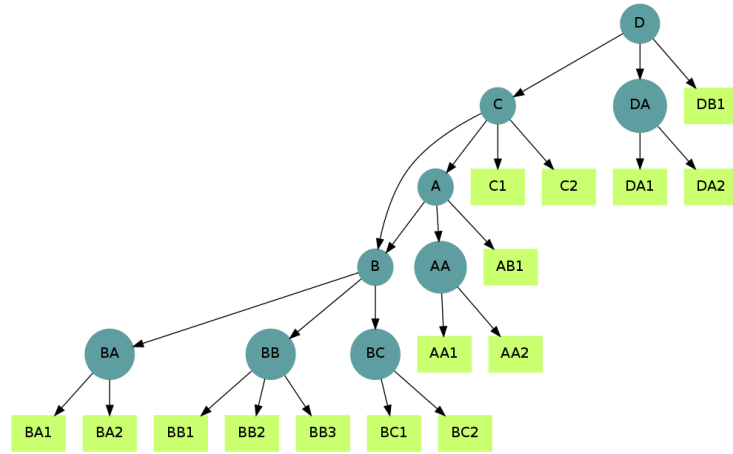


Figure 8.7: higher-order 구조모형의 도형 예

```
$ BC2: int 3 3 2 4 4 2 3 5 5 5 ...
$ AA1: int 4 4 2 4 3 1 3 5 4 3 ...
$ AA2: int 3 3 2 4 3 1 2 3 3 4 ...
$ AB1: int 4 3 2 3 4 2 3 5 3 4 ...
$ C1 : int 4 3 2 3 2 3 3 5 4 5 ...
$ C2 : int 4 3 1 5 4 3 3 5 4 5 ...
$ DA1: int 4 1 4 2 4 1 2 4 3 1 ...
$ DA2: int 3 5 2 4 3 1 2 4 3 1 ...
$ DB1: int 3 3 1 4 3 3 3 4 4 2 ...
```

```
> # higher-order sem
> higher.order2 <- '
+ A=~AA+AB1
+ AA=~AA1+AA2
+ AA~~AA
+ AB1~~AB1
+ AA1~~AA1
+ AA2~~AA2
+ B=~BA+BB+BC
+ BA=~BA1+BA2
+ BB=~BB1+BB2+BB3
+ BC=~BC1+BC2
+ BA1~~BA1
+ BA~~BA
+ B~~B
+ BB~~BB
+ BC~~BC
+ BA2~~BA2
```

```

+ BB1~~BB1
+ BB2~~BB2
+ BB3~~BB3
+ BC1~~BC1
+ BC2~~BC2
+ C~~C
+ B~A
+ C~B+A
+ C=~C1+C2
+ C1~~C1
+ C2~~C2
+ D~C
+ D~~D
+ D=~DA+DB1
+ DA~~DA
+ DA=~DA1+DA2
+ DA1~~DA1
+ DA2~~DA2
+ DB1~~DB1
+ '
> higher.model2 <- sem(higher.order2, data=ch15.ex3, likelihood="wishart")
> summary(higher.model2, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE)

```

lavaan (0.5-9) converged normally after 48 iterations

Number of observations	192
Estimator	ML
Minimum Function Chi-square	194.333
Degrees of freedom	81
P-value	0.000

Chi-square test baseline model:

Minimum Function Chi-square	1914.537
Degrees of freedom	105
P-value	0.000

Full model versus baseline model:

Comparative Fit Index (CFI)	0.937
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.919

Loglikelihood and Information Criteria:

Loglikelihood user model (H0)	-3320.986
-------------------------------	-----------

Loglikelihood unrestricted model (H1)	-3223.311
Number of free parameters	39
Akaike (AIC)	6719.972
Bayesian (BIC)	6847.015
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	6723.475

Root Mean Square Error of Approximation:

RMSEA	0.085
90 Percent Confidence Interval	0.070 0.101
P-value RMSEA <= 0.05	0.000

Standardized Root Mean Square Residual:

SRMR	0.050
------	-------

Parameter estimates:

Information	Expected					
Standard Errors	Standard					
	Estimate	Std.err	Z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
Latent variables:						
A =~						
AA	1.000				0.964	0.964
AB1	0.899	0.113	7.930	0.000	0.593	0.650
AA =~						
AA1	1.000				0.683	0.696
AA2	1.365	0.137	9.983	0.000	0.933	0.824
B =~						
BA	1.000				0.957	0.957
BB	0.917	0.078	11.787	0.000	0.946	0.946
BC	0.627	0.061	10.255	0.000	0.723	0.723
BA =~						
BA1	1.000				0.934	0.900
BA2	0.573	0.076	7.535	0.000	0.535	0.538
BB =~						
BB1	1.000				0.866	0.785
BB2	0.929	0.081	11.415	0.000	0.804	0.800
BB3	0.746	0.093	7.998	0.000	0.646	0.584
BC =~						
BC1	1.000				0.775	0.926
BC2	1.082	0.077	13.991	0.000	0.839	0.880
C =~						
C1	1.000				0.984	0.900

C2	0.821	0.052	15.889	0.000	0.808	0.839
D =~						
DA	1.000				0.733	0.733
DB1	1.063	0.121	8.780	0.000	0.834	0.800
DA =~						
DA1	1.000				1.071	0.845
DA2	0.911	0.088	10.399	0.000	0.976	0.831
Regressions:						
B ~						
A	1.224	0.151	8.112	0.000	0.903	0.903
C ~						
B	0.312	0.286	1.092	0.275	0.283	0.283
A	1.033	0.424	2.438	0.015	0.692	0.692
D ~						
C	0.779	0.083	9.359	0.000	0.977	0.977
Variances:						
AA	0.033	0.041			0.070	0.070
AB1	0.481	0.055			0.481	0.578
AA1	0.497	0.060			0.497	0.515
AA2	0.413	0.073			0.413	0.322
BA1	0.204	0.074			0.204	0.190
BA	0.074	0.074			0.084	0.084
B	0.147	0.061			0.184	0.184
BB	0.079	0.042			0.105	0.105
BC	0.287	0.046			0.478	0.478
BA2	0.701	0.075			0.701	0.710
BB1	0.468	0.063			0.468	0.384
BB2	0.364	0.051			0.364	0.360
BB3	0.806	0.089			0.806	0.658
BC1	0.100	0.034			0.100	0.142
BC2	0.206	0.044			0.206	0.226
C	0.085	0.044			0.088	0.088
C1	0.226	0.036			0.226	0.189
C2	0.276	0.035			0.276	0.297
D	0.028	0.044			0.046	0.046
DA	0.531	0.107			0.463	0.463
DA1	0.460	0.099			0.460	0.286
DA2	0.427	0.084			0.427	0.310
DB1	0.391	0.064			0.391	0.360
A	0.434	0.090			1.000	1.000

Part III

semTools

AMOS 사용자에게는 친숙한 적합도 지수중에 RMR, GFI, NFI 등이 있다. 하지만, lavaan에서는 이러한 지수정보를 확인할 수 없다. 일부 변경된 지수들이 제공된다. semTools의 moreFitIndices()는 많은 지수값을 제공한다: 예) moreFitIndices(cfa.model.modi2)

현재 semTools는 Sweave를 통해서 불러올 수 없다.

```
> library(semTools)
```

Part IV

sem

Chapter 9

측정모형 타당성 평가

9.1 cfa()

lavaan 패키지의 `cfa()`와 `sem` 패키지의 `cfa()`는 같은 함수명 때문에 분석과정이 충돌한다. `sem`의 `cfa()`를 사용하기 위해서는 먼저 `lavaan` 패키지를 메모리로부터 제거해야한다.

```
> # 하지만, detach(package:lavaan) 함수가 작동하지 않는다.  
> # 앞서 load한 semTools가 lavaan에 의존하기 때문이다.  
> # lavaan과 sem은 cfa(), sem()이 충돌한다. 주의해야 한다.  
> library(sem)
```

```
> cfa.model <- c('BAp: BAp1, BAp2, BAp3, BAp4', 'CAact: CAact1, CAact2, CAact3, CAact4', 'co  
> cfa.model <- cfa(file=textConnection(cfa.model), reference.indicators=FALSE)  
> cfa.Data <- ch10.ex1[, c('BAp1', 'BAp2', 'BAp3', 'BAp4', 'CAact1', 'CAact2', 'CAact3', 'CA  
> summary(sem(cfa.model, data=cfa.Data), robust=FALSE)
```

```
Model Chisquare = 168.05 Df = 71 Pr(>Chisq) = 7.6581e-10  
Chisquare (null model) = 2647.4 Df = 91  
Goodness-of-fit index = 0.90232  
Adjusted goodness-of-fit index = 0.85554  
RMSEA index = 0.08126 90% CI: (0.065455, 0.097194)  
Bentler-Bonnett NFI = 0.93652  
Tucker-Lewis NNFI = 0.95134  
Bentler CFI = 0.96204  
SRMR = 0.03196  
AIC = 236.05  
AICc = 181.8  
BIC = 349.52  
CAIC = -281.92
```

Normalized Residuals

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
-1.06000	-0.18500	0.00082	0.03470	0.31500	1.28000

R-square for Endogenous Variables

BAp1	BAp2	BAp3	BAp4	CAact1	CAact2	CAact3	CAact4	congru1	congru2
0.8168	0.8218	0.8083	0.3060	0.7667	0.7185	0.7317	0.7255	0.6960	0.7299
congru3	pi1	pi2	pi3						
0.7830	0.8437	0.8583	0.7608						

Parameter Estimates

	Estimate	Std Error	z value	Pr(> z)	
lam[BAp1:BAp]	1.17026	0.070530	16.5924	7.9054e-62	BAp1 <--- BAp
lam[BAp2:BAp]	1.21503	0.072859	16.6764	1.9457e-62	BAp2 <--- BAp
lam[BAp3:BAp]	1.19700	0.072778	16.4473	8.7661e-61	BAp3 <--- BAp
lam[BAp4:BAp]	1.42826	0.169757	8.4136	3.9778e-17	BAp4 <--- BAp
lam[CAact1:CAact]	1.11206	0.070861	15.6935	1.6762e-55	CAact1 <--- CAact
lam[CAact2:CAact]	1.04341	0.070062	14.8926	3.6808e-50	CAact2 <--- CAact
lam[CAact3:CAact]	1.07622	0.071225	15.1100	1.3906e-51	CAact3 <--- CAact
lam[CAact4:CAact]	1.07831	0.071849	15.0081	6.5000e-51	CAact4 <--- CAact
lam[congru1:congru]	1.15011	0.080474	14.2917	2.4652e-46	congru1 <--- congru
lam[congru2:congru]	1.23398	0.083300	14.8137	1.1944e-49	congru2 <--- congru
lam[congru3:congru]	1.22529	0.078367	15.6354	4.1782e-55	congru3 <--- congru
lam[pi1:pi]	1.33873	0.078402	17.0753	2.2668e-65	pi1 <--- pi
lam[pi2:pi]	1.37033	0.079083	17.3277	2.9087e-67	pi2 <--- pi
lam[pi3:pi]	1.41588	0.090360	15.6694	2.4500e-55	pi3 <--- pi
C[BAp,CAact]	0.76767	0.034555	22.2157	2.4216e-109	CAact <--> BAp
C[BAp,congru]	0.62452	0.049226	12.6869	6.9903e-37	congru <--> BAp
C[BAp,pi]	0.71413	0.039205	18.2153	3.8998e-74	pi <--> BAp
C[CAact,congru]	0.67577	0.045289	14.9214	2.3929e-50	congru <--> CAact
C[CAact,pi]	0.78322	0.032748	23.9168	2.0491e-126	pi <--> CAact
C[congru,pi]	0.65892	0.046042	14.3111	1.8666e-46	pi <--> congru
V[BAp1]	0.30709	0.043742	7.0204	2.2126e-12	BAp1 <--> BAp1
V[BAp2]	0.32022	0.046320	6.9133	4.7340e-12	BAp2 <--> BAp2
V[BAp3]	0.33975	0.047216	7.1958	6.2096e-13	BAp3 <--> BAp3
V[BAp4]	4.62672	0.468383	9.8781	5.1820e-23	BAp4 <--> BAp4
V[CAact1]	0.37626	0.049384	7.6192	2.5533e-14	CAact1 <--> CAact1
V[CAact2]	0.42662	0.052038	8.1983	2.4386e-16	CAact2 <--> CAact2
V[CAact3]	0.42479	0.052703	8.0601	7.6209e-16	CAact3 <--> CAact3
V[CAact4]	0.43999	0.054143	8.1265	4.4195e-16	CAact4 <--> CAact4
V[congru1]	0.57781	0.076266	7.5763	3.5548e-14	congru1 <--> congru1
V[congru2]	0.56341	0.079688	7.0702	1.5472e-12	congru2 <--> congru2
V[congru3]	0.41616	0.068576	6.0686	1.2903e-09	congru3 <--> congru3
V[pi1]	0.33192	0.051002	6.5080	7.6175e-11	pi1 <--> pi1
V[pi2]	0.31003	0.050854	6.0965	1.0842e-09	pi2 <--> pi2
V[pi3]	0.63016	0.077900	8.0894	5.9969e-16	pi3 <--> pi3

```

Iterations = 32

> str(ch10.ex1.ko)

'data.frame':      208 obs. of  15 variables:
 $ 소비자태도1: int  1 2 3 3 3 1 -2 1 -2 3 ...
 $ 소비자태도2: int  1 2 2 3 3 1 -1 1 -2 3 ...
 $ 소비자태도3: int  0 1 2 3 2 1 -2 1 -2 2 ...
 $ 소비자태도4: int  0 2 2 3 2 1 -1 1 -2 3 ...
 $ 일치성1      : int  3 5 4 5 4 4 0 3 1 4 ...
 $ 일치성2      : int  2 4 4 5 4 4 2 3 1 4 ...
 $ 일치성3      : int  2 4 3 5 4 4 1 3 1 3 ...
 $ 브랜드태도1: int  2 3 3 3 2 1 -2 3 -2 2 ...
 $ 브랜드태도2: int  2 3 3 3 2 1 -3 3 -3 2 ...
 $ 브랜드태도3: int  2 3 2 3 2 1 -2 3 -1 1 ...
 $ 브랜드태도4: int  3 3 3 3 2 1 -2 3 -2 3 ...
 $ 구매의도1    : int  4 5 6 6 5 4 0 3 2 5 ...
 $ 구매의도2    : int  1 5 6 6 5 4 0 3 1 5 ...
 $ 구매의도3    : int  4 4 5 6 5 4 0 3 1 5 ...
 $ bk           : int  2 5 5 6 5 3 5 3 1 3 ...

> # 한글 변수 사용 가능성 확인
> cfa.model.ko <- c('브랜드태도: 브랜드태도1, 브랜드태도2, 브랜드태도3, 브랜드태도4', '소비자태도1, 소비자태도2, 소비자태도3, 소비자태도4')
> cfa.model.ko <- cfa(file=textConnection(cfa.model.ko), reference.indicators=FALSE)
> cfa.Data.ko <- ch10.ex1.ko[, c('브랜드태도1', '브랜드태도2', '브랜드태도3', '브랜드태도4', '소비자태도1', '소비자태도2', '소비자태도3', '소비자태도4')]
> summary(sem(cfa.model.ko, data=cfa.Data.ko), robust=FALSE)

Model Chisquare = 168.05   Df = 71 Pr(>Chisq) = 7.6581e-10
Chisquare (null model) = 2647.4   Df = 91
Goodness-of-fit index = 0.90232
Adjusted goodness-of-fit index = 0.85554
RMSEA index = 0.08126   90% CI: (0.065455, 0.097194)
Bentler-Bonnett NFI = 0.93652
Tucker-Lewis NNFI = 0.95134
Bentler CFI = 0.96204
SRMR = 0.03196
AIC = 236.05
AICc = 181.8
BIC = 349.52
CAIC = -281.92

Normalized Residuals
      Min.  1st Qu.   Median     Mean  3rd Qu.     Max.
-1.06000 -0.18500  0.00082  0.03470  0.31500  1.28000

R-square for Endogenous Variables
브랜드태도1 브랜드태도2 브랜드태도3 브랜드태도4 소비자태도1 소비자태도2

```

0.8168	0.8218	0.8083	0.3060	0.7667	0.7185
소 비 자 태 도 3	소 비 자 태 도 4	일 치 성 1	일 치 성 2	일 치 성 3	구 매 의 도 1
0.7317	0.7255	0.6960	0.7299	0.7830	0.8437
구 매 의 도 2	구 매 의 도 3				
0.8583	0.7608				

Parameter Estimates

	Estimate	Std Error	z value	Pr(> z)
lam[브 랜드 태도 1: 브 랜드 태도]	1.17026	0.070530	16.5924	7.9054e-62
lam[브 랜드 태도 2: 브 랜드 태도]	1.21503	0.072859	16.6764	1.9457e-62
lam[브 랜드 태도 3: 브 랜드 태도]	1.19700	0.072778	16.4473	8.7661e-61
lam[브 랜드 태도 4: 브 랜드 태도]	1.42826	0.169757	8.4136	3.9778e-17
lam[소 비 자 태도 1: 소 비 자 태도]	1.11206	0.070861	15.6935	1.6762e-55
lam[소 비 자 태도 2: 소 비 자 태도]	1.04341	0.070062	14.8926	3.6808e-50
lam[소 비 자 태도 3: 소 비 자 태도]	1.07622	0.071225	15.1100	1.3906e-51
lam[소 비 자 태도 4: 소 비 자 태도]	1.07831	0.071849	15.0081	6.5000e-51
lam[일 치 성 1: 일 치 성]	1.15011	0.080474	14.2917	2.4652e-46
lam[일 치 성 2: 일 치 성]	1.23398	0.083300	14.8137	1.1944e-49
lam[일 치 성 3: 일 치 성]	1.22529	0.078367	15.6354	4.1782e-55
lam[구 매 의 도 1: 구 매 의 도]	1.33873	0.078402	17.0753	2.2668e-65
lam[구 매 의 도 2: 구 매 의 도]	1.37033	0.079083	17.3277	2.9087e-67
lam[구 매 의 도 3: 구 매 의 도]	1.41588	0.090360	15.6694	2.4500e-55
C[브 랜드 태도 , 소 비 자 태도]	0.76767	0.034555	22.2157	2.4216e-109
C[브 랜드 태도 , 일 치 성]	0.62452	0.049226	12.6869	6.9903e-37
C[브 랜드 태도 , 구 매 의 도]	0.71413	0.039205	18.2153	3.8998e-74
C[소 비 자 태도 , 일 치 성]	0.67577	0.045289	14.9214	2.3929e-50
C[소 비 자 태도 , 구 매 의 도]	0.78322	0.032748	23.9168	2.0491e-126
C[일 치 성 , 구 매 의 도]	0.65892	0.046042	14.3111	1.8666e-46
V[브 랜드 태도 1]	0.30709	0.043742	7.0204	2.2126e-12
V[브 랜드 태도 2]	0.32022	0.046320	6.9133	4.7340e-12
V[브 랜드 태도 3]	0.33975	0.047216	7.1958	6.2096e-13
V[브 랜드 태도 4]	4.62672	0.468383	9.8781	5.1820e-23
V[소 비 자 태도 1]	0.37626	0.049384	7.6192	2.5533e-14
V[소 비 자 태도 2]	0.42662	0.052038	8.1983	2.4386e-16
V[소 비 자 태도 3]	0.42479	0.052703	8.0601	7.6209e-16
V[소 비 자 태도 4]	0.43999	0.054143	8.1265	4.4195e-16
V[일 치 성 1]	0.57781	0.076266	7.5763	3.5548e-14
V[일 치 성 2]	0.56341	0.079688	7.0702	1.5472e-12
V[일 치 성 3]	0.41616	0.068576	6.0686	1.2903e-09
V[구 매 의 도 1]	0.33192	0.051002	6.5080	7.6175e-11
V[구 매 의 도 2]	0.31003	0.050854	6.0965	1.0842e-09
V[구 매 의 도 3]	0.63016	0.077900	8.0894	5.9969e-16

lam[브 랜드 태도 1: 브 랜드 태도]	브 랜드 태도 1 <--- 브 랜드 태도
lam[브 랜드 태도 2: 브 랜드 태도]	브 랜드 태도 2 <--- 브 랜드 태도
lam[브 랜드 태도 3: 브 랜드 태도]	브 랜드 태도 3 <--- 브 랜드 태도

lam[브랜드 태도4:브랜드 태도]	브랜드 태도4 <--- 브랜드 태도
lam[소비자 태도1:소비자 태도]	소비자 태도1 <--- 소비자 태도
lam[소비자 태도2:소비자 태도]	소비자 태도2 <--- 소비자 태도
lam[소비자 태도3:소비자 태도]	소비자 태도3 <--- 소비자 태도
lam[소비자 태도4:소비자 태도]	소비자 태도4 <--- 소비자 태도
lam[일치성1:일치성]	일치성1 <--- 일치성
lam[일치성2:일치성]	일치성2 <--- 일치성
lam[일치성3:일치성]	일치성3 <--- 일치성
lam[구매의도1:구매의도]	구매의도1 <--- 구매의도
lam[구매의도2:구매의도]	구매의도2 <--- 구매의도
lam[구매의도3:구매의도]	구매의도3 <--- 구매의도
C[브랜드 태도, 소비자 태도]	소비자 태도 <--> 브랜드 태도
C[브랜드 태도, 일치성]	일치성 <--> 브랜드 태도
C[브랜드 태도, 구매의도]	구매의도 <--> 브랜드 태도
C[소비자 태도, 일치성]	일치성 <--> 소비자 태도
C[소비자 태도, 구매의도]	구매의도 <--> 소비자 태도
C[일치성, 구매의도]	구매의도 <--> 일치성
V[브랜드 태도1]	브랜드 태도1 <--> 브랜드 태도1
V[브랜드 태도2]	브랜드 태도2 <--> 브랜드 태도2
V[브랜드 태도3]	브랜드 태도3 <--> 브랜드 태도3
V[브랜드 태도4]	브랜드 태도4 <--> 브랜드 태도4
V[소비자 태도1]	소비자 태도1 <--> 소비자 태도1
V[소비자 태도2]	소비자 태도2 <--> 소비자 태도2
V[소비자 태도3]	소비자 태도3 <--> 소비자 태도3
V[소비자 태도4]	소비자 태도4 <--> 소비자 태도4
V[일치성1]	일치성1 <--> 일치성1
V[일치성2]	일치성2 <--> 일치성2
V[일치성3]	일치성3 <--> 일치성3
V[구매의도1]	구매의도1 <--> 구매의도1
V[구매의도2]	구매의도2 <--> 구매의도2
V[구매의도3]	구매의도3 <--> 구매의도3

Iterations = 32

Part V

Q & A

Chapter 10

경로분석

1. 경로도형(path diagram)을 그릴 수 있는가?

- (a) 계수와 공분산값이 없는 기초 도형을 그릴 수 있는가? (예)
- (b) 계수가 포함된 도형을 그릴 수 있는가? (예)
- (c) 계수와 공분산값이 포함된 그림을 그릴 수 있는가? (예)
- (d) 표준화값이 있는 그림을 그릴 수 있는가? (예)

대답) lavaan 패키지를 사용할 경우, Graphviz를 사용하여 직접 그림을 그리고, 값을 입력해야 한다.

Bibliography

- [1] 이학식 · 임지훈. (2011). 구조방정식 모형분석과 AMOS 18.0/19.0. 집현채.
- [2] Yves Rosseel (2012a). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. Journal of Statistical Software, 48(2), 1-36. URL <http://www.jstatsoft.org/v48/i02/>.
- [3] Yves Rosseel (2012b). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling and more. Version 0.5-10 (BETA). <http://users.ugent.be/~yrosseel/lavaan/lavaanIntroduction.pdf>
- [4] Sunthud Pornprasertmanit, Patrick Miller, Alexander Schoemann and Yves Rosseel (2012). semTools: Useful tools for structural equation modeling.. R package version 0.2-6. <http://CRAN.R-project.org/package=semTools>
- [5] John Fox, Zhenghua Nie and Jarrett Byrnes (2012). sem: Structural Equation Models. R package version 3.0-1/r123. <http://R-Forge.R-project.org/projects/sem/>