



结构方程模型及其应用 Structural Equation Model and Its Applications

I 简介 I Introduction

侯傑泰(侯杰泰)
Kit-Tai Hau
香港中文大学教育心理系
Educational Psychology Dept,
The Chinese University of Hong Kong
使用时请明出处

KT HAU SEM p. 1



100个推理测验分数

21, 31, 32, 05, 06, 09, 10, 22, 29, 18, 11, 01, 39, 92, 23, 27, 93, 97, 30, 02, 96, 40, 53, 78, 04, 98, 36, 07, 08, 24, 54, 55, 77, 99, 34, 03, 86, 87, 59, 60, 15, 62, 63, 43, 52, 28, 79, 58, 65, 95, 81, 85, 57, 14, 17, 33, 16, 19, 20, 37, 25, 69, 84, 61, 64, 68, 70, 42, 45, 72, 83, 89, 44, 38, 47, 71, 00, 73, 12, 35, 82, 56, 75, 41, 46, 49, 50, 94, 66, 67, 76, 51, 88, 90, 74, 13, 26, 80, 48, 91
均值Mean=53, 标准差SD(Std Dev)=15

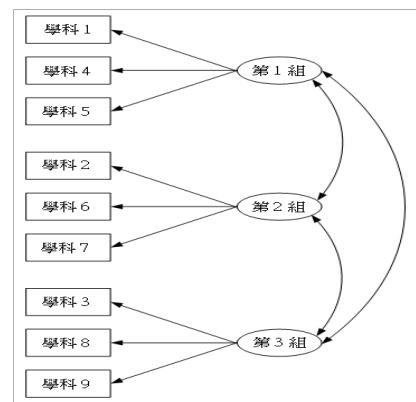
KT HAU SEM p. 2

100名学生在9个不同学科间的相关系数 (correlation coefficient matrix)



学科	9个不同学科间观察所得的相关矩阵 S								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
学科 1	1.00								
学科 2	.12	1.00							
学科 3	.08	.08	1.00						
学科 4	.50	.11	.08	1.00					
学科 5	.48	.03	.12	.45	1.00				
学科 6	.07	.46	.15	.08	.11	1.00			
学科 7	.05	.44	.15	.12	.12	.44	1.00		
学科 8	.14	.17	.53	.14	.08	.10	.06	1.00	
学科 9	.16	.05	.43	.10	.06	.08	.10	.54	1.00

KT HAU SEM p. 3



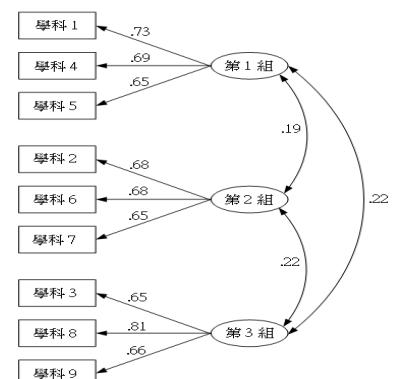
KT HAU SEM p. 4

再生/隐含矩阵 (reproduced/implied matrix)

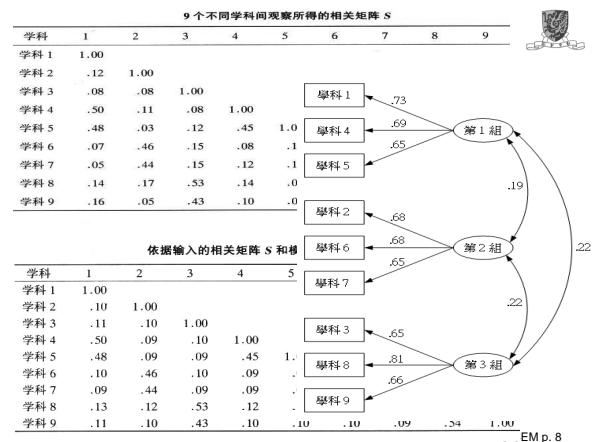
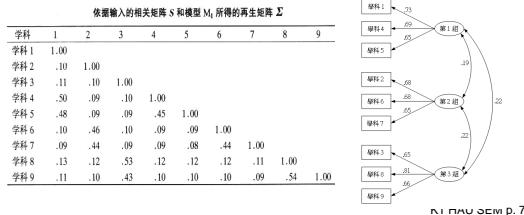
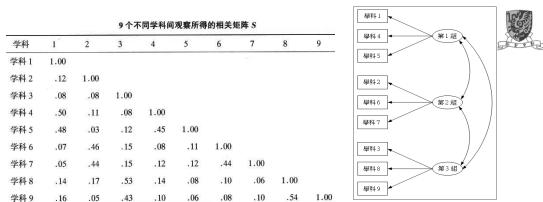
依据输入的相关矩阵 S 和模型 M₁ 所得的再生矩阵 Σ

学科	依据输入的相关矩阵 S 和模型 M ₁ 所得的再生矩阵 Σ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
学科 1	1.00								
学科 2	.10	1.00							
学科 3	.11	.10	1.00						
学科 4	.50	.09	.10	1.00					
学科 5	.48	.09	.09	.45	1.00				
学科 6	.10	.46	.10	.09	.09	1.00			
学科 7	.09	.44	.09	.09	.08	.44	1.00		
学科 8	.13	.12	.53	.12	.12	.12	.11	1.00	
学科 9	.11	.10	.43	.10	.10	.10	.09	.54	1.00

KT HAU SEM p. 5



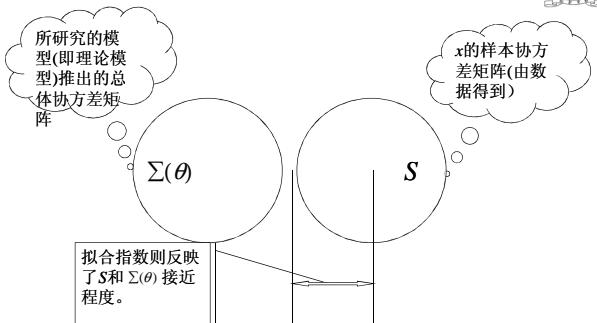
KT HAU SEM p. 6



9个不同学科间观察所得的相关矩阵 S

学科	1	2	3	4	5	6	7	8	9
学科 1	1.00								
学科 2	.10	1.00							
学科 3	.11	.10	1.00						
学科 4	.50	.09	.10	1.00					
学科 5	.48	.09	.09	.45	1.00				
学科 6	.10	.46	.10	.09	.09	1.00			
学科 7	.09	.44	.09	.09	.08	.44	1.00		
学科 8	.13	.12	.53	.12	.12	.12	.11	1.00	
学科 9	.11	.10	.43	.10	.10	.09	.54	.54	1.00

EM p. 8

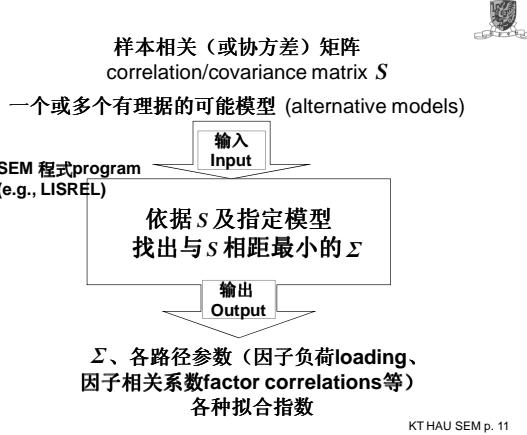
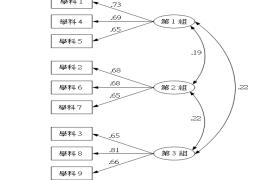
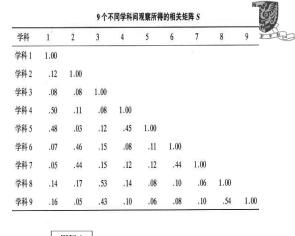


• 检查模型的准确性 (accuracy) 和简洁性 (parsimony)

- 拟合优度指数 (goodness of fit index), 简称为拟合指数(fit index): χ^2 、NNFI、CFI

- $df = [不重复元素non-duplicating elements, p(p+1)/2] - [估计参数estimated parameters]$

- 在前面例子 $df = 9 \times 10/2 - 21 = 24$



结构方程模型及其应用 Structural Equation Model and Its Applications

II 探索性与验证性因子分析 Exploratory vs Confirmatory Factor Analysis

侯傑泰(侯杰泰)
Kit-Tai Hau
香港中文大学教育心理系
Educational Psychology Dept,
The Chinese University of Hong Kong
使用时请着明出处

KT HAU SEM p. 12

Additional notes on EFA



Exploratory Factor Analyses (EFA)

- In the above analyses, we have a structure in mind to test, this process is called confirmatory factor analysis (CFA)
- It is also possible that we have no “theory” in mind to test, i.e., we have the following research questions:
 - How many cluster of subjects are there? How do these 9 subjects relate to each of these clusters (factors)?
 - Which of these subjects are more closely related/correlated than others?

KT HAU SEM p. 13

Using LISREL, run the following program

```
DA NI=9 NO=100
KM
1.00
0.12 1.00
0.08 0.08 1.00
0.50 0.11 0.08 1.00
0.48 0.03 0.12 0.45 1.00
0.07 0.46 0.15 0.08 0.11 1.00
0.05 0.44 0.15 0.12 0.12 0.44 1.00
0.14 0.17 0.53 0.14 0.08 0.10 0.06 1.00
0.16 0.05 0.43 0.10 0.06 0.08 0.10 0.54 1.00
PC NC=6
OU
```



KT HAU SEM p. 14

The output:



Principal Components Analysis

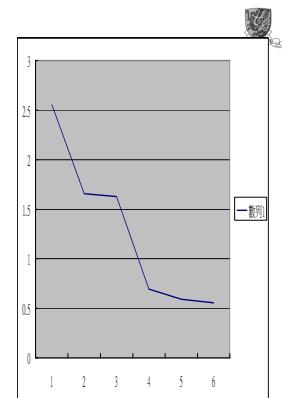
Eigenvalues and Eigenvectors

	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6
Eigenvalue	2.56	1.66	1.63	0.69	0.59	0.56
% Variance	28.42	18.49	18.15	7.65	6.50	6.18
Cum% Var	28.42	46.91	65.06	72.71	79.21	85.39

KT HAU SEM p. 15

3 rules to determine number of factors

- EV(eigenvalue 特征值) ≥ 1
- scree test 碎石: greatest change in slope
- meaningful dimensions



KT HAU SEM p. 16

Assume 3 factors, we run the following program and obtain further information



DA NI=9 NO=100

KM

1.00

0.12 1.00

0.08 0.08 1.00

0.50 0.11 0.08 1.00

0.48 0.03 0.12 0.45 1.00

0.07 0.46 0.15 0.08 0.11 1.00

0.05 0.44 0.15 0.12 0.12 0.44 1.00

0.14 0.17 0.53 0.14 0.08 0.10 0.06 1.0

0.16 0.05 0.43 0.10 0.06 0.08 0.10 0.54 1.0

FA NF=3

OU

KT HAU SEM p. 17

The Output: factors are assumed to be uncorrelated 正交



Varimax-Rotated Factor Loadings

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Unique Var
VAR 1	0.10	0.73	0.04	0.46
VAR 2	0.09	0.06	0.66	0.55
VAR 3	0.63	0.05	0.12	0.58
VAR 4	0.08	0.67	0.08	0.53
VAR 5	0.04	0.65	0.07	0.57
VAR 6	0.07	0.05	0.68	0.54
VAR 7	0.05	0.07	0.65	0.57
VAR 8	0.82	0.08	0.07	0.32
VAR 9	0.65	0.09	0.04	0.56

KT HAU SEM p. 18

Promax-Rotated Factor Loadings				
Factors allowed to be correlated 斜交	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Unique Var
VAR 1	0.73	-0.03	0.03	0.46
VAR 2	0.00	0.66	0.02	0.55
VAR 3	-0.02	0.06	0.64	0.58
VAR 4	0.68	0.02	0.01	0.53
VAR 5	0.66	0.01	-0.03	0.57
VAR 6	-0.01	0.68	0.00	0.54
VAR 7	0.01	0.66	-0.02	0.57
VAR 8	0.00	-0.01	0.83	0.32
VAR 9	0.03	-0.03	0.66	0.56

Factor Correlations			
Factor 1	Factor 2	Factor 3	
Factor 1	1.00		
Factor 2	0.19	1.00	
Factor 3	0.21	0.22	1.00

KT HAU SEM p. 19

EFA (exploratory FA)	CFA (confirmatory FA)
No specific idea on how variable are related	Have some guess (hypotheses) on relations among variables (e.g., Variables 1, 4, 5 should load on Factor 3)
determine number of factors using Eigenvalue ($EV \geq 1$ or scree test)	know beforehand the number of factors
each item loaded on ALL factors, though some loadings are small	Items loaded on targeted factors only

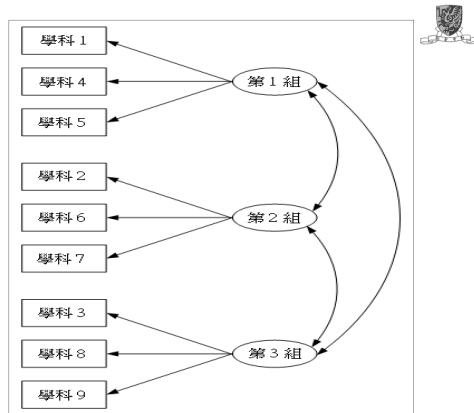
KT HAU SEM p. 20

结构方程模型及其应用 Structural Equation Model and Its Applications

III 原理 III Principle

侯傑泰(侯杰泰)
Kit-Tai Hau
香港中文大学教育心理系
Educational Psychology Dept,
The Chinese University of Hong Kong
使用时请注明出处

KT HAU SEM p. 21



KT HAU SEM p. 23

100名学生在9个不同学科间的相关系数 (correlation coefficient matrix)

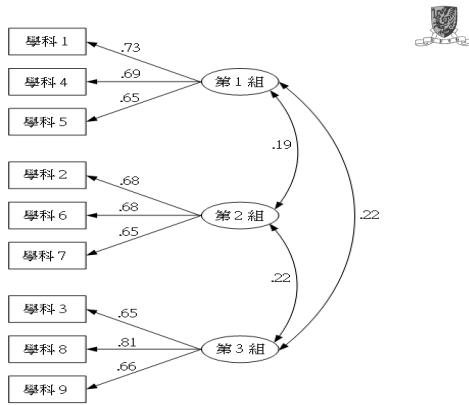
	9个不同学科间观察所得的相关矩阵 S								
学科	1	2	3	4	5	6	7	8	9
学科 1	1.00								
学科 2	.12	1.00							
学科 3	.08	.08	1.00						
学科 4	.50	.11	.08	1.00					
学科 5	.48	.03	.12	.45	1.00				
学科 6	.07	.46	.15	.08	.11	1.00			
学科 7	.05	.44	.15	.12	.12	.44	1.00		
学科 8	.14	.17	.53	.14	.08	.10	.06	1.00	
学科 9	.16	.05	.43	.10	.06	.08	.10	.54	1.00

KT HAU SEM p. 22

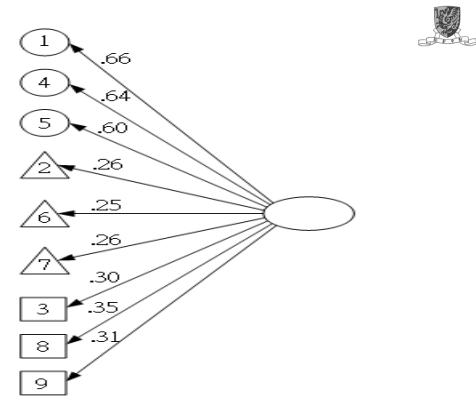
	9个不同学科间观察所得的相关矩阵 S								
学科	1	2	3	4	5	6	7	8	9
学科 1	1.00								
学科 2	.12	1.00							
学科 3	.08	.08	1.00						
学科 4	.50	.11	.08	1.00					
学科 5	.48	.03	.12	.45	1.00				
学科 6	.07	.46	.15	.08	.11	1.00			
学科 7	.05	.44	.15	.12	.12	.44	1.00		
学科 8	.14	.17	.53	.14	.08	.10	.06	1.00	
学科 9	.16	.05	.43	.10	.06	.08	.10	.54	1.00

	依据输入的相关矩阵 S 和模型 M ₁ 所得的再生矩阵 E								
学科	1	2	3	4	5	6	7	8	9
学科 1	1.00								
学科 2	.10	1.00							
学科 3	.11	.10	1.00						
学科 4	.50	.09	.10	1.00					
学科 5	.48	.09	.09	.45	1.00				
学科 6	.10	.46	.10	.09	.09	1.00			
学科 7	.09	.44	.09	.09	.08	.44	1.00		
学科 8	.13	.12	.53	.12	.12	.12	.11	1.00	
学科 9	.11	.10	.43	.10	.10	.10	.09	.54	1.00

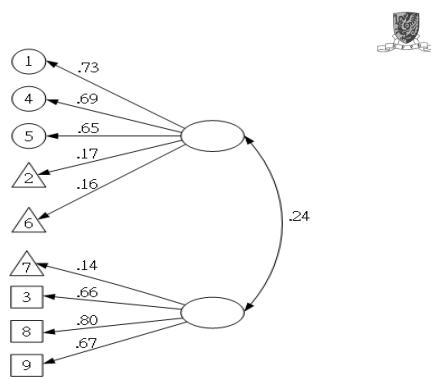
KT HAU SEM p. 24



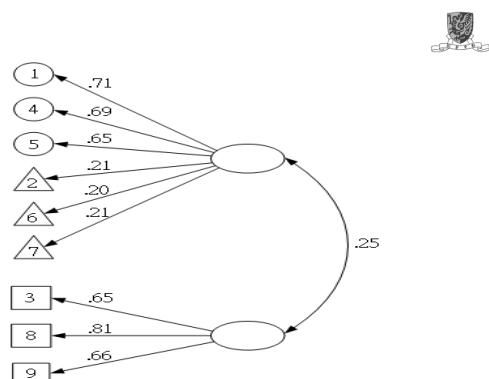
KT HAU SEM p. 25



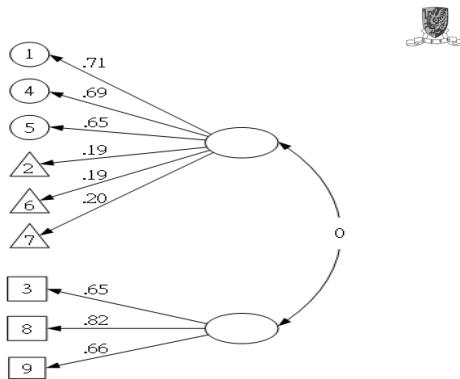
KT HAU SEM p. 26



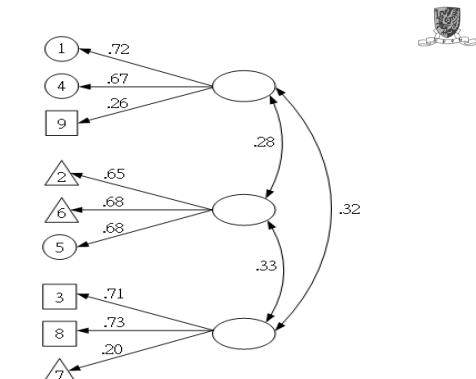
KT HAU SEM p. 27



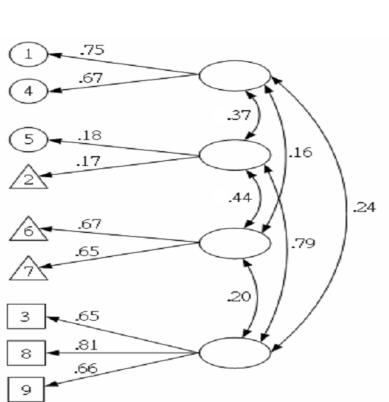
KT HAU SEM p. 28



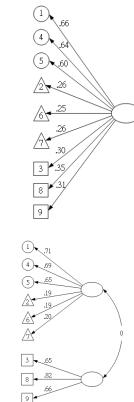
KT HAU SEM p. 29



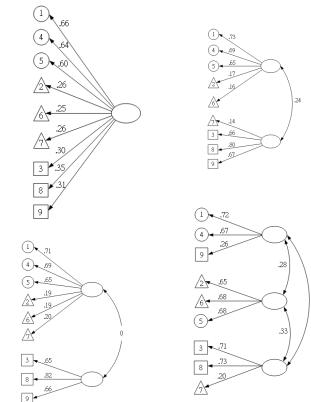
KT HAU SEM p. 30



KT HAU SEM p. 31



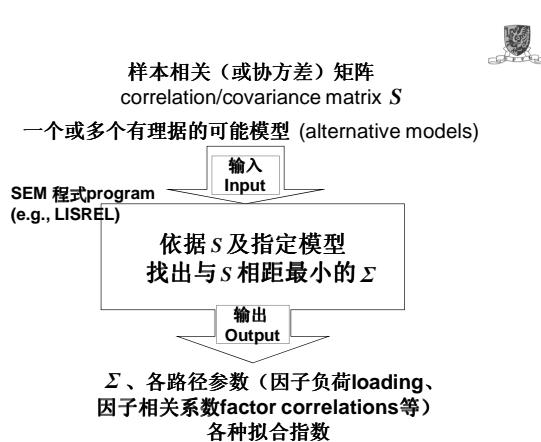
KT HAU SEM p. 32



KT HAU SEM p. 32

	模型	df	χ^2	NNFI	CFI	需要估计的参数个数
M1	24	40	.973	.982	21 = 9 Load + 9 Uniq + 3 Corr	
M2	27	503	.294	.471	18 = 9 Load + 9 Uniq	
M3	26	255	.647	.745	19 = 9 Load + 9 Uniq + 1 Corr	
M4	26	249	.656	.752	19 = 9 Load + 9 Uniq + 1 Corr	
M5	27	263	.649	.727	18 = 9 Load + 9 Uniq	
M6	24	422	.337	.558	21 = 9 Load + 9 Uniq + 3 Corr	
M7	21	113	.826	.898	24 = 9 Load + 9 Uniq + 6 Corr	

KT HAU SEM p. 33



KT HAU SEM p. 35



结构方程模型的重要性

- Structural Equation Model , SEM
- Covariance Structure Modeling , CSM
- Linear Structural RELationship , LISREL
 - (EQS, AMOS, Mplus, etc.)

KT HAU SEM p. 36

结构方程模型的结构

- 测量模型 (measurement model)

$$\mathbf{x} = \Lambda_x \xi + \delta$$

$$\mathbf{y} = \Lambda_y \eta + \epsilon$$

\mathbf{x} — 外源指标 exogenous (如6项社经指标)

\mathbf{y} — 内生指标 endogenous (如语、数、英成绩)

Λ_x, Λ_y — 因子负荷矩阵 (loading)

δ, ϵ — 误差项 (uniqueness, measurement errors)

- 结构模型 (structural model)

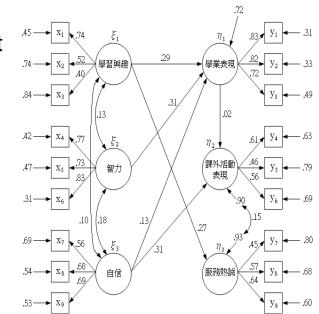
$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta$$



KT HAU SEM p. 37

结构方程模型的优点

- 同时处理多个因变量 (many dependent variables)



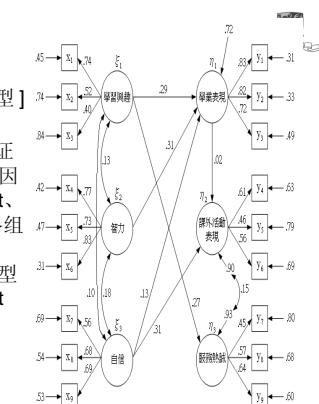
KT HAU SEM p. 38

- 同时估计因子结构 factor structure 和因子关系

- 容许更大弹性的测量模型

- 估计整个模型的拟合程度 model fit [用以比较不同模型]

- SEM包括: 回归分析 regression、因子分析 (验证性因子分析 CFA)、探索性因子分析 EFA)、t 检验 t-test、方差分析 ANOVA、比较各组因子均值 group mean comparison、交互作用模型 interaction、实验设计 expt design



KT HAU SEM p. 40

- 容许自变量 independent variable 和因变量 dependent variable 含测量误差 measurement error [传统方法 (如回归 regression) 假设自变量 independent variable 没有误差]

英文			中文		
观察	真	误差	观察	真	误差
得分	分数		得分	分数	
observed	true	error	observed	true	error
score	score		score	score	
X	T _x	e	Y	T _y	e
8	7	+1	5	3	+2
5	6	-1	6	7	-1
7	5	+2	9	7	+2
9	8	+1	5	8	-3
.

$X = T_x + e$ $Y = T_y + e$
if $r(X, Y) = 0.5$
 $r(T_x, T_y) = 0.5 / [(r_{Xt-t})(r_{Yt-t})]^{1/2}$
 $= 0.71$ (assume $r_{t-t} = 0.7$)

KT HAU SEM p. 39

结构方程模型及其应用 Structural Equation Model and Its Applications



IV 验证性因子分析 IV Confirmatory Factor Analysis

侯傑泰(侯杰泰)
Kit-Tai Hau
香港中文大学教育心理系
Educational Psychology Dept,
The Chinese University of Hong Kong
使用时请注明出处

KT HAU SEM p. 41

验证性因子分析 Confirmatory Factor Analysis, CFA

17个题目:

学习态度及取向

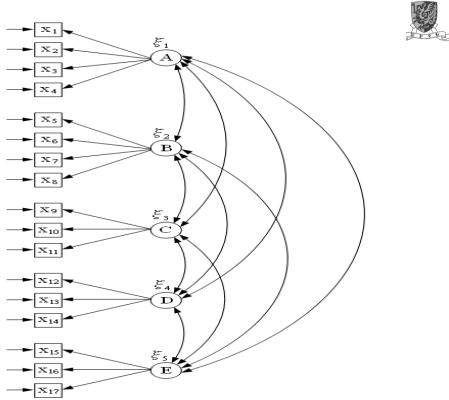
A、B、C、D、E

4、4、3、3、3题

350个学生

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1. -1.																
2. -.24-.1.																
3. -.39-.25-.1.																
4. -.02-.03-.04-.1.																
5. -.16-.19-.14-.02-.1.																
6. -.17-.15-.20-.01-.42-.1.																
7. -.20-.19-.12-.00-.40-.21-.1.																
8. -.32-.32-.21-.03-.10-.10-.07-.1.																
9. -.10-.17-.12-.02-.15-.10-.23-.13-.1.																
10. -.16-.16-.18-.03-.14-.19-.18-.19-.17-.1.																
11. -.14-.15-.19-.01-.18-.30-.13-.08-.30-.28-.1.																
12. -.18-.14-.24-.02-.14-.21-.22-.06-.23-.18-.1.																
13. -.19-.20-.15-.01-.14-.24-.09-.24-.15-.21-.21-.45-.1.																
14. -.18-.21-.18-.03-.25-.18-.18-.22-.12-.16-.21-.25-.20-.26-.1.																
15. -.08-.18-.16-.01-.22-.20-.22-.12-.12-.16-.21-.25-.20-.26-.1.																
16. -.12-.18-.25-.02-.15-.12-.20-.14-.17-.20-.14-.20-.15-.20-.50-.1.																
17. -.20-.16-.18-.04-.25-.14-.21-.17-.21-.23-.15-.22-.22-.43-.1.																

KT HAU SEM p. 42



KT HAU SEM p. 43

Confirmatory Factor Analysis Example 1

DA NI=17 NO=350 MA=KM

KM SY

1

.34 1

...

MO NX=17 NK=5 LX=FU,FI PH=ST TD=DI,FR

PA LX

4(0 0 0 0)

4(0 1 0 0)

3(0 0 1 0)

3(0 0 0 1 0)

3(0 0 0 0 1)

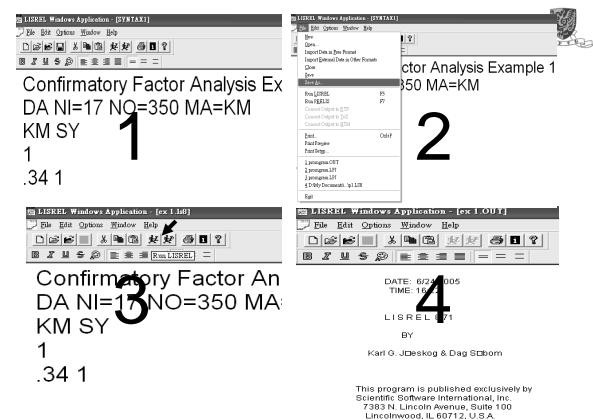
OU MI SS SC



KT HAU SEM p. 44



KT HAU SEM p. 45



KT HAU SEM p. 46

• 什么情况下固定(fixed, FI)?

- 两个变量（指标或因子）间没有关系，将元素固定为0
 - 例如，不从属，将因子负荷(LX 1,2)固定为0。又如，因子和因子没有相关，PH 1,2 固定为0。
- 需要设定因子的度量单位(set metric/scale)
 - 因子没有单位(metric)，无法计算。
 - 一种将所有因子的方差固定为1(或其他常数)，简称为固定方差法(fixed variance method)
 - 一种是在每个因子中选择一个负荷固定为1(或其他常数)，简称为固定负荷法(fixed loading)

• 什么情况下设定为自由(free, FR):所有需要估计的参数

KT HAU SEM p. 47

表3-3 PH矩阵用PH=ST的设定

	ξ_1	ξ_2	ξ_3	ξ_4	ξ_5
ξ_1	固定为1	自由	自由	自由	自由
ξ_2	自由	固定为1	自由	自由	自由
ξ_3	自由	自由	固定为1	自由	自由
ξ_4	自由	自由	自由	固定为1	自由
ξ_5	自由	自由	自由	自由	固定为1



KT HAU SEM p. 48

补充例子

9个题目:

- 第1个因子:
第1、2、3题
- 第2个因子:
第4、5、6题
- 第3个因子:
第7、8、9题
- 设因子1, 2, 3互有相关

固定方差法 (fixed variance)

	因子1	因子2	因子3
第1题, x1	FR	FI	FI
第2题, x2	FR	FI	FI
第3题, x3	FR	FI	FI
第4题, x4	FI	FR	FI
第5题, x5	FI	FR	FI
第6题, x6	FI	FR	FI
第7题, x7	FI	FI	FR
第8题, x8	FI	FI	FR
第9题, x9	FI	FI	FR

KT HAU SEM p. 49

**固定方差法 (fixed variance)**

MO NX=9 NK=3 LX=FU,FI PH=ST TD=DI,FR

FR LX 1,1 LX 2,1 LX 3,1 LX 4,2 LX 5,2

FR LX 6,2 LX 7,3 LX 8,3 LX 9,3

固定负荷法(fixed loading)

MO NX=9 NK=3 LX=FU,FI PH=SY,FR TD=DI,FR

FR LX 2,1 LX 3,1 LX 5,2 LX 6,2 LX 8,3 LX 9,3

VA 1 LX 1,1 LX 4,2 LX 7,3

KT HAU SEM p. 50

- 设因子1和因子3无关(uncorrelated), 因子1和因子2、因子2和因子3相关(correlated)

固定方差法(fixed variance)

MO NX=9 NK=3 LX=FU,FI PH=ST TD=DI,FR

FR LX 1,1 LX 2,1 LX 3,1 LX 4,2 LX 5,2

FR LX 6,2 LX 7,3 LX 8,3 LX 9,3

FI PH 1,3

固定负荷法(fixed loading)

MO NX=9 NK=3 LX=FU,FI PH=SY,FR TD=DI,FR

FR LX 2,1 LX 3,1 LX 5,2 LX 6,2 LX 8,3 LX 9,3

VA 1 LX 1,1 LX 4,2 LX 7,3

FI PH 1,3



KT HAU SEM p. 51



Number of Input Variables 17 (读入变量个数)

Number of Y - Variables 0 (Y-变量个数)

Number of X - Variables 17 (X-变量个数)

Number of ETA - Variables 0 (Y-因子个数)

Number of KSI - Variables 5 (X-因子个数)

Number of Observations 350 (样品个数)

KT HAU SEM p. 52

Parameter Specifications 参数设定**LAMBDA-X**

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5
VAR 1	1	0	0	0	0
VAR 2	2	0	0	0	0
VAR 3	3	0	0	0	0
VAR 4	4	0	0	0	0
VAR 5	0	5	0	0	0
VAR 6	0	6	0	0	0
VAR 7	0	7	0	0	0
VAR 8	0	8	0	0	0
VAR 9	0	0	9	0	0
VAR 10	0	0	10	0	0
VAR 11	0	0	11	0	0
VAR 12	0	0	0	12	0
VAR 13	0	0	0	13	0
VAR 14	0	0	0	14	0
VAR 15	0	0	0	0	15
VAR 16	0	0	0	0	16
VAR 17	0	0	0	0	17

KT HAU SEM p. 53

**PHI**

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5
KSI 1	0				
KSI 2	18	0			
KSI 3	19	20	0		
KSI 4	21	22	23	0	
KSI 5	24	25	26	27	0

THETA-DELTA

VAR1 VAR2 VAR3 VAR4 VAR5 VAR6 VAR7 VAR8 VAR9 VAR10

28 29 30 31 32 33 34 35 36 37

VAR11 VAR12 VAR13 VAR14 VAR15 VAR16 VAR17

38 39 40 41 42 43 44

KT HAU SEM p. 54



Number of Iterations = 19
LISREL Estimates (Maximum Likelihood) 参数估计
LAMBDA-X

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5	
---	---	---	---	---	---	
VAR 1	0.59 (0.06)	9.49				
VAR 2	0.58 (0.06)	9.30				
VAR 3	0.62 (0.06)	9.93				
VAR 4	0.05 (0.07)	0.81				
VAR 5	--	--	--	--	--	
VAR 6	--	--	--	--	--	
VAR 7	--	--	--	--	--	
VAR 8	--	--	--	--	--	
VAR 9	--	--	--	--	--	

参数 (parameter)
Standard Error, SE
 $t\text{-value} = \text{参数} / \text{SE}$
 $0.59 / 0.06 = 9.49$

KT HAU SEM p. 55

VAR 5 -- 0.64
(0.06)
10.46

VAR 6 -- 0.57
(0.06)
9.32

VAR 7 -- 0.51
(0.06)
8.29

VAR 8 -- 0.28
(0.06)
4.41

VAR 9 -- 0.59
(0.06)
9.56

KT HAU SEM p. 56

VAR 10 -- 0.61
(0.06)
9.99

VAR 11 -- 0.64
(0.06)
10.47

VAR 12 -- 0.62
(0.06)
10.28

VAR 13 -- 0.66
(0.06)
10.84

VAR 14 -- 0.54
(0.06)
8.96

VAR 15 -- 0.65
(0.06)
11.14

VAR 16 -- 0.72
(0.06)
12.19

VAR 17 -- 0.55
(0.06)
9.36

KT HAU SEM p. 57

PHI

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5
KSI 1	1.00				
KSI 2	0.52 (0.07) 7.06	1.00			
KSI 3	0.40 (0.08) 5.21	0.53 (0.07) 7.24	1.00		
KSI 4	0.51 (0.07) 6.97	0.54 (0.07) 7.47	0.48 (0.07) 6.60	1.00	
KSI 5	0.42 (0.07) 5.77	0.50 (0.07) 6.99	0.44 (0.07) 6.22	0.50 (0.07) 7.17	1.00
•					

KT HAU SEM p. 58

THETA-DELTA

VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	VAR 6
----	----	----	----	----	----
0.65 (0.07)	0.66 (0.07)	0.61 (0.07)	1.00 (0.08)	0.59 (0.07)	0.67 (0.07)
9.63	9.85	9.02	13.19	8.82	10.21
VAR 7	VAR 8	VAR 9	VAR 10	VAR 11	VAR 12
----	----	----	----	----	----
0.74 (0.07)	0.92 (0.07)	0.66 (0.07)	0.63 (0.07)	0.59 (0.07)	0.61 (0.06)
11.05	12.70	9.96	9.46	8.80	9.46
VAR 13	VAR 14	VAR 15	VAR 16	VAR 17	
----	----	----	----	----	
0.57 (0.07)	0.70 (0.07)	0.57 (0.06)	0.48 (0.06)	0.69 (0.06)	
8.70	10.75	9.13	7.49	10.91	

KT HAU SEM p. 59

Goodness of Fit Statistics**拟合优度统计量**

Degrees of Freedom = 109
Minimum Fit Function Chi-Square = 194.57 (P = 0.00)
Normal Theory Weight Least Sq Chi-Sq = 190.15 (P = 0.00)
Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 81.15
90 Percent Confidence Interval for NCP = (46.71 ; 123.45)
Minimum Fit Function Value = 0.56
Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.23
90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.13 ; 0.35)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.046
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.035 ; 0.057)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.71
Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0.80
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.70 ; 0.92)
ECVI for Saturated Model = 0.88
ECVI for Independence Model = 5.78

KT HAU SEM p. 60

Chi-Square for Independence Model with 136 df = 1982.04
 Independence AIC = 2016.04
 Model AIC = 278.15
 Saturated AIC = 306.00
 Independence CAIC = 2098.63
 Model CAIC = 491.90
 Saturated CAIC = 1049.26
 Normed Fit Index (NFI) = 0.90
 Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.94
 Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.72
 Comparative Fit Index (CFI) = 0.95
 Incremental Fit Index (IFI) = 0.95
 Relative Fit Index (RFI) = 0.88
 Critical N (CN) = 263.34
 Root Mean Square Residual (RMR) = 0.054
 Standardized RMR = 0.054
 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.94
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.92
 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.67



$$\text{NNFI} = \text{TLI}$$

$$\text{CFI} = \text{RNI}$$

Oldest LISREL
indexes:
RMR, SRMR, GFI,
AGFI

KT HAU SEM p. 61

Modification Indices for LAMBDA-X 修正指数

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5
VAR 1	--	0.06	0.66	0.09	2.53
VAR 2	--	0.38	0.53	0.23	0.11
VAR 3	--	0.72	0.01	0.03	1.49
VAR 4	--	0.00	0.03	0.01	0.03
VAR 5	7.73	--	9.62	9.23	1.50
VAR 6	0.01	--	3.29	1.07	1.50
VAR 7	0.12	--	0.25	0.12	2.26
VAR 8	41.35	--	3.66	22.02	4.78
VAR 9	0.40	0.02	--	2.19	0.22
VAR 10	0.03	0.10	--	0.30	0.22

...
 Maximum Modification Index is 41.35 for Element (8,1)LX
 修正指数:该参数由固定改为自由估计, χ^2 会减少的数值



KT HAU SEM p. 62

Completely Standardized Solution LAMBDA-X

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5
VAR 1	0.59	--	--	--	--
VAR 2	0.58	--	--	--	--
VAR 3	0.62	--	--	--	--
VAR 4	0.05	--	--	--	--
VAR 5	--	0.64	--	--	--
VAR 6	--	0.57	--	--	--
VAR 7	--	0.51	--	--	--
VAR 8	--	0.28	--	--	--
VAR 9	--	--	0.59	--	--
VAR 10	--	--	0.61	--	--
VAR 11	--	--	0.64	--	--
VAR 12	--	--	--	0.62	--
VAR 13	--	--	--	0.66	--
VAR 14	--	--	--	0.54	--
VAR 15	--	--	--	--	0.65
VAR 16	--	--	--	--	0.72
VAR 17	--	--	--	--	0.55



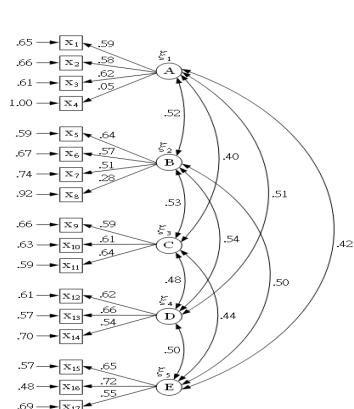
KT HAU SEM p. 63

PHI

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5
KSI 1	1.00				
KSI 2	0.52	1.00			
KSI 3	0.40	0.53	1.00		
KSI 4	0.51	0.54	0.48	1.00	
KSI 5	0.42	0.50	0.44	0.50	1.00
THETA-DELTA					
VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	VAR 6
--	--	--	--	--	--
0.65	0.66	0.61	1.00	0.59	0.67
VAR 7	VAR 8	VAR 9	VAR 10	VAR 11	VAR 12
--	--	--	--	--	--
0.74	0.92	0.66	0.63	0.59	0.61
VAR 13	VAR 14	VAR 15	VAR 16	VAR 17	
--	--	--	--	--	
0.57	0.70	0.57	0.48	0.69	



KT HAU SEM p. 64



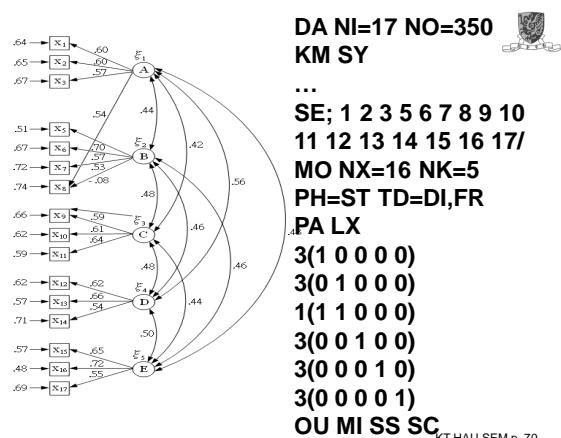
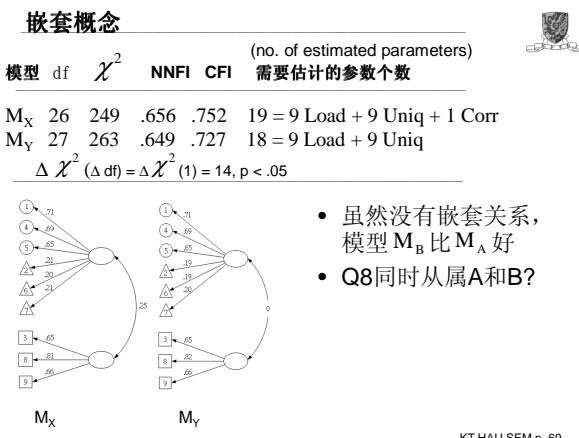
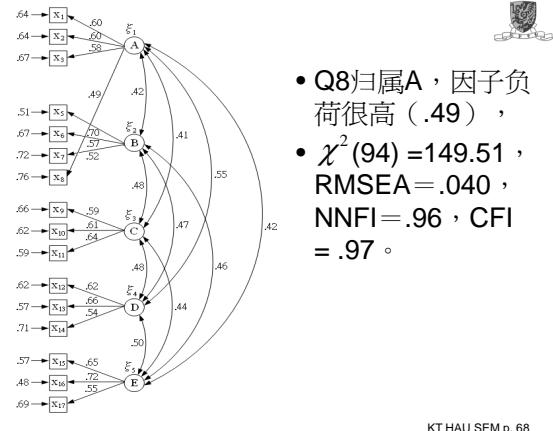
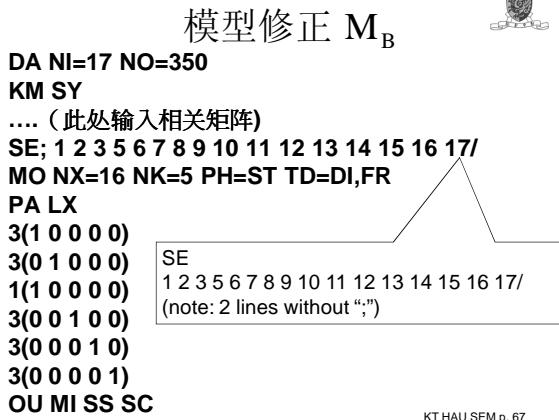
KT HAU SEM p. 65

结果解释



- Q4在A的负荷loading很小 ($LX = 0.05$), 但在其他因子的修正指数 (MI, modification index) 也不高
– 不从属A, 也不归属其他因子
- Q8在B的负荷不高 (0.28), 但在A的MI是41.4, 可能归属A
- 因子间相关很高 (0.40 至 0.54)
- 模型拟合fit相当好: $\chi^2(109) = 194.57$, RMSEA = 0.046, NNFI = .94. CFI = .95。
- 仔细检查题目内容后, 删去Q4, Q8归入A

KT HAU SEM p. 66



模型 M_c 的结果

- $\chi^2(93) = 148.61$, RMSEA=.040, NNFI = .96, CFI = .97 。
- Q8在A负荷为 .54, 在B负荷为 -.08
- 因为概念上Q8应与B成正相关, 故不合理。而且这负荷相对低, 所以我们选择 M_B
- 通常, 每题只归属一个因子

修正modification前后模型的拟合指数比较

模型	df	χ^2	RMSEA	NNFI	CFI	註
M-A	109	195	.046	.94	.95	原模型
M-B	94	150	.040	.96	.97	删Q4,Q8-A
M-C	93	149	.040	.96	.97	删Q4,Q8-A,B
MB-2	99	152	.038	.94	.95	2阶因子

	内容	矩阵大小	固定负荷法 fixed loading	固定方差法 fixed variance
LX	因子与观察变量(指标)的从属关系(因子负荷)	NX x NK	0 0 0 VA1 LX 1 1 100 100 VA1 LX 4 2 100 100 VA1 LX 7 3 100 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1	
PH	因子与因子间的相关(协方差)	NK x NK	1 1 1 或 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 1 因子间 有关 因子间 无关 VA1 PH 1 1 PH 2 2 VA1 PH 3 3	0 1 1 或 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0
TD	指标误差间的关系(协方差)	NX x NX	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0

KT HAU SEM p. 73

验证性因子分析(CFA) LX, PH, TD的设定方法

A. 用固定方差法



LX(LAMBDA-X,因子负荷)

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5
VAR 1	1	0	0	0	0
VAR 2	1	0	0	0	0
VAR 3	1	0	0	0	0
VAR 4	1	0	0	0	0
VAR 5	0	1	0	0	0
VAR 6	0	1	0	0	0
VAR 7	0	1	0	0	0
VAR 8	0	1	0	0	0
VAR 9	0	0	1	0	0
VAR 10	0	0	1	0	0
VAR 11	0	0	1	0	0
VAR 12	0	0	0	1	0
VAR 13	0	0	0	1	0
VAR 14	0	0	0	1	0
VAR 15	0	0	0	0	1
VAR 16	0	0	0	0	1
VAR 17	0	0	0	0	1

KT HAU SEM p. 74

用PA指令 亦可简化为

PA LX	PA LX
10000	4(10000)
10000	PA PH
10000	4(01000)
10000	0 1 1 1 1
10000	3(00100)
01000	1 0 1 1 1
01000	3(00010)
01000	1 1 0 1 1
01000	3(00001)
01000	1 1 1 0 1
00100	或
00100	1 1 1 1 0
00100	FR LX 1 1 LX 2 1 LX 3 1
00100	VA 1 PH 1 1 PH 2 2
00010	FR LX 4 1 LX 5 2 LX 6 2
00010	VA 1 PH 3 3 PH 4 4
00010	VA 1 PH 5 5
00010	FR LX 7 2 LX 8 2 LX 9 3
00010	FR LX 10 3 LX 11 3
00001	FR LX 12 4 LX 13 4
00001	FR LX 14 4 LX 15 5
00001	FR LX 16 5 LX 17 5



对应的PH设定: (假设所有因子互有相关):

KT HAU SEM p. 75

B. 用固定负荷法

PA LX	PA LX
00000	4(10000)
10000	4(01000)
10000	3(00100)
10000	3(000100)
01000	3(00001)
01000	FI LX 1 1 LX 5 2 LX 9 3
01000	FI LX 12 4 LX 15 5
00000	VA 1 LX 1 1 LX 5 2
00000	VA 1 LX 9 3 LX 12 4
00000	VA 1 LX 15 5
或	
00000	FR LX 2 1 LX 3 1 LX 4 1
00000	FR LX 6 2 LX 7 2 LX 8 2
00001	FR LX 10 3 LX 11 3
00001	FR LX 13 4 LX 14 4
00001	FR LX 16 5 LX 17 5
00001	VA 1 LX 1 1 LX 5 2 LX 9 3
00001	VA 1 LX 12 4 LX 15 5

可用下述指令描述
(假设所有因子有相关)



KT HAU SEM p. 76

结构方程模型及其应用 Structural Equation Model and Its Applications



V 多质多法模型 V multitrait-multimethod (MTMM)

侯傑泰(侯杰泰)
Kit-Tai Hau
香港中文大学教育心理系
Educational Psychology Dept.
The Chinese University of Hong Kong
使用时请着明出处

KT HAU SEM p. 77

多质多法模型



multitrait-multimethod(MTMM)

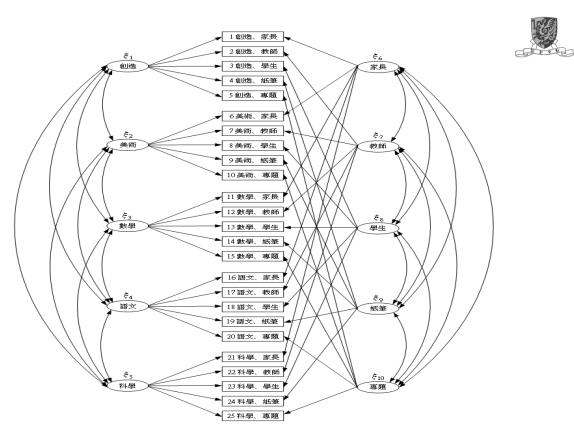
- 五种方法(method): 家长, 教师, 学生, 纸笔测验, 专题报告
- 五种能力(trait): 创造力, 美术技巧, 数学能力, 语文能力, 科学知识
- 25个得分 (观测变量) 5种方法x5种能力
- 分析方法一: 相关特质相关方法
(CTCM, correlated-trait correlated-method)

KT HAU SEM p. 78

表 3-6 多属多选模型变量与因子从属关系

变量(题目)	背景因子						方法因子
	创造	美术	数学	语文	科学	家长	
1. 创造, 家长	✓						
2. 创造, 教师		✓					
3. 创造, 学生	✓						
4. 创造, 纸笔	✓						
5. 创造, 专题	✓						
6. 美术, 家长		✓					
7. 美术, 教师		✓					
8. 美术, 学生		✓					
9. 美术, 纸笔		✓					
10. 美术, 专题		✓					
11. 数学, 家长			✓				
12. 数学, 教师			✓				
13. 数学, 学生			✓				
14. 数学, 纸笔			✓				
15. 数学, 专题			✓				
16. 语文, 家长				✓			
17. 语文, 教师				✓			
18. 语文, 学生				✓			
19. 语文, 纸笔				✓			
20. 语文, 专题				✓			
21. 科学, 家长					✓		
22. 科学, 教师					✓		
23. 科学, 学生					✓		
24. 科学, 纸笔					✓		
25. 科学, 专题					✓		

KT HAU SEM p. 79



KT HAU SEM p. 80

DA NI=25 NO=500 MA=KM
KM SY

1.0
.40 1.0
.44 .43 1.0
.39 .41 .43 1.0
.44 .38 .44 .45 1.0
.50 .21 .18 .19 .19 1.0
.19 .48 .22 .23 .18 .45 1.0
.20 .21 .53 .18 .23 .42 .43 1.0
.22 .19 .19 .53 .22 .41 .45 .45 1.0
.19 .17 .22 .19 .52 .46 .41 .39 .44 .40 1.0
.49 .23 .23 .17 .23 .51 .23 .17 .23 .23 1.0

KT HAU SEM p. 81

MO NX=25 NK=10 PH=SY,FI TD=DI,FR
PA LX

1000010000
1000001000
1000000100
1000000010
1000000001
0100010000
0100001000
0100000100
0100000010
0100000001
0100000000
0010010000
0010001000
0010000100
0000110000
0000101000
0000100100
0000100010
0000100001
VA 1 LX 1 1 LX 7 2 LX 13 3 LX 19 4 LX 25 5
VA 1 LX 6 6 LX 12 7 LX 18 8 LX 24 9 LX 5 10
PA PH
1
1 1
1 1 1
1 1 1 1
1 1 1 1 1
0 0 0 0 1
0 0 0 0 1 1
0 0 0 0 1 1 1
0 0 0 0 1 1 1 1
0 0 0 0 1 1 1 1 1
OU AD=OFF IT=2000 SS SC



KT HAU SEM p. 82

0 0 1 0 0 0 0 0 1 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 1
0 0 0 1 0 1 0 0 0 0
0 0 0 1 0 0 1 0 0 0
0 0 0 1 0 0 0 1 0 0
0 0 0 1 0 0 0 0 1 0
0 0 0 1 0 0 0 0 0 1
0 0 0 0 1 1 0 0 0 0
0 0 0 0 1 0 1 0 0 0
0 0 0 0 1 0 0 1 0 0
0 0 0 0 1 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
F1 LX 1 1 LX 7 2 LX 13 3 LX 19 4 LX 25 5 LX 6 6
F1 LX 12 7 LX 18 8 LX 24 9 LX 5 10

KT HAU SEM p. 83

VA 1 LX 1 1 LX 7 2 LX 13 3 LX 19 4 LX 25 5
VA 1 LX 6 6 LX 12 7 LX 18 8 LX 24 9 LX 5 10
PA PH
1
1 1
1 1 1
1 1 1 1
1 1 1 1 1
0 0 0 0 1
0 0 0 0 1 1
0 0 0 0 1 1 1
0 0 0 0 1 1 1 1
0 0 0 0 1 1 1 1 1
OU AD=OFF IT=2000 SS SC



KT HAU SEM p. 84

AD=Admissibility test
容许性检查
(default=20)
IT = No. of iteration
迭代次数上限
(3 x t free para.)



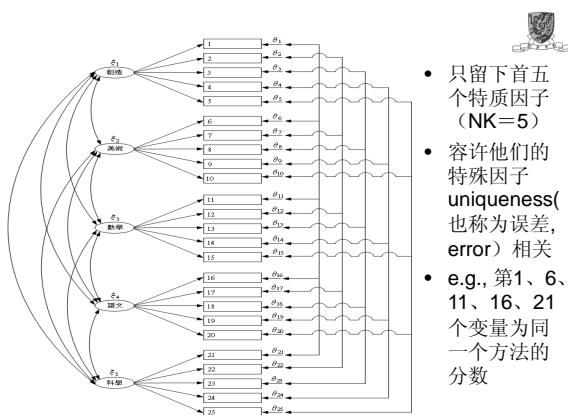
- 许多时候CTCM模型并不收敛(non-converged)，在本例中，用固定方差法，固定为1也不收敛，可固定为2来解决(helps only in this specific case)
- 模型复杂，过早检查解答是否正定(positive definite, proper)并不合适，所以让AD=OFF。IT=2000是加大迭代次数(iteration number)

多质多法模型 方法二:相关特质相关特性 correlated-trait correlated uniqueness (CTCU)

- 较大MTMM模型（如7方法×7特质）收敛机会较大

KT HAU SEM p. 85

KT HAU SEM p. 86



- 只留下首五个特质因子(NK=5)
- 容许他们的特殊因子 uniqueness(也称为误差, error) 相关
- e.g., 第1、6、11、16、21个变量为同一个方法的分数



- FR TD 1 6 TD 1 11 TD 1 16 TD 1 21
- FR TD 6 11 TD 6 16 TD 6 21 TD 11 16
- FR TD 11 21 TD 16 21
- NK=10改为NK=5 : TD=DI, FR改为TD=SY, FI
- 将部份对角线以外的TD元素，改为自由

KT HAU SEM p. 88

DA NI=25 NO=500 MA=KM
KM SY
(此处输入相关矩阵)
MO NX=25 NK=5 PH=ST TD=SY, FI
PA LX
5(1 0 0 0 0)
5(0 1 0 0 0)
5(0 0 1 0 0)
5(0 0 0 1 0)
5(0 0 0 0 1)



PA TD

```

1
0 1
0 0 1
0 0 0 1
0 0 0 0 1
1 0 0 0 1
0 1 0 0 0 1
0 0 1 0 0 0 1
0 0 0 1 0 0 0 1
0 0 0 0 1 0 0 0 1
1 0 0 0 0 1 0 0 0 1
0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1
0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1
0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1

```



KT HAU SEM p. 89

KT HAU SEM p. 90

1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
 OU AD=OFF IT=2000 SS SC



KT HAU SEM p. 91



结构方程模型及其应用 Structural Equation Model and Its Applications

VI 全模型 VI Full model

侯傑泰(侯杰泰)

Kit-Tai Hau

香港中文大学教育心理系
Educational Psychology Dept,
The Chinese University of Hong Kong
使用时请着明出处

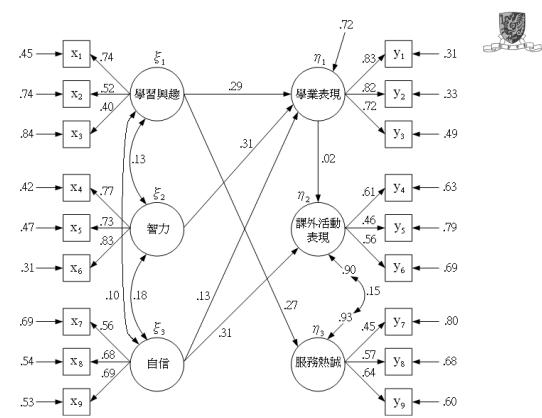
KT HAU SEM p. 92

全模型(Full model)



- 兴趣(x1,2,3)、学生智力(x4,5,6)、自信(x7,8,9)如何影响学业(y1,y2,y3)、课外活动(y4,5,6)和服务热诚(y7,8,9)? N =500
- LX vs LY, TD vs TE
- GA 是KSI (x) 对 ETA (y)因子的效应, 大小: NE (ETA) × NK (KSI) 矩阵, 与传统的回归系数相似。e.g. GA 3,1 KSI 1 ->ETA 3
- BE是NE×NE矩阵, ETA (y)对ETA (y) 的效应。
- PS是结构方程残差的协方差矩阵, NE×NE矩阵。与PH相似, 但PS是因子的残差 (未被解释的部分) 方差。

KT HAU SEM p. 93



KT HAU SEM p. 94

DA NI=18 NO=500
 MA=KM
 KM SY
 ...
 MO NY=9 NE=3 NX=9
 NK=3 PH=SY,FR
 PS=SY,FI TD=DI,FR
 TE=DI,FR BE=FU,FI
 PA LY
 3(1 0 0)
 3(0 1 0)
 3(0 0 1)
 PA LX
 3(1 0 0)
 3(0 1 0)
 3(0 0 1)

FI LY 1 1 LY 4 2 LY 7 3
 FI LX 1 1 LX 4 2 LX 7 3
 VA 1 LY 1 1 LY 4 2 LY 7 3
 VA 1 LX 1 1 LX 4 2 LX 7 3
 PA GA
 1 1 1
 0 0 1
 1 0 0
 FR BE 2 1
 FR PS 1 1 PS 2 2 PS 3 3
 FR PS 2 3
 OU SS SC MI ND=3

KT HAU SEM p. 95

结果解释



- $\chi^2(125)=292.51$, RMSEA=0.050, NNFI=0.93, CFI=0.94, 拟合不错
- BE 3,2 (MI=21.95) 及GA 3,3 (MI = 21.86)。因为BE3,2理论上不太合理, 且ETA2,3间已有相关
- 故第一个修正模型M2是让GA 3, 3自由估计, $=270.14$; GA 3,3 = 0.353, 说明增加路径GA 3, 3是合适。
- 然后考虑要不要减少原有路径。在各因子关系中, BE 2,1= 0.011 (SE = 0.052, t = 0.215)的效应最小, 可以删除该路径。将模型M2的 BE 2,1固定为0, 变成模型M3。

KT HAU SEM p. 96



- 增加自由参数free parameter（模型变复杂），模型的卡方chi-square会减少；减少自由参数（模型变简单），模型的卡方会增加。
- 如果增加自由参数后，卡方非常显著地减少，说明增加自由参数是值得的。
- 如果减少自由参数后，卡方没有显著地增加，说明减少自由参数是可取的。

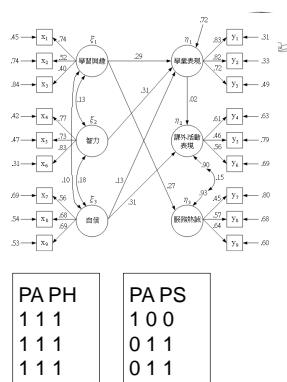


矩阵	矩阵大小	内容
LX	NX x NK	X指标在 ξ 因子的负荷
LY	NY x NE	Y指标在 η 因子的负荷
PH	NK x NK	ξ 因子的协方差(相关)
PS	NE x NE	η 因子残差的协方差(相关)
TD	NX x NX	X指标误差间的关系(协方差)
TE	NY x NY	Y指标误差间的关系(协方差)
GA	NE x NK	ξ 因子对 η 因子的效应
BE	NE x NE	η 因子对 η 因子的效应

KT HAU SEM p. 97

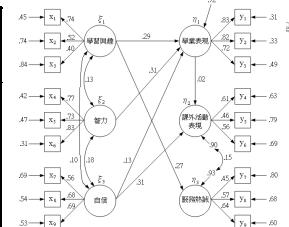
KT HAU SEM p. 98

矩阵	一般设定方法
LX	(a)指标与因子有从属关系的:自由估计(FR) (b)若用“固定负荷法”,则每个因子,选取一个负荷固定为“1”
LY	
PH	(a)非对角线元素:因子间互有相关的位置,自由估计 (b)对角线元素: 若用“固定方差法”,则:固定为“1” 若用“固定负荷法”,则:自由估计
PS	(a)非对角线元素: η 因子残差互有相关的位置,自由估计 (b)对角线元素:自由估计



KT HAU SEM p. 99

矩阵	一般设定setting方法
TD	(a)对角线diagonal的元素:自由估计
TE	(b)非对角线non-diagonal的元素: 固定为“零”： 有特殊情况,容许额外的对应相关,该TD元素自由估计
GA	因子对因子有效应effect的参数:自由估计
BE	

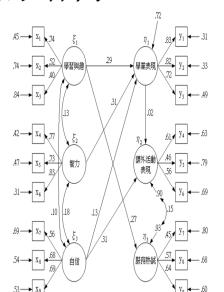


KT HAU SEM p. 100

结构方程模型的结构



- 测量模型 (measurement model)
 $x = A_x \xi + \delta$
 $y = A_y \eta + \epsilon$
 x —外源指标exogenous
(如6项社经指标)
- y —内生指标endogenous
(如：语、数、英成绩)
- A_x , A_y —因子负荷矩阵/loading)
- δ , ϵ —误差项
(uniqueness, measurement errors)
- 结构模型 (structural model)
 $\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta$



KT HAU SEM p. 101

结构方程模型及其应用

Structural Equation Model and Its Applications

VII 高阶因子分析

VII High-order Factor Analysis

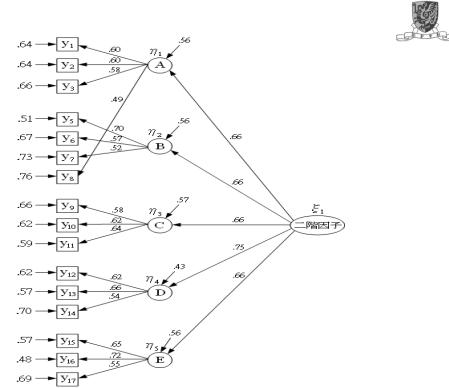
侯傑泰(侯杰泰)
Kit-Tai Hau
香港中文大学教育心理系
Educational Psychology Dept.,
The Chinese University of Hong Kong
使用时请注明出处

KT HAU SEM p. 102

高阶因子分析 (high-order factor analysis)

- 设一阶first-order能力因子有相关，需估计的参数很多。5个一阶因子时，共有10个因子间相关。
- 设有一个普遍能力（二阶second order）因子，影响各一阶能力因子的表现。10个相关改由5个参数parameter（二阶因子与一阶因子的关系）所替代。
- 二阶因子卡方必然较大，自由度df也增加，只要增加的卡方不到显著水平nonsignificant，从模型简洁性parsimony，我们选择二阶模型second-order factor model

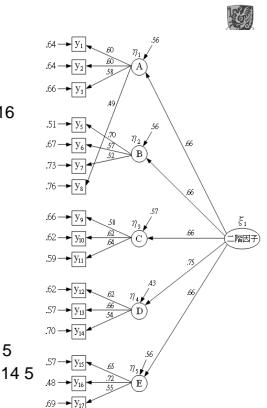
KT HAU SEM p. 103



KT HAU SEM p. 104

Higher Order CFA
DA NI=17 NO=350
KM SY
.....
SE; 1 2 3 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
17/
MO NK=1 NY=16 NE=5 PS=DI,FR
TE=DI,FR GA=FU,FR PH=ST
PA LY
3(1 0 0 0 0)
3(0 1 0 0 0)
1(1 0 0 0 0)
3(0 0 1 0 0)
3(0 0 0 1 0)
3(0 0 0 0 1)
FI LY 1 1 LY 4 2 LY 8 3 LY 11 4 LY 14 5
VA 1 LY 1 1 LY 4 2 LY 8 3 LY 11 4 LY 14 5
OU SS SC

KT HAU SEM p. 105



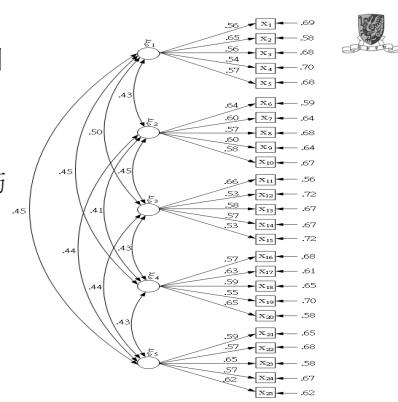
解释结果

- MB-2ord节省5个df, χ^2 大致相同，其他指数index拟合fit较好
- 二阶因子与一阶因子关系（GA系数）很强 (.66, .66, .66, .75, .66)
- 若一阶因子间相关很弱，没有建立二阶因子的需要
- 当模型只有3个一阶因子时（共有3个相关），二阶因子在数学上等同于equivalent一阶因子模型
- 因拟合指数fit index反映整个模型的拟合程度，一阶因子模型要有较好的拟合指数。对因子少的一阶模型（如：只含4或5个一阶因子），一般一阶与二阶拟合指数相差不大，难区分non-differentiating

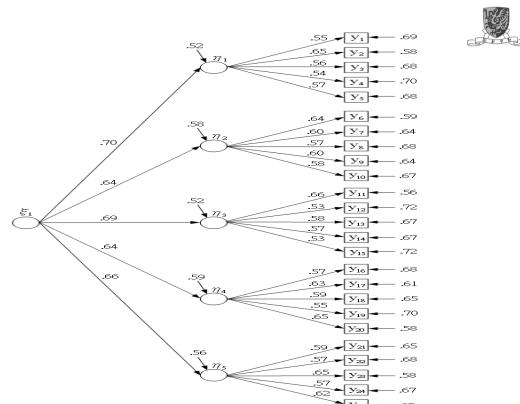
KT HAU SEM p. 106

另一个二阶因 子模型例子

25个题:语文、
数学、英语、历史和地理能力



KT HAU SEM p. 107



KT HAU SEM p. 108

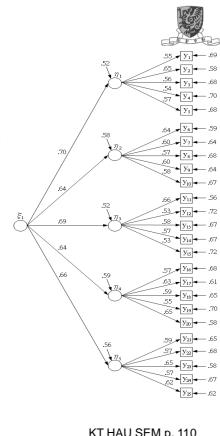


- M-1-ord: $\chi^2 = 464$, df = 265, RMSEA = .034, TLI = .91; 5个因子之间的相关系数在 .41至 .50之间。
- M-2-ord: 拟合优度大致相同, $\chi^2 = 465$, df = 270, RMSEA = .033, TLI = .92, RNI = .93。按简约parsimony原则, 我们应取二阶模型2-order factor model。二阶与一阶因子关系也很强 (BE .70, .64, .69, .64, .66)

KT HAU SEM p. 109

一般在二阶因子模型中:

- 一阶因子间不再容许相关
- 二阶与一阶因子间路径:方向是由二阶至一阶
- 二阶与一阶因子各路径中, 我们取其中一个固定为1(固定负荷法)
- 对只有3个或以下一阶因子, 不再构划二阶因子
- 何时宁取二阶模型, 要考虑:
 - 二阶自由度较对应一阶模型为大
 - 二阶模型较对应一阶模型简单 (parsimonious)
 - 二阶的 χ^2 较一阶为大
 - 若二阶模型简化甚多, 但 χ^2 增加不多(模型拟合恶化不严重), 则宁取二阶模型
- 在LISREL中设定高阶因子, 可
 - 二阶因子用 ξ , 一阶因子用 η 代表
 - 二阶与一阶因子均用 η 代表



KT HAU SEM p. 110



结构方程模型及其应用 Structural Equation Model and Its Applications

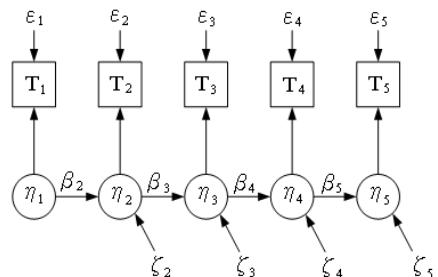
VIII 单纯形模型

VIII simplex model

侯杰泰(侯杰泰)
Kit-Tai Hau
香港中文大学教育心理系
Educational Psychology Dept,
The Chinese University of Hong Kong
使用时请注明出处

KT HAU SEM p. 111

单纯形模型(simplex model)



KT HAU SEM p. 112



Simplex correlation matrix

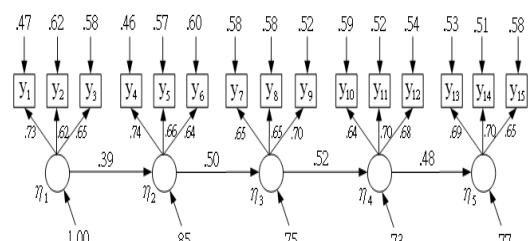
单纯形模型相关矩阵

		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
		1				
T ₁						
T ₂			1	下降→		
T ₃		←下降		1	下降→	
T ₄			←下降		1	
T ₅						1

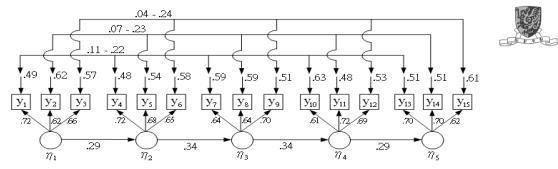
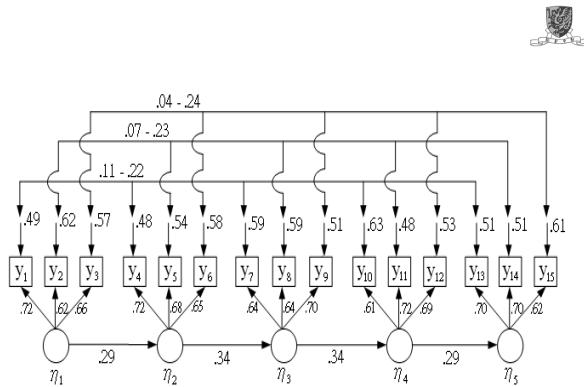
		单纯形模型相关矩阵				
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
T ₁	1	0.5	0.4	0.3	0.2	
T ₂	0.5	1	0.5	0.4	0.3	
T ₃	0.4	0.5	1	0.5	0.4	
T ₄	0.3	0.4	0.5	1	0.5	
T ₅	0.2	0.3	0.4	0.5	1	

KT HAU SEM p. 113

拟单纯形模型 (quasi-simplex)



KT HAU SEM p. 114



对单纯或拟单纯形模型,一般而言

- 我们可全用 η 因子,不用 ξ
- 对单指标的单纯型模型,首尾两个指标的误差方差,我们需强制为零或相等
- 多指标的拟单纯形模型,所有指针误差方差可自由估计
- 用误差相关去描述跨年相同对应学科误差的相关时,这些相关应为正值(positive)才合理
- 加了误差相关,模式的自由度减少

结构方程模型及其应用 Structural Equation Model and Its Applications

IX 多组SEM分析 IX Multiple-group SEM

侯傑泰(侯杰泰)
Kit-Tai Hau
香港中文大学教育心理系
Educational Psychology Dept,
The Chinese University of Hong Kong
使用时请注明出处

KT HAU SEM p. 117



多组SEM分析 (multiple-group SEM)

- 第一类:多组验证性因子分析multiple-group CFA (或路径分析path analyses)
 - 各组(例如男、女组)的因子结构factor structure是否相同? 某些路径path参数parameter/coefficient在不同的组是否有显著差异significant difference? (与比较多组回归系数regression coefficients in multiple group是否相同类似)
- 第二类:各组的因子均值是否相同(Multiple-group Mean Structure Analysis)。这与传统方差分析ANOVA相似 (通常需要先做第一类分析)

KT HAU SEM p. 118

多组验证性因子分析 multiple-group CFA

1. 形态相同 (configural/pattern invariance)
2. 因子负荷factor loading LX等同invariance
3. 误差方差uniqueness TD等同invariance
4. 因子方差factor variance, diagonal of PH等同invariance
5. 因子协方差factor covariance PH 等同invariance

KT HAU SEM p. 119

Model	df	chi-2	RMSEA	NNFI	CFI
M0,M男生单独估计	24	49.57	.0423	.969	.979
M0,F女生单独估计	24	44.93	.0347	.976	.984
M1 两组同时估计, no Inv	48	94.50	.0384	.972	.982
M2 Loading Inv	54	107.18	.0389	.972	.979
M3 Ld, PH(3,1) Inv	55	107.52	.0383	.973	.979
M4 Ld, FacCov Inv	60	109.32	.0354	.977	.981
M5 Ld, FacCov, U Inv	69	131.20	.0364	.974	.975
M6 Ld, FacCov, U, Intrcpt Inv	78	149.96	.0361	.975	.973
M7 Ld, FacCov, U, Intrcpt Inv; Fac meanFree	75	132.23	.0334	.979	.978
M8 Ld, FacCov, U, Intrcpt, Fac mean Inv	78	146.77	.0360	.975	.973

KT HAU SEM p. 120

Multiple Group using NG=2,M1

Male

DA NI=9 NO=600 NG=2

KM

<男生组相关矩阵>

SD

1.07 1.23 .98 1.02 1.01 1.03 0.99 1.06 0.98

MO NX=9 NK=3 LX=FU,FI PH=SY,FR TD=DI,FR

FR LX 2,1 LX 3,1 LX 5,2 LX 6,2 LX 8,3 LX 9,3

VA 1 LX 1,1 LX 4,2 LX 7,3

OU SS SC ND=3

Female

DA NO=700

<<KM, SD 女生组>>

MO LX=PS PH=PS TD=PS

OU SS SC ND=3



KT HAU SEM p. 121



multiple group fixing LX, M2

male

DA NI=9 NO=600 NG=2

<KM, SD 男生组相关矩阵>

MO NX=9 NK=3 LX=FU,FI PH=SY,FR TD=DI,FR

FR LX 2,1 LX 3,1 LX 5,2 LX 6,2 LX 8,3 LX 9,3

VA 1 LX 1,1 LX 4,2 LX 7,3

OU SS SC ND=3

female

DA NO=700

<KM, SD女生组>

MO LX=IN PH=PS TD=PS

OU SS SC nd=3

KT HAU SEM p. 122

fixing covariance of PH 3 1 to be equal
multiple group, M3



male

DA NI=9 NO=600 NG=2

<KM, SD 男生组相关矩阵>

MO NX=9 NK=3 LX=FU,FI PH=SY,FR TD=DI,FR

FR LX 2,1 LX 3,1 LX 5,2 LX 6,2 LX 8,3 LX 9,3

VA 1 LX 1,1 LX 4,2 LX 7,3

OU SS SC ND=3

female

DA NO=700

<KM, SD女生组相关矩阵>

MO LX=IN PH=PS TD=PS

EQ PH 1 3 1 PH 3 1

OU SS SC ND=3

KT HAU SEM p. 123

fixing all covariances of factors



multiple group , M4

male

DA NI=9 NO=600 NG=2

<KM, SD男生组相关矩阵>

MO NX=9 NK=3 LX=FU,FI PH=SY,FR TD=DI,FR

FR LX 2,1 LX 3,1 LX 5,2 LX 6,2 LX 8,3 LX 9,3

VA 1 LX 1,1 LX 4,2 LX 7,3

OU SS SC ND=3

female

DA NO=700

<KM, SD女生组相关矩阵>

MO LX=IN PH=IN TD=PS

OU SS SC ND=3

KT HAU SEM p. 124

fixing all variances of errors



multiple group, M5

male

DA NI=9 NO=600 NG=2

<KM, SD 男生组相关矩阵>

MO NX=9 NK=3 LX=FU,FI PH=SY,FR TD=DI,FR

FR LX 2,1 LX 3,1 LX 5,2 LX 6,2 LX 8,3 LX 9,3

VA 1 LX 1,1 LX 4,2 LX 7,3

OU SS SC ND=3

female

DA NO=700

<KM, SD女生组相关矩阵>

MO LX=IN PH=IN TD=IN

OU SS SC ND=3

KT HAU SEM p. 125



多组分析：均值结构模型 Multiple-group Mean Structure Analysis

- 不同组别因子均值是否有显著差异(均值结构模型, mean structure models)
 - 首先需确定各组的负荷loading相同invariance
 - 更希望因子协方差等同factor covariance, 误差方差等同难实现
 - 指标截距indicator intercept TX等同
 - 先让第1组的TX自由(TX=FR)
 - 要求其他组别TX与第1组的相等 (TX=IN)
- 因子均值等同 factor mean equivalence
 - 先设定第1组各因子均值为0 (KA=FI)
 - 容许其他组的KA元素自由估计(KA=FR)
 - 因子值>2倍SE ($t>2.0$) ,则因子不同于第1组

KT HAU SEM p. 126

Multiple Group fixing
TX=invariance , M6
male
DA NI=9 NO=600 NG=2
KM
<男生组相关矩阵>
SD
1.07 1.23 .98 1.02 1.01 1.03
0.99 1.06 0.98
ME
2.01 2.45 2.67 3.21 3.33 3.45
2.67 2.19 2.34
MO NX=9 NK=3 LX=FU,FI
PH=SY,FR TD=DI,FR TX=FR
FR LX 2,1 LX 3,1 LX 5,2 LX 6,2
LX 8,3 LX 9,3
VA 1 LX 1,1 LX 4,2 LX 7,3
OU SS SC ND=3



KT HAU SEM p. 127

female
DA NO=700
KM
<女生组相关矩阵>
SD
1.05 1.20 1.02 .99 1.02 1.02
1.02 1.04 0.96
ME
2.02 2.48 2.69 3.10 3.20
3.38 2.75 2.29 2.45
MO LX=IN PH=IN TD=IN
TX=IN
OU SS SC ND=3



均值结构模型 (限制均值等同)
multiple group, M7 Find KA of Female gp
DA NI=9 NO=600 NG=2
<KM, SD, ME 男生组相关矩阵>
MO NX=9 NK=3 LX=FU,FI PH=SY,FR TD=DI,FR
TX=FR KA=FI
FR LX 2,1 LX 3,1 LX 5,2 LX 6,2 LX 8,3 LX 9,3
VA 1 LX 1,1 LX 4,2 LX 7,3
OU SS SC ND=3
female
DA NO=700
KM, SD, ME 女生组相关矩阵>
MO LX=IN PH=IN TD=IN TX=IN KA=FR
OU

KT HAU SEM p. 128

- 结果显示:
 - 第2组(女)的KA元素 (即语文、数学、英语均值mean) 为 0.019, -0.102 和 0.083
 - 对应的SE为 0.054, 0.041, 0.036
 - t-值为 0.351、-2.472、2.329
 - 这表示:
 - 语文自信 -- 男(均值为0)女(均值为0.019)无差异 ($t=0.351$, n.s.)
 - 男生 (均值为0) 的数学自信高于女生 (均值 = -0.102, $t = 2.472$)
 - 女生的英语自信 (均值 = 0.083) 则高于男生 (均值为0, $t = 2.329$)

KT HAU SEM p. 129



均值结构模型 (限制均值等同)
multiple group, M8 Fixing KA to be equal, male
DA NI=9 NO=600 NG=2
<KM, SD, ME 男生组相关矩阵>
MO NX=9 NK=3 LX=FU,FI PH=SY,FR TD=DI,FR
TX=FR KA=FI
FR LX 2,1 LX 3,1 LX 5,2 LX 6,2 LX 8,3 LX 9,3
VA 1 LX 1,1 LX 4,2 LX 7,3
OU SS SC ND=3
female
DA NO=700
KM, SD, ME 女生组相关矩阵>
MO LX=IN PH=IN TD=IN TX=IN KA=IN
OU



KT HAU SEM p. 130

多组比较的次序



- 在SEM内, 比较多组的因子均值, 一般依下述次序, 遂项加上条件:
- 各组因子与指标的从属关系(形态)相同
 - 各组因子负荷(LX)相同
 - 各组因子间相关(协方差)(PH)相同
 - 各组指标误差(特性)方差(TD)相同
 - 各组指标截距(TX)相同
 - 各组因子均值相同(KA)

KT HAU SEM p. 131

多组比较检查原则



- 在检查等同条件时, 未加等同条件, 模型较复杂(df较小)
- 加了等同条件, 模型较简单parsimonious (df较大)
- 未加“等同”条件, χ^2 较小(拟合较好)
- 加“等同”条件, χ^2 较大(拟合较差)
- 加“等同”条件, 若模型简化甚多, 但拟合优只是轻微恶化, 则“等同”成立及合理
- 加“等同”条件, 若模型简化不多, 但拟合优严重恶化, 则各组并不等同(等同不成立)

KT HAU SEM p. 132

多组比较设定方法

等同检查	第一组	其它组别	检查(每组解答恰当proper外...)
型态等同	依先验(a priori)模型,估计各参数(parameter)	依先验模型,估计各自由参数	每组拟合优良good fit
LX等同	估计各自由LX	LX=IN	拟合优fit无严重恶化
PH等同	估计各自由PH	PH=IN	拟合优fit无严重恶化
TD等同	估计各自由TD	TD=IN	拟合优fit无严重恶化
TX等同	估计各自由TX	TX=IN	拟合优fit无严重恶化
KA等同	KA=FI,ZE (zero)	KA=FR	每组KA与第一组(或其他组)无显著差异 significant difference

KT HAU SEM p. 133



结构方程模型及其应用

Structural Equation Model and Its Applications



X 专题: 结构方程建模和分析步骤

X Issues: Model Specification and analyses

侯傑泰(侯杰泰)
Kit-Tai Hau
香港中文大学教育心理系
Educational Psychology Dept.
The Chinese University of Hong Kong
使用时请着明出处

KT HAU SEM p. 134

专题: 结构方程建模和分析步骤

Model Specification and analyses



- A. 验证模型与产生模型Confirmatory, Model generation
- 纯粹验证 (strictly confirmatory , SC)
 - 心目中只有一个模型
 - 这类分析不多, 无论接受还是拒绝, 仍希望有更佳的选择
 - 选择模型 (alternative models , AM)
 - 从拟合的优劣, 决定那个模型最为可取
 - 但我们仍常做一些轻微修改, 成为MG类的分析

KT HAU SEM p. 135

B. 结构方程分析步骤



- 模型建构 (model specification) ,指定
 - 观测变量与潜变量 (因子) 的关系
 - 各潜变量间的相互关系 (指定哪些因子间有相关或直接效应direct effect)
 - 在复杂的模型中, 可以限制constrain因子负荷loading或因子相关系数等参数的数值或关系 (例如, 2个因子间相关系数correlation等于0.3; 2个因子负荷必须相等)
- 模型拟合(model fitting)
 - 通常用 ML作模型参数的估计(versus 回归分析, 通常用所最小二乘方法拟合模型, 相应的参数估计称为最小二乘估计)

KT HAU SEM p. 137

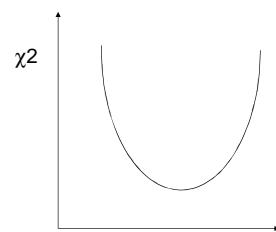
- 产生模型 (model generating , MG)
- 先提出一个或多个基本模型
 - 基于理论或数据, 找出模型中拟合欠佳的部份
 - 修改模型, 通过同一或其他样本, 检查修正模型model respecification的拟合程度, 目的在于产生一个最佳模型

KT HAU SEM p. 136

C. 模型评价 (model assessment)



- 结构方程的解solution是否适当proper, 估计是否收敛, 各参数估计值是否在合理范围内 (例如, 相关系数在 +1与 -1之内)



KT HAU SEM p. 138

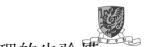


- 参数与预设模型的关系是否合理。当然数据分析可能出现一些预期以外的结果，但各参数绝不应出现一些互相矛盾，与先验假设有严重冲突的现象
- 检视多个不同类型的整体拟合指数，如 NNFI、CFI、RMSEA 和 χ^2 等
- 含较多因子的复杂模型中，无论是否删去某一两个路径（固定它们为0），对整个模型拟合影响不大
- 应当先检查每一个测量模型 measurement model

KT HAU SEM p. 139

• D. 模型修正 (model modification)

- 依据理论或有关假设，提出一个或数个合理的先验模型 *a priori model*
- 检查潜变量（因子）与指标（题目）间的关系，建立测量模型 *measurement model*
- 可能增删或重组题目
- 若用同一样本数据去修正重组测量模型，再检查新模型的拟合指数，这十分接近探索性因素分析 (*exploratory factor analysis, EFA*)，所得拟合指数，不足以说明数据支持或验证模型
- 可以循序渐进地，每次只检查含2个因子的模型，确立测量模型部分的合理后，最后才将所有因子合并成预定的先验模型，作一个总体检查
- 对每一模型，检查标准误、*t*值、标准化残差 *std residuals*、修正指数 *Modification index MI*、参数期望改变值 *expected change*、及各种拟合指数 *fit index*，据此修改模型并重复步骤。
- 这最后的模型是依据某一个样本数据修改而成，最好用另一个独立样本，交叉确定 *cross-validate*



KT HAU SEM p. 140

参数估计和拟合函数



Parameter Estimation and Fit Function

- 目标是找一些参数 *parameter* 使得再生/隐含 *implied reproduced* 协方差矩阵 $\Sigma(\theta)$ 与样本协方差矩阵 S “差距” 最小
- 拟合透过拟合函数 *fit function*
- 多种拟合函数，参数估计值可能不同
 - 工具变量 (IV, instrumental variable)；
 - 两阶段最小二乘 (TSLS, two-stage least squares)；
 - 无加权最小二乘 (ULS, unweighted least squares)；
 - 最大似然 (ML, maximum likelihood)；
 - 广义最小二乘 (GLS, generalized least squares)；
 - 一般加权最小二乘 (WLS, generally weighted least sq)
 - 对角加权最小二乘 (DWLS, diagonally weighted least sq)

KT HAU SEM p. 141

结构方程模型及其应用



Structural Equation Model and Its Applications

XI 专题: 涉及数据的问题 XI Issues on data

侯傑泰(侯杰泰)

Kit-Tai Hau

香港中文大学教育心理系

Educational Psychology Dept,

The Chinese University of Hong Kong

使用时请明出处

KT HAU SEM p. 142

专题: 涉及数据的问题



issues on data

- 样本容量 Sample Size
 - 样本:愈大愈好
 - 每个因子上多设计几题，预试协助删去一些不好的题目
 - 最后每个因子应有3个或更多的题目
- 数据类型 Data Type
 - 绝大部分分析基于皮尔逊 (Pearson) 相关(假设等比/等距数据 interval/ratio data)
 - 来自等级 (顺序) 量表 (ordinal scale)，改用多项 (polyserial) 相关系数，并与渐近方差矩阵 (asymptotical covariance matrix, ACM) 合用，以 WLS 法拟合模型，除非 N 很大，额外需要的 ACM 矩阵多不稳定

KT HAU SEM p. 143

- 可否应用相关矩阵作分析？

- SEM 建立在方差和协方差分析上
- 用相关矩阵，大多数情况下正确
- 在某些情况下并不正确(见 Cudeck, 1989)：
 - 限制因子方差为 1，同时限制某指标的因子负荷不等于零
 - 同一个因子，限制其两个或以上指标的因子负荷，不等于零
 - 同一个因子的两个或以上指标，限制其因子负荷相同
 - 不同因子的两个或以上指标，限制其因子负荷相同
 - 限制两个或以上内生潜变量的误差相等



KT HAU SEM p. 144

专题:涉及模型拟合fitting的问题

- 忽略测量误差measurement error所引致的错误
 - 方差(变异量) variance
 - x 变异量 $\text{var} = \xi$ 变异量 + δ 误差变异量
 - 除非 δvar 等于零, 传统统计高估了变量的真实变异量
 - 相关correlation和回归参数regression coefficient

$$\gamma^* = \gamma \left(\frac{\text{var}(\xi)}{\text{var}(x)} \right)$$

$$r_{\xi\eta} = r_{xy} / (r_{xx} r_{yy})^{1/2}$$

$$r_{\xi\eta} = 0.5 / (0.7^2)^{1/2} = 0.71$$



KT HAU SEM p. 145

- 单指标潜变量(single indicator)

- 不能同时估计LX与TD
- 对相关矩阵 correlation matrix

FI LX 4,3 TD 4,4

VA .15 TD 4,4 ! $(1-0.85)=0.15$ VA .922 LX 4,3 ! $\text{SQRT}(.85)=.922$

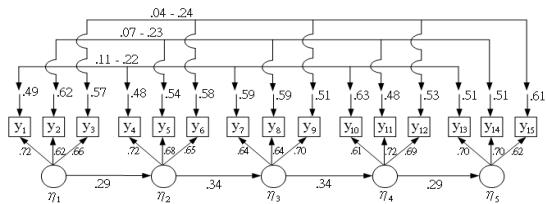
! 或 FR LX 4,3



KT HAU SEM p. 146

- 误差相关correlated uniqueness

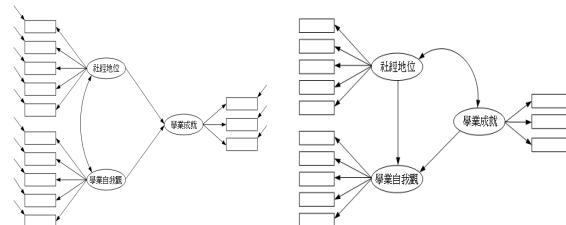
- 只在特殊设计(重复测量multi-wave panel), 刻意容许误差相关
- 在一般研究, 通常不容许误差可以相关



KT HAU SEM p. 147

- 为甚么要考虑等同模型equivalent models?

- 以同样个数的参数(t), 用不同组合产生许多不同模型, 而其中再生协方差矩阵, 完全相同
- 换句话说, 同样个数的参数(t)产生多个与样本数据有相同拟合程度、但结构不同的模型



KT HAU SEM p. 148

- 结构方程是否验证变量间的因果关系causal relations?

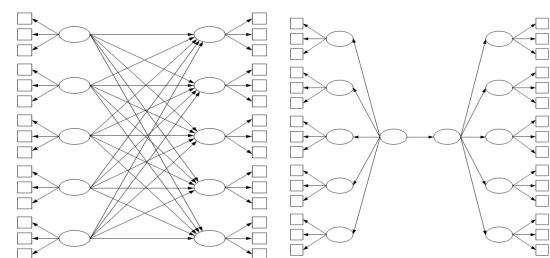
- 严格来说, 非经设计用以探讨变量间因果效应的研究, 都不能证明变量间是否真正存在因果关系。单从等同模型, 已经可以举出拟合指数相同, 但变量间效应相反的例子
- 利用非实验设计non-experimental design:
 - 采用纵贯longitudinal研究数据, 每个变量至少要有2次测量(2时段以上设计)
 - 使用多个指标multiple indicator以推算潜变量
 - 样本要够大并具代表性, 使结果具有实质意义和普遍性
 - 考虑不同模型的意义, 考虑指标误差项相关的意义

KT HAU SEM p. 149



- 合宜和错误的高阶因子(higher-order factor)

- 不一定可以将数个因子合并, 并简化为高阶因子的关系
- 例: 学生的性格(不可合并)如何影响学生成绩表现(或可合并)



KT HAU SEM p. 150



XII 读取SPSS数据

XII Reading SPSS data

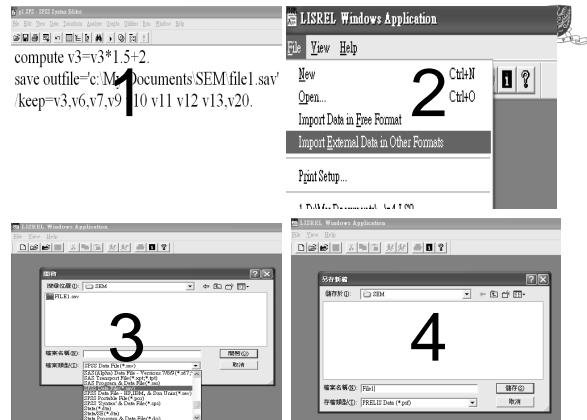
侯傑泰(侯杰泰)
Kit-Tai Hau
香港中文大学教育心理系
Educational Psychology Dept,
The Chinese University of Hong Kong
使用时请注明出处

KT HAU SEM p. 151

KT HAU SEM p. 152

- 3. in LISREL (to use .psf in .ls8 file)
 - click "File", "New" (or "Open an old-file name")
 - Read in the raw data (in .psf) using "RA command" e.g., in the p1.ls8 file:
DA NI=9 MA=CM
RA=file1.psf
MO NX=9 NK=3.....
OU
 - Note:
 - still need the "DA command"
 - No need to specify "NO=..." (no. of subjects); all cases from the *.psf will be used irrespective of the NO specification
 - No need to specify variable labels "LA....."
 - Mean, SD, KM and CM are available from the .psf file
 - No path is needed if the .psf and ls8 are in the same directory
 - save the file as p1.ls8 (<filename>.ls8)
 - Click "run LISREL"

KT HAU SEM p. 153



KT HAU SEM p. 154

The screenshot shows four separate windows of the LISREL Windows Application. Each window has a title bar: 'LISREL Windows Application - File1.pdf', 'LISREL Windows Application - File2.pdf', 'LISREL Windows Application - File3.pdf', and 'LISREL Windows Application - File4.pdf'. The windows contain various menu bars (File, Edit, Data, Transformation, Statistics, Graph, Multilevel, Survey, Help) and toolbars. The main workspace of each window displays data tables with columns labeled V3, V5, V6, V7, and V9. The data for each window is as follows:
File1.pdf:

	V3	V5	V6	V7	V9
1	2.000		1.000	0.000	0.000
2	2.000	0.000	2.000	0.000	0.000
3	3.000	2.000	1.000	0.000	0.000
4	3.000	3.000	2.000	2.000	2.000
5	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
6	1.000	1.000	2.000	1.000	1.000
7	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
8	3.000	2.000	2.000	2.000	2.000
9	3.000	2.000	3.000	3.000	3.000
10	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
11	3.000	3.000	2.000	0.000	0.000
12	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

File2.pdf:

	V3	V5	V6	V7	V9
1	2.000		2.000	0.000	0.000
2	2.000	0.000	2.000	0.000	0.000
3	3.000	2.000	1.000	0.000	0.000
4	3.000	3.000	2.000	2.000	2.000
5	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
6	1.000	1.000	2.000	1.000	1.000
7	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
8	3.000	2.000	2.000	2.000	2.000
9	3.000	2.000	3.000	3.000	3.000
10	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
11	3.000	3.000	2.000	0.000	0.000
12	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

File3.pdf:

	V3	V5	V6	V7	V9
1	2.000		2.000	0.000	0.000
2	2.000	0.000	2.000	0.000	0.000
3	3.000	2.000	1.000	0.000	0.000
4	3.000	3.000	2.000	2.000	2.000
5	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
6	1.000	1.000	2.000	1.000	1.000
7	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
8	3.000	2.000	2.000	2.000	2.000
9	3.000	2.000	3.000	3.000	3.000
10	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
11	3.000	3.000	2.000	0.000	0.000
12	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

File4.pdf:

	V3	V5	V6	V7	V9
1	2.000		2.000	0.000	0.000
2	2.000	0.000	2.000	0.000	0.000
3	3.000	2.000	1.000	0.000	0.000
4	3.000	3.000	2.000	2.000	2.000
5	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
6	1.000	1.000	2.000	1.000	1.000
7	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
8	3.000	2.000	2.000	2.000	2.000
9	3.000	2.000	3.000	3.000	3.000
10	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
11	3.000	3.000	2.000	0.000	0.000
12	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

Project New Dialog Box:

The dialog box is titled 'Project New' and contains two dropdown menus: 'Project Type' (set to 'LISREL Project') and 'File Extension' (set to 'psf'). It includes 'OK' and 'Cancel' buttons.

KT HALL SEM p. 155