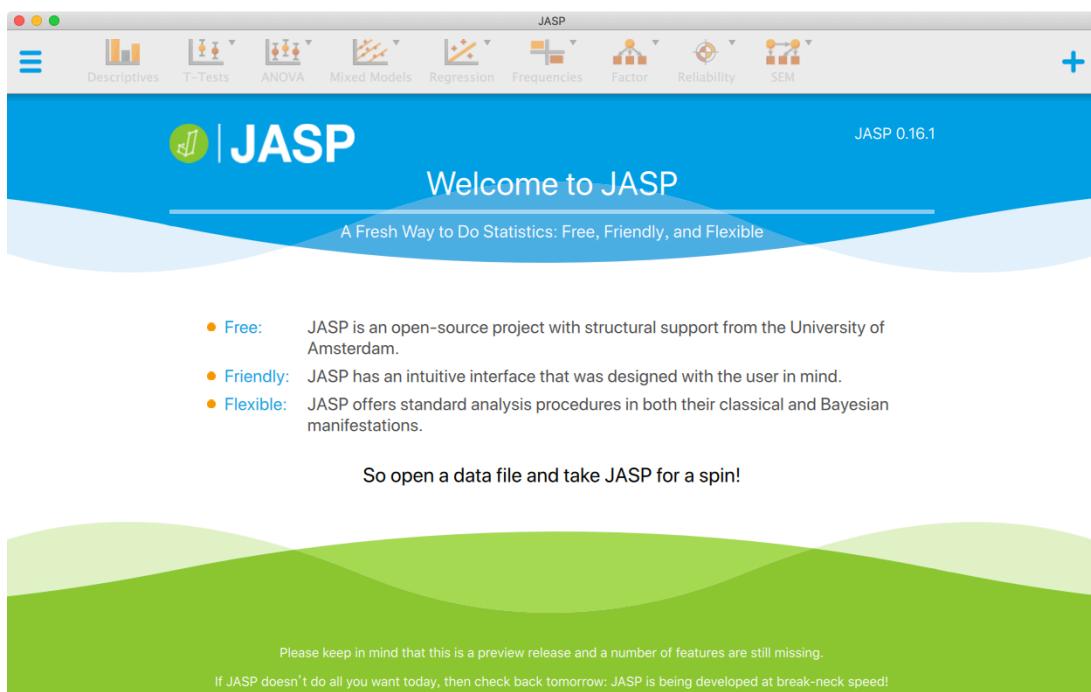


用 JASP 輕鬆學 SEM：從基礎到應用



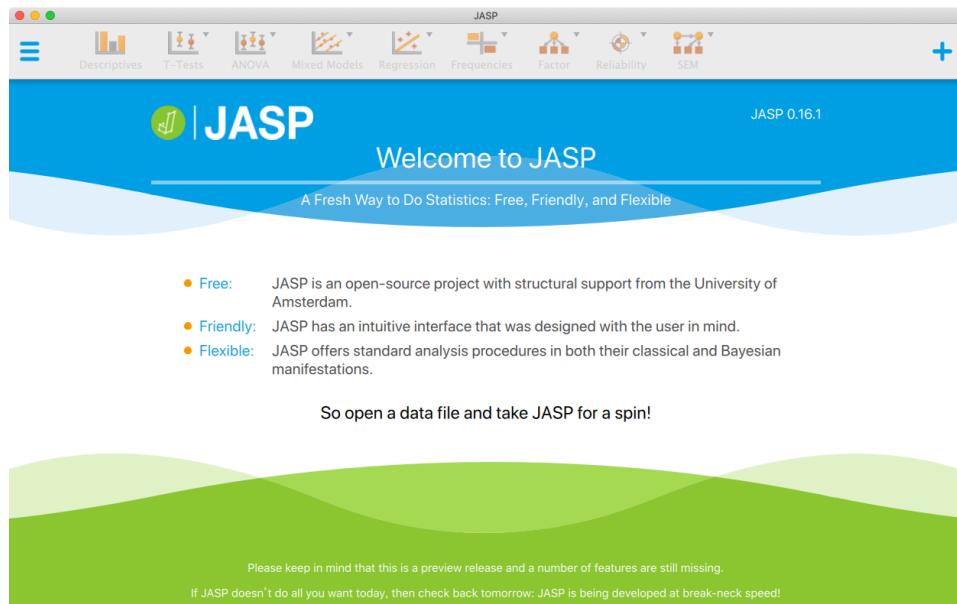
經營管理研究所：戴忠淵

中華民國 111 年 3 月

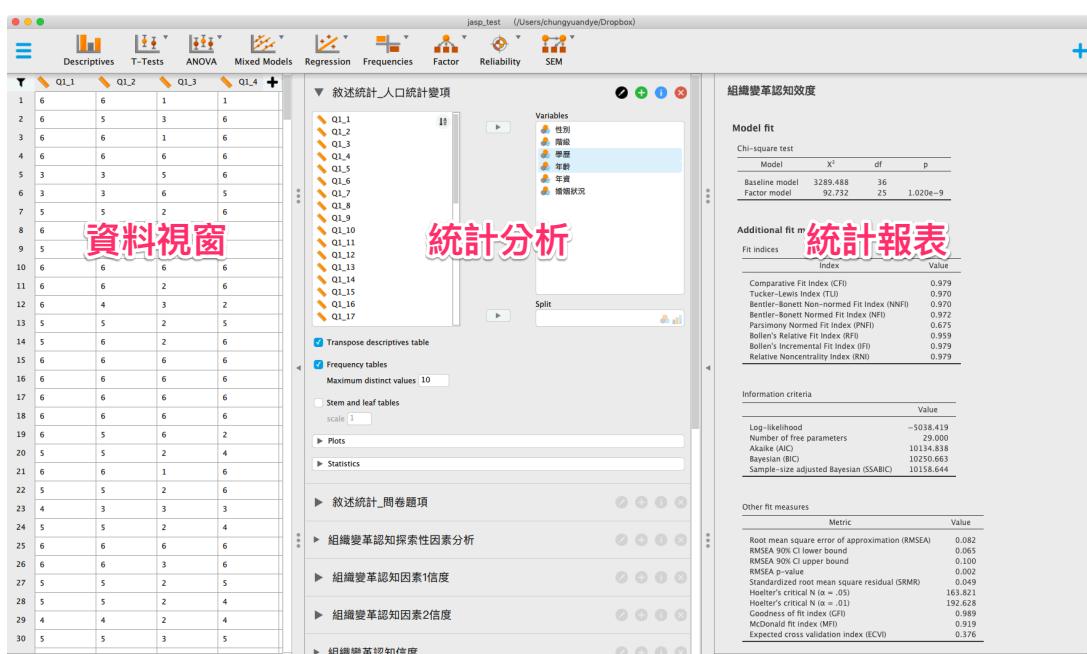
目 錄

1	關於本教材	1
2	基礎統計	3
2.1	敘述統計	3
2.1.1	類別變項敘述統計	3
2.1.2	連續變項敘述統計	3
2.2	兩獨立樣本平均數比較	5
2.3	變異數分析	7
2.4	相關與迴歸	9
3	因素分析	12
3.1	探索性因素分析	12
3.1.1	組織變革認知探索性因素分析	12
3.1.2	生涯規劃探索性因素分析	15
3.2	信度分析	17
3.2.1	組織變革認知信度分析	18
3.2.2	生涯規劃信度分析	19
3.3	驗證性因素分析	21
3.3.1	組織變革認知量表驗證性因素分析	22
3.3.1.1	模式估計	22
3.3.1.2	模式修正	23
3.3.1.3	競爭模式	28
3.3.1.4	群組比較	31
3.3.2	生涯規劃量表驗證性因素分析	35
4	結構方程式模型	40

關於本教材



目前，市面上可以執行 SEM 統計分析的軟體很多，例如：LISREL、Amos、Mplus、Stat 及 R，然而多數屬商業軟體。R 雖然是開源軟體，且能透過相關的 package 執行 SEM 的分析，例如 lavaan, psych，但其學習曲線陡峭，導致多數學生裹足不前。



JASP統計軟體是由阿姆斯特丹大學 Eric-Jan Wagenmakers 教授領導的團隊，以 R 為核心所開發的免費開源統計軟體，主要應用於心理及統計分析，相關的分析模組包含：平均數比較、實驗設計、

迴歸與相關分析、探索性因素分析、驗證性因素分析、結構方程式、機械學習、神經網路等。由於其設計理念為讓用戶熟悉並易於使用，故幾乎所有的分析模組都已視窗化，僅需要懂得相關的統計理論即可輕易上手。有關 JASP 統計軟體的詳細說明可到官方網站參閱，<https://jasp-stats.org/>。JASP 統計軟體亦可由網站免費下載：<https://jasp-stats.org/download/>。

本年度統計分析教材以 JASP 統計軟體為主，除了是免費開源外，該軟體以視窗的為主，學生只要能了解課堂上講授的統計理論，即可輕易執行上手。此外，JASP 統計軟體所產生的報表及圖形皆以 APA 格式輸出，學生也能因此免除在茫茫報表中重新整理資料、繪製圖形，簡化發表研究成果及撰寫論文的流程。本教材相關檔案、資料檔及未來更新維護皆可由下列網址下載：<https://github.com/chungyuandye/JASP->。

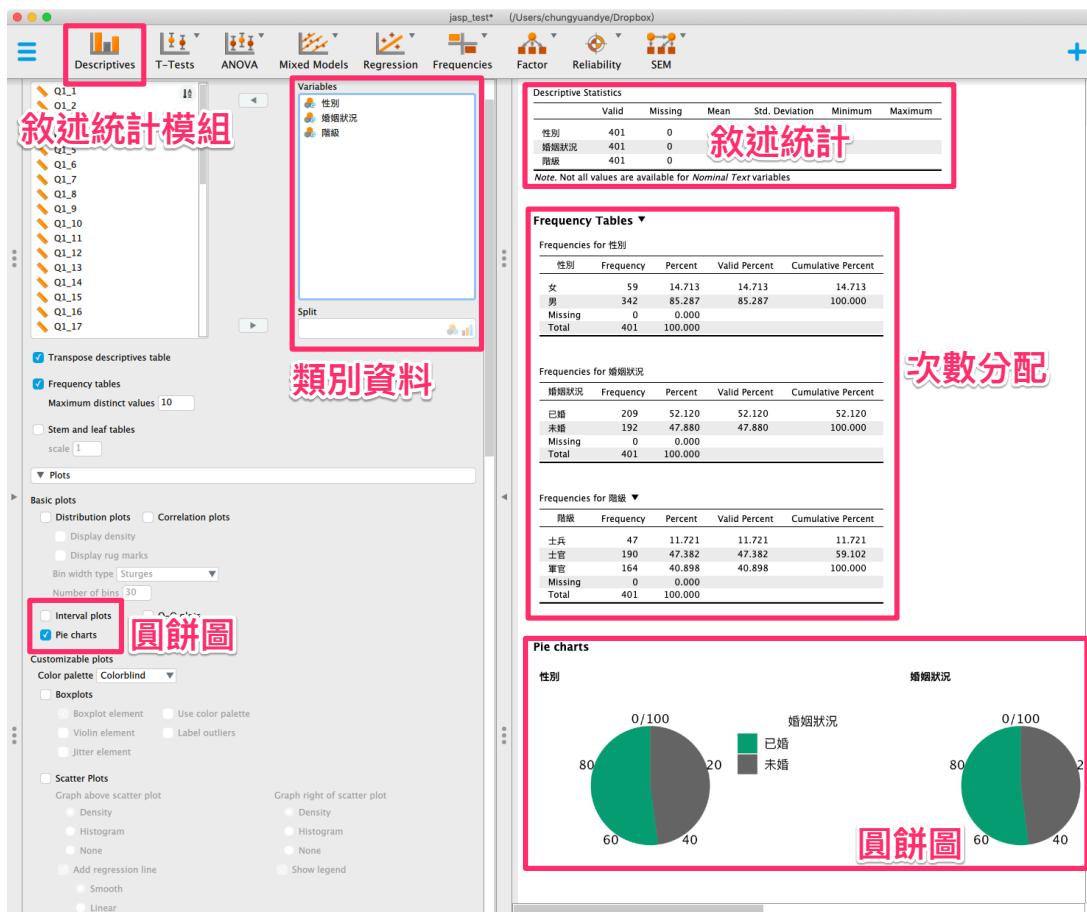
基礎統計

2.1 敘述統計

JASP 在敘述統計分析模組中，提供基本常見的統計報表，例如：次數分配表、直方圖、長條圖及各式的樣本統計量。

2.1.1 類別變項敘述統計

當資料屬類別資料時，選擇『Transpose descriptives tables』、『Frequency Tables』，『Pie chats』，則可輸出各變項的次數分析及圓餅圖。



2.1.2 連續變項敘述統計

當資料屬連續資料時，選擇『Transpose descriptives tables』可提供各變項基本的敘述統計量數，例如：平均數、標準差、偏態係數、峰態係數及 Shapiro-Wilk 統計量。另一方面，圖形方便則可選

擇輸出各變項的直方圖、盒型圖及散佈圖。

The screenshot shows the SPSS Statistics interface with several windows open, demonstrating how to generate descriptive statistics and plots.

Top Left Window (Descriptives):

- Variables:** Q1_1, Q1_2, Q1_3, Q1_4, Q1_5, Q1_6, Q1_7, Q1_8, Q1_9, Q1_10, Q1_11, Q1_12, Q1_13, Q1_14, Q1_15, Q1_16, Q1_17, Q11, Q12, Q21, Q22, Q23, Q24.
- Plots Section:**
 - Basic plots:** Distribution plots (selected), Correlation plots, Display density, Display dug marks, Bin width type: Sturges, Number of bins: 30.
 - Customizable plots:** Boxplots (selected), Boxplot element (selected), Use color palette, Violin element, Label outliers, Jitter element.
 - Scatter Plots:** Graph above scatter plot (Density selected), Graph right of scatter plot (Density selected), Density, Histogram, None, Add regression line.
- Checkboxes:** Transpose descriptives table, Frequency tables, Stem and leaf tables.

Top Right Window (敘述統計量):

Descriptive Statistics:

	Valid	Missing	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Q11	401	0	4.400	1.329	1.000	6.000
Q12	401	0	4.094	1.385	1.000	6.000
Q21	401	0	5.116	0.868	1.000	6.000
Q22	401	0	4.801	0.927	1.000	6.000
Q23	401	0	4.765	1.077	1.000	6.000
Q24	401	0	4.948	0.971	1.000	6.000

Distribution Plots:

- Q11:** Histogram with density curve.
- Q12:** Histogram with density curve.
- Q21:** Histogram with density curve.

Bottom Left Window (常用的敘述統計量):

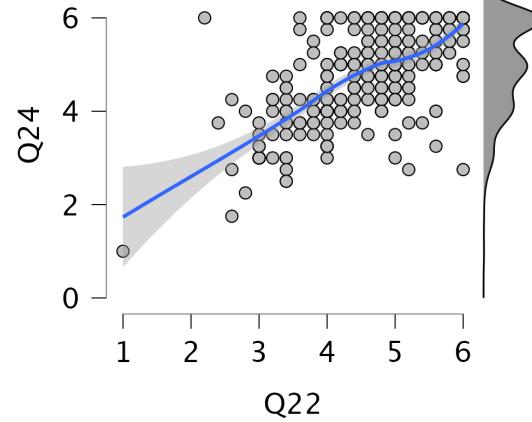
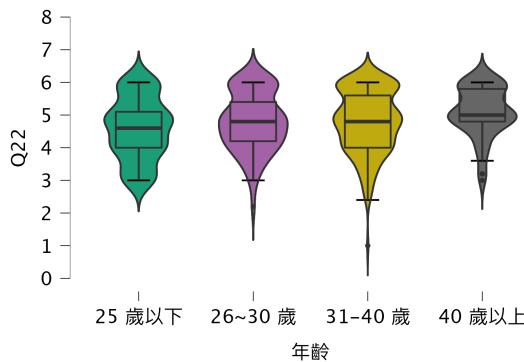
Statistics Section:

- Sample Size:** Valid (selected), Missing.
- Quantiles:** Quartiles, Cut points for: 4 equal groups, Percentiles: 100.
- Distribution:** Skewness, Kurtosis, Shapiro-Wilk test, Sum.
- Central Tendency:** Mode, Median, Mean.
- Dispersion:** S.E. mean, Std. deviation (selected), Coefficient of variation, MAD, MAD robust, Variance, Range, Minimum, Maximum.

Bottom Right Window (Boxplots):

Boxplots: Boxplot for Q1_4.

Histograms: Counts vs Q1_4 and Q1_5.

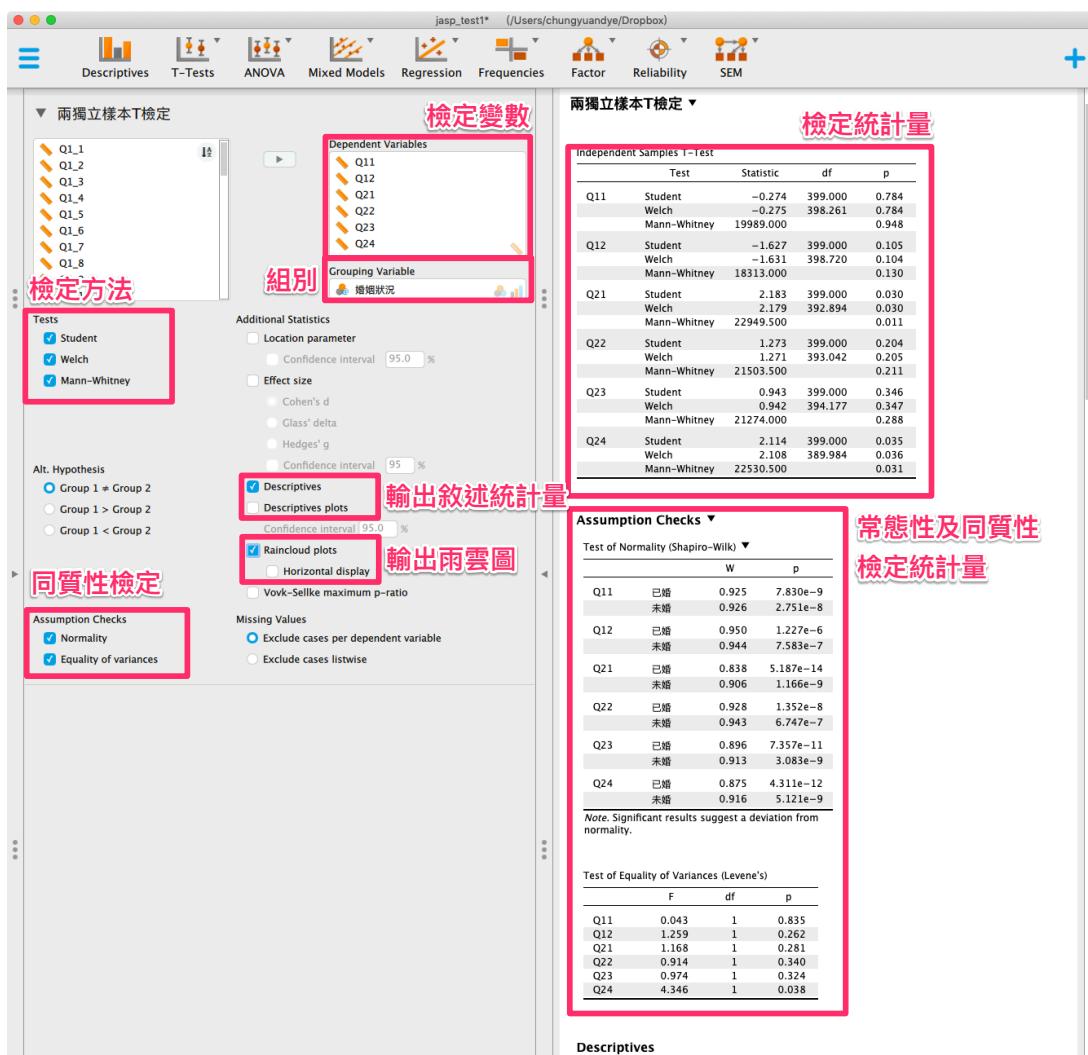


2.2 兩獨立樣本平均數比較

獨立樣本平均數比較其目的是用來比較兩組獨立的觀察值的平均數是否有所差異。理論上，這個檢定的樣本隨機指派給兩個小組，藉以降低實驗誤差。JASP 統計軟體提供簡單的操作介面，操作方式如下圖：

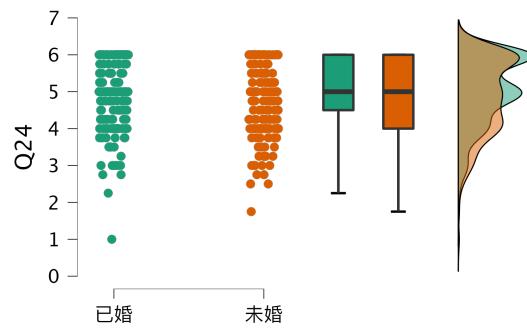
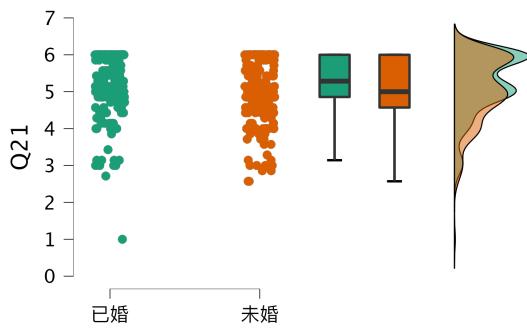
	Group	N	Mean	SD	SE
Q11	已婚	209	4.383	1.357	0.094
	未婚	192	4.419	1.301	0.094
Q12	已婚	209	3.987	1.421	0.098
	未婚	192	4.211	1.340	0.097
Q21	已婚	209	5.206	0.847	0.059
	未婚	192	5.018	0.882	0.064
Q22	已婚	209	4.857	0.909	0.063
	未婚	192	4.740	0.944	0.068
Q23	已婚	209	4.813	1.064	0.074
	未婚	192	4.712	1.092	0.079
Q24	已婚	209	5.045	0.935	0.065
	未婚	192	4.841	1.000	0.072

由於 Q24 的檢定結果提示不符合同質性假設，故點選輸出常態性和同質性假設。



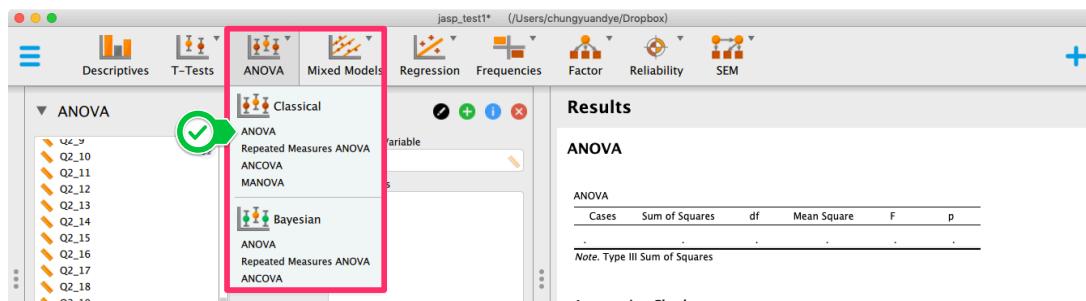
Student 檢定假設資料必須為常態母體且變異數相等，而 Welch 檢定統計量僅需常態性假設，上圖中由於檢定結果顯示資料不符合常態性，但考量各組樣本均接近 200 皆為大樣本，故可以 Student 和 Welch 分別對 Q11、Q12、Q21、Q22、Q23（變異數相等、Student）及 Q24（變異數不相等、Welch）檢定。另外，倘若資料樣本數低且不符合常態性假設，則 Mann-Whitney 檢定統計量可能會比較適切。

	Group	N	Mean	SD	SE
Q11	已婚	209	4.383	1.357	0.094
	未婚	192	4.419	1.301	0.094
Q12	已婚	209	3.987	1.421	0.098
	未婚	192	4.211	1.340	0.097
Q21	已婚	209	5.206	0.847	0.059
	未婚	192	5.018	0.882	0.064
Q22	已婚	209	4.857	0.909	0.063
	未婚	192	4.740	0.944	0.068
Q23	已婚	209	4.813	1.064	0.074
	未婚	192	4.712	1.092	0.079
Q24	已婚	209	5.045	0.935	0.065
	未婚	192	4.841	1.000	0.072

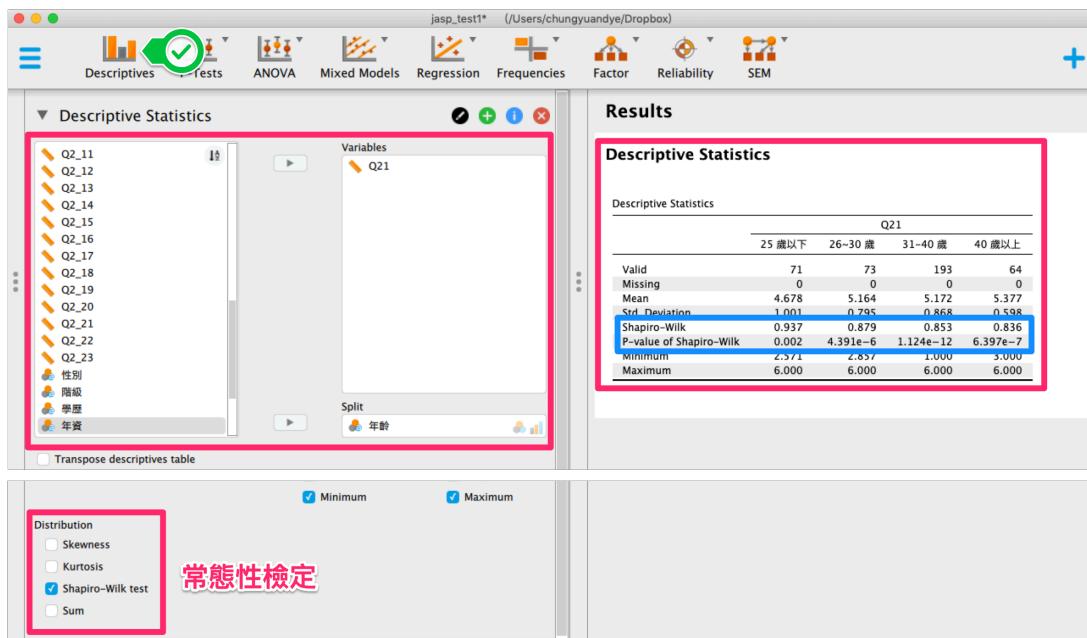


2.3 變異數分析

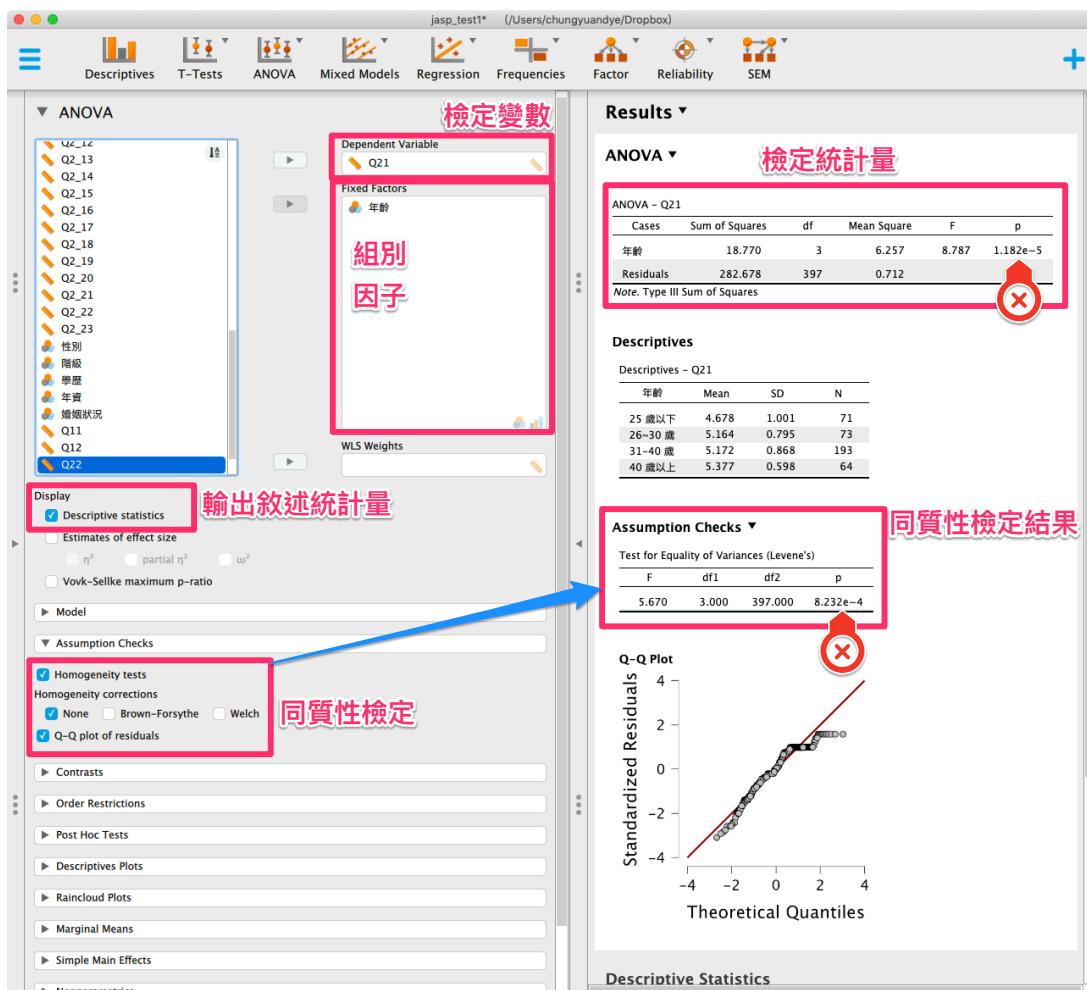
變異數分析是探討一個反應變數 (response variable) 與一個或多個解釋變數 (explanatory variable) 之間的統計關係，其中反應變數是屬量變數，解釋變數是屬質 (類別) 變數。例如：多個不同品種小麥的平均產量是否相同 (平均產量是屬量變數，小麥品種是屬質變數)、多種不同廠牌的汽車平均每加侖可以行駛的哩程數是否不同 (每加侖可以行駛的哩程數是屬量變數，不同廠牌的汽車是屬質變數)。而探討解釋變數是否造成反應變數之變異來源的統計方法，稱為變異數分析。JASP 統計軟體的操作方式如下：



在固定因子的欄位中若指選擇單一固定因子則為單因子變異數分析，若有兩個固定因子則為多因子變異數分析，除了可以檢定主效果外，模式亦可設定交互效果的模式。由於 JASP 統計軟體在 ANOVA 中假設驗證為以殘差 Q-Q 圖取代常態性 Shapiro-Wilk Test，若愈輸出變數讀常態性 Shapiro-Wilk Test 結果，可由敘述統計量模組輸出，如下圖：

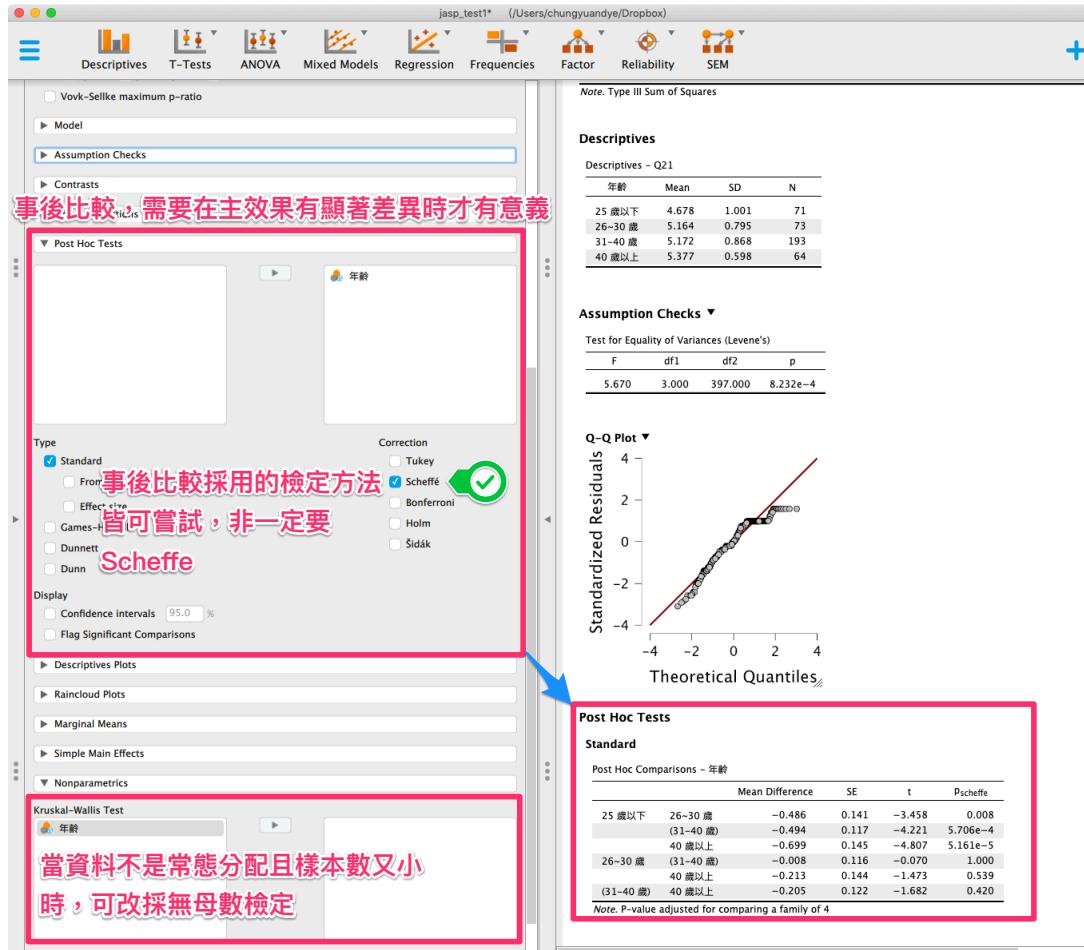


由上圖輸出結果可知，變數 Q21 在年齡的四個組別的 Shapiro-Wilk Test 均不棄卻虛無假設，故不違反常態性假設，可進行變異數分析，JASP 統計軟體設定如下圖：



由上圖輸出結果可知，同質性假設並不成立，故可改以 Brown-Forsythe 或 Welch 檢定取代，其輸出的檢定結果如下表。由於 Brown-Forsythe 和 Welch 的檢定統計量均棄卻虛無假設，故可推論年齡層不同其平均數也會有所差異，可進行多重事後比較，設定如下圖。

Homogeneity Correction	Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
None	年齡	18.770	3.000	6.257	8.787	$1.182e - 5$
	Residuals	282.678	397.000	0.712		
Brown-Forsythe	年齡	18.770	3.000	6.257	9.238	$7.855e - 6$
	Residuals	282.678	263.882	1.071		
Welch	年齡	18.770	3.000	6.257	8.212	$3.975e - 5$
	Residuals	282.678	165.198	1.711		



2.4 相關與迴歸

日常生活中，有許多現象之間都有著相互的關聯，例如：身高與體重或父母與子女的身高。在這些關係中，它們之間關聯的程度不同，密切性也不同。甚至有些關係，我們只能夠說兩者之間相互影響，但究竟如何影響、誰是因誰是果，甚至於沒有因果而只是簡單的伴隨關係，我們就可以使用相關與迴歸分析來研究和解釋兩個變量之間的相互關係。

JASP 統計軟體在相關分析中提供常用的三種相關係數：

1. Pearson correlation coefficient：假設資料為多元常態分配，衡量兩屬量變數間的直線關係強弱的指標，介於 ± 1 之間，其絕對值越高，表示兩變數直線關係越高。
2. Spearman's rank correlation coefficient：不需資料是常態分配的假設，衡量兩變數（順序、等級、比率尺度）等級相關係數。
3. Kendall's tau-b：不需資料是常態分配的假設，衡量兩順序尺度變數相關係數。

JASP 統計軟體在相關分析操作方式如下：

Correlation

Variables: Q1_1, Q1_2, Q1_3, Q1_4, Q1_5, Q1_6, Q1_7, Q1_8, Q1_9, Q1_10

Sample Correlation Coefficient: Pearson's r

Additional Options: Display pairwise, Report significance, Flag significant correlations

Plots: Scatter plots, Densities for variables, Statistics, Confidence intervals, Prediction intervals, Heatmap

Assumption Checks: Multivariate Normality (Shapiro), Pairwise Normality (Shapiro)

Correlation Results:

Variable	Q11	Q12	Q21	Q22	Q23	Q24
1. Q11	Pearson's r	—				
2. Q12	Pearson's r	0.479***	—			
3. Q21	Pearson's r	0.255***	0.190***	—		
4. Q22	Pearson's r	0.380***	0.296***	0.712***	—	
5. Q23	Pearson's r	0.420***	0.404***	0.609***	0.575***	—
6. Q24	Pearson's r	0.258***	0.298***	0.829***	0.724***	0.647***

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

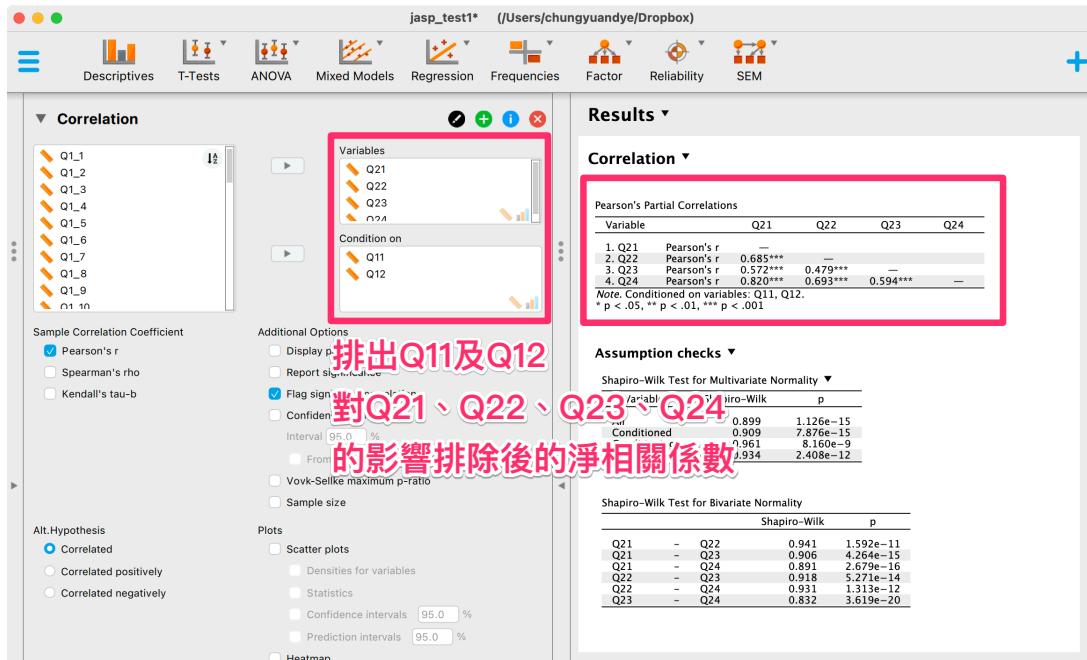
由上圖可發現，Q11、Q12、Q21、Q22、Q23、Q24 並非多元常態分配，即使任意兩變數亦非二元常態分配，故可改用 Spearman's rank correlation coefficient 或 Kendall's tau-b 來衡量變數兼相關係數，執行後報表如下。由輸出結果可知，Q11、Q12、Q21、Q22、Q23、Q24 六個變數間兩兩均具有顯著正相關。

Variable	Q11	Q12	Q21	Q22	Q23	Q24
1. Q11	Pearson's r	—				
	Spearman's rho	—				
	Kendall's Tau B	—				
2. Q12	Pearson's r	0.479***	—			
	Spearman's rho	0.480***	—			
	Kendall's Tau B	0.373***	—			
3. Q21	Pearson's r	0.255***	0.190***	—		
	Spearman's rho	0.300***	0.252***	—		
	Kendall's Tau B	0.235***	0.203***	—		
4. Q22	Pearson's r	0.380***	0.296***	0.712***	—	
	Spearman's rho	0.408***	0.350***	0.696***	—	
	Kendall's Tau B	0.316***	0.267***	0.564***	—	
5. Q23	Pearson's r	0.420***	0.404***	0.609***	0.575***	—
	Spearman's rho	0.420***	0.414***	0.652***	0.610***	—
	Kendall's Tau B	0.334***	0.330***	0.554***	0.499***	—
6. Q24	Pearson's r	0.258***	0.298***	0.829***	0.724***	0.647***
	Spearman's rho	0.295***	0.342***	0.820***	0.706***	0.682***
	Kendall's Tau B	0.228***	0.273***	0.696***	0.589***	0.585***

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

此外，當兩個變項之間的關係，是由其他變項所造成的，若想要觀察該兩變項真正的相關程度，

則必須先將其他變項的影響排除後，此相關係數則稱為淨相關，下圖即為將排出 Q11 及 Q12 對 Q21、Q22、Q23、Q24 的影響排除後 Q21、Q22、Q23、Q24 的淨相關係數。



因素分析

主成分分析的目的在建立一組可觀測變項之線性組合，使得經線性轉換後的新變項能解釋這些變項之總變異之大部分。而因素分析則是希望在一群具有相關性且難以解釋的資料中，找出幾個概念上有意義的，並且彼此之間近於獨立的可以影響原始資料的共同因素，使盡可能再製原共變異數矩陣。因素分析幾乎是研究生撰寫論文時最常用來進行信效度分析的統計方法，其主要目的為找出一組變項背後共同潛在變項 (latent variable)，故因素分析可視為降低維度的一種統計方法。

而因素分析又區分為探索性因素分析 (Exploratory Factor Analysis, EFA) 與驗證性因素分析 (Confirmatory Factor Analysis, CFA) 兩種。探索性因素分析主要的目的在於重新探索量表的因素結構，包含的因素個數，以及因素與每個觀察變項間的關係，作為題項歸類及命名的依據。因此，研究者在進行量表編制，或是因採用量表年代久遠、或因研究對象屬性不同，而認定因素結構和原本量表有所不同時，都需先經由探索性因素分析重新探索因素結構。相對於探索性因素分析在於重新探索資料的因素結構，驗證性因素分析其目的則是驗證根據理論所建立的因素結構，是否能用以還原所蒐集樣本資料的原始結構。

JASP 在因素分析中提供探索性因素分析 (Exploratory Factor Analysis, EFA) 與驗證性因素分析 (Confirmatory Factor Analysis, CFA) 兩種模組，不僅操作簡單，且功能齊全。

3.1 探索性因素分析

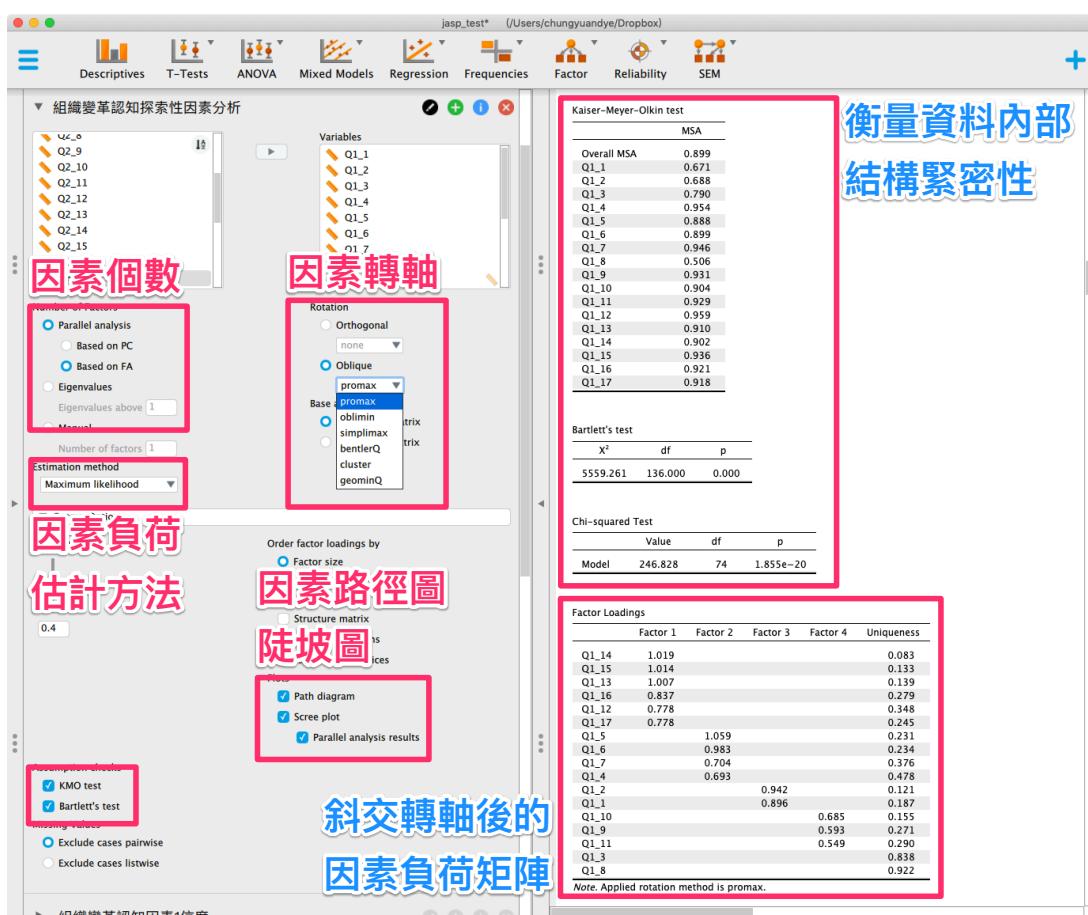
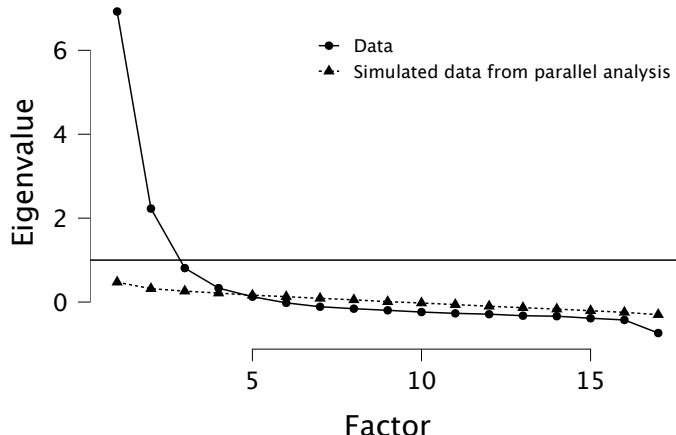
探索性因素分析是希望能夠尋求一組觀測資料之精簡描述，也就是希望能以較少的因素來解釋原始資料的變異量。因此，重點在於要如何決定因素個數。目前，因素個數的決定方法有：

1. **Kaiser criterion**：即因素個數為特徵值 (Eigenvalues) 大於 1 的個數，缺點是常常取過多或過少的因素個數。
2. **Scree plot**：將特徵值由大至小排列畫成陡坡圖，並選取開始變平緩的點所對應的個數，缺點是過於主觀。
3. **Parallel analysis**：平行分析為 John L. Horn 於 1965 年首先提出，目的在修正以特徵值大於一的個數決定因素數目的方法。該方法以 Monte-Carlo 法模擬多組與原始數據結構相同的隨機矩陣，求出其特徵值並進行平均，最後再與真實數據的特徵值進行比對，根據交叉點的位置來選擇因素個數。

3.1.1 組織變革認知探索性因素分析

JASP 統計軟體在探索性因素分析中預設以較為先進的平行分析計算因素個數，再進行斜交轉軸，取得最終的因素負荷矩陣。組織變革認知構面經由 JASP 統計軟體探索性因素分析中陡坡圖的

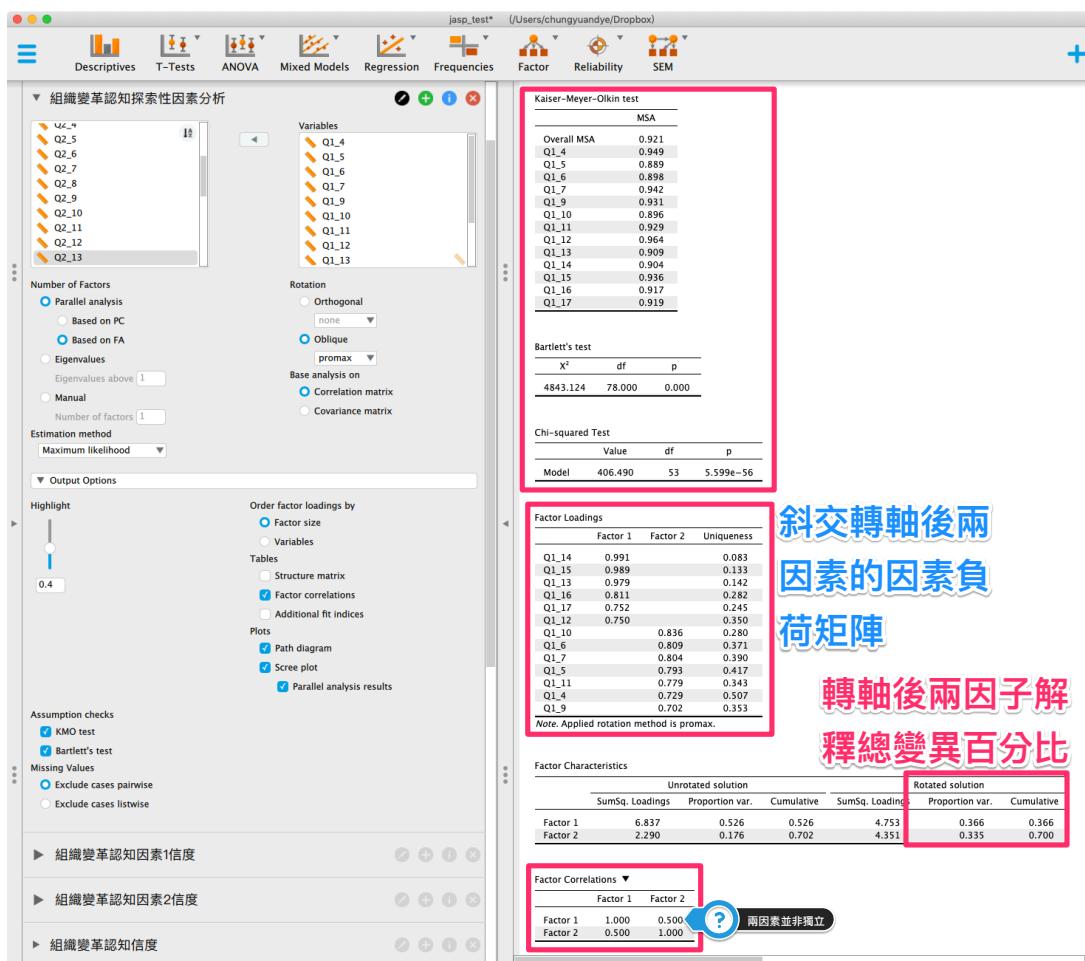
輸出可發現，真實資料陡坡圖與隨機矩陣的陡坡圖在 5 的時候相交，故由平行分析法可得因素個數為 4。

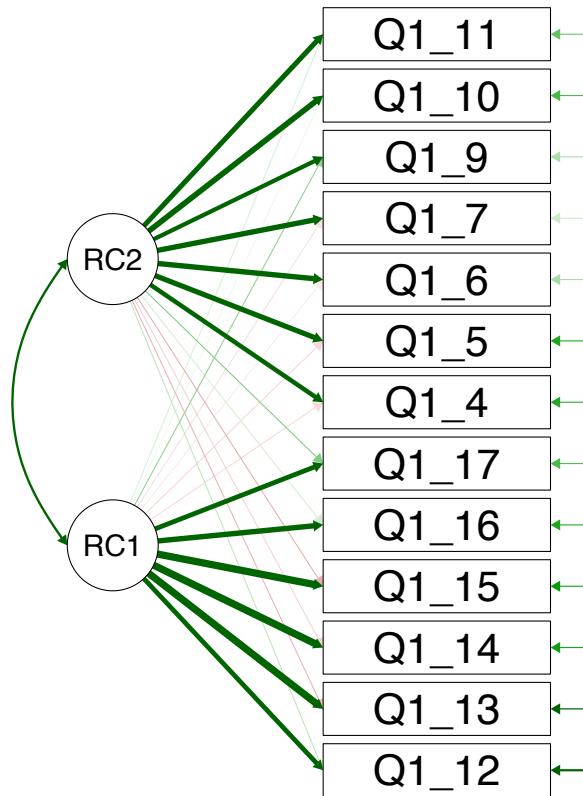


由上圖可發現， $KMO = 0.899$ 且 Bartlett's 球形檢定棄卻虛無假設，表示資料內部結構緊密，可以進行因素分析。同時，卡方檢定表顯示 $p\text{-value} < 0.05$ ，表示至少存在 4 個共同因素。此外，可以發現題項 Q1_3 及 Q1_8 之因素負荷並未顯示，表示其因素負荷值均低於 0.4，即此四個共同因素並無法反應此兩個題項，故可將兩題項刪除。再將題項 Q1_3 及 Q1_8 刪除後，所得新的轉軸後因素負荷如下：

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Uniqueness
Q1_14	0.996				0.082
Q1_15	0.992				0.133
Q1_13	0.988				0.140
Q1_16	0.797				0.280
Q1_17	0.741				0.246
Q1_12	0.739				0.347
Q1_5		0.998			0.223
Q1_6		0.896			0.240
Q1_4		0.617			0.479
Q1_7		0.612			0.377
Q1_10			0.914		0.147
Q1_9			0.776		0.277
Q1_11			0.737		0.292
Q1_2				0.944	0.122
Q1_1				0.915	0.188

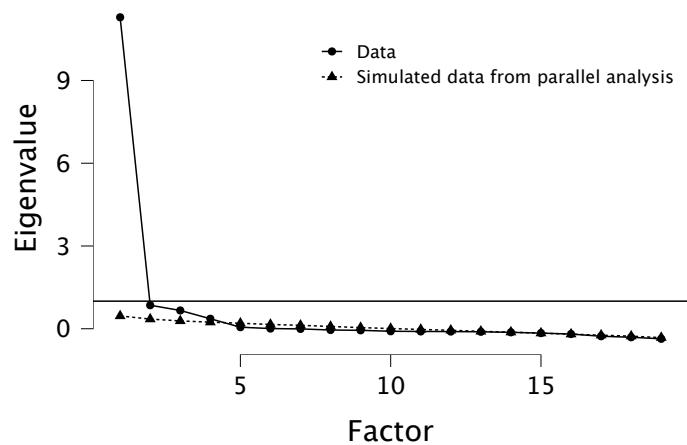
由上表可發現因素 4 僅包含兩題項，在驗證性因素分析中屬不足辨識 (underidentified)，表示參數估計並無法收斂得到唯一解，故再將題項 Q1_1 及 Q1_2 刪除重新進行因素分析，所得新的轉軸後因素負荷如下。組織變革認知量表在進行因素分析後萃取兩概念，共解釋全部變異的 70%，相關的因素路徑圖可藉由 path diagram 輸出如下圖。

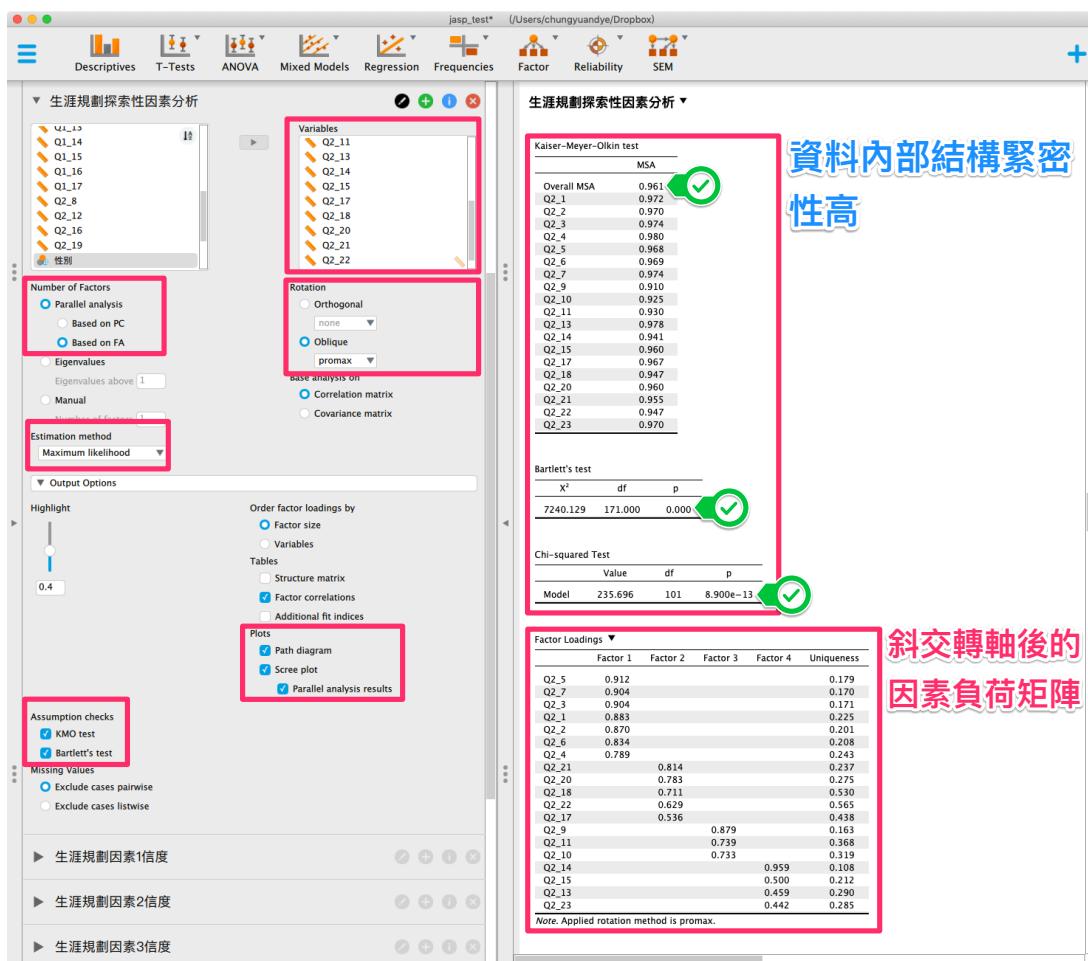




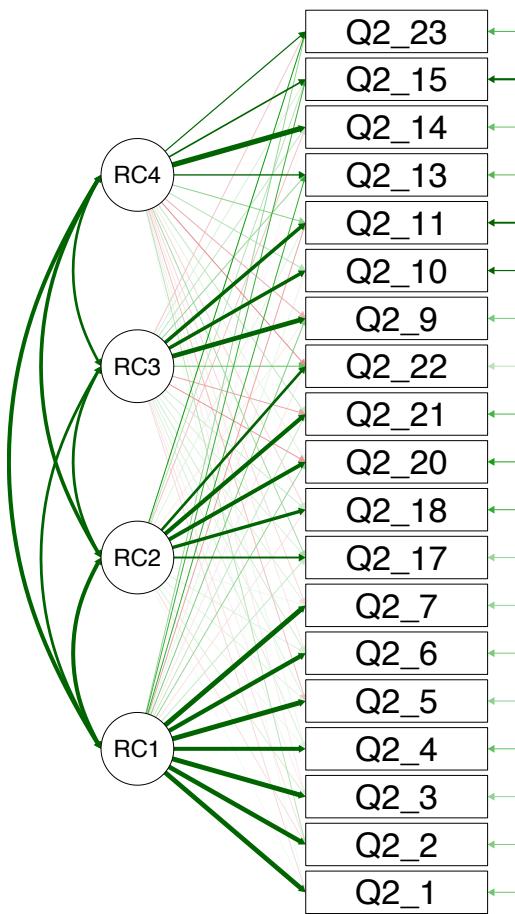
3.1.2 生涯規劃探索性因素分析

利用相同的流程，生涯規劃構面經由陡坡圖的輸出可發現，真實資料陡坡圖與隨機矩陣的陡坡圖在 5 的時候相交，故由平行分析法可得因素個數為 4。





由於 $KMO = 0.961$ 且 Bartlett's 球形檢定棄卻虛無假設，表示資料內部結構緊密，可以進行因素分析。同時，卡方檢定表顯示 $p\text{-value} < 0.05$ ，表示至少存在 4 個共同因素。此外，由轉軸後因素負荷可發現各因素的因素負荷均高於 0.4，且各因素均包含至少 3 個題項及無交叉負荷 (cross loading) 情況，生涯規劃量表在進行因素分析後萃取四概念，共解釋全部變異的 72.7%，相關的因素路徑圖可藉由 path diagram 輸出如下圖。



3.2 信度分析

信度 (Reliability) 是指研究者所使用測量工具的穩定程度 (stability) 及能否測量單一概念，同時反映組成題項之內部一致性程度 (consistency)。過去，Cronbach's α 一直是心理與社會科學研究中最常用來衡量測驗可靠性的方法，藉由一簡單的公式來計算真實信度的下界，作為測量工具的內部一致性的衡量指標。然而，Cronbach's α 需要非常嚴格的假設才有辦法成立，例如：同質性或單一向度。因此，Cronbach's α 不是內部一致性良好的的衡量指標。由於 Cronbach's α 在實際應用上得限制，McDonald (1978) 利用因素分析所得的因素負荷量作建立得信度估計值 ω ，不需同質性假設，則是近年來多數學者建議得取代方案。

3.2.1 組織變革認知信度分析

JASP 統計軟體在信度分析中預設以適用性較為廣泛的 McDonald's ω 作為信度得衡量指標，其中也包含 Cronbach's α 及其他常見的 Guttman's λ_2 及 λ_6 。利用 JASP 統計軟體，分別對組織變革認知進行因素 1、因素 2 及整體構面分別進行信度分析，步驟如下：

The screenshot shows the JASP interface with the 'Reliability' module selected. It displays two separate analyses: one for Factor 1 and one for Factor 2.

Factor 1 Analysis:

- Variables:** Q1_1, Q1_2, Q1_3, Q1_8, Q1_12, Q1_13, Q1_14, Q1_15, Q1_16, Q1_17, Q2_1, Q2_2, Q2_3, Q2_4, Q2_5, Q2_6, Q2_7.
- Analysis Options:** Scale Statistics (checked for Confidence Interval, McDonald's ω , Cronbach's α , Guttman's λ_2 , Guttman's λ_6 , Greatest lower bound, Average interitem correlation, Mean, SD, of participants' sum scores, of participants' mean scores) and Individual Item Statistics (checked for McDonald's ω (if item dropped), Cronbach's α (if item dropped), Guttman's λ_2 (if item dropped), Guttman's λ_6 (if item dropped), Greatest lower bound (if item dropped), Item-rest correlation, Mean, Standard deviation).
- Results:**
 - 组织变革認知因素1信度** (Factor 1 Reliability):

	Estimate	McDonald's ω	Cronbach's α
Point estimate	0.918	0.917	
95% CI lower bound	0.905	0.904	
95% CI upper bound	0.930	0.929	

 Two green checkmarks are shown next to the 'Point estimate' and '95% CI upper bound' rows.
 - 组织变革認知因素1信度** (Factor 1 Individual Item Reliability Statistics):

Item	If item dropped		Item-rest correlation	mean	sd
	McDonald's ω	Cronbach's α			
Q1_4	0.912	0.912	0.677	4.474	1.530
Q1_5	0.906	0.906	0.735	4.324	1.598
Q1_6	0.902	0.902	0.771	4.618	1.453
Q1_7	0.903	0.904	0.754	4.728	1.426
Q1_9	0.906	0.906	0.732	4.367	1.536
Q1_10	0.899	0.899	0.796	4.329	1.572
Q1_11	0.904	0.904	0.756	4.177	1.575

 Two green checkmarks are shown next to the 'Item-rest correlation' column header and the 'Q1_4' row.
 - 组织变革認知因素1信度** (Factor 1 Item-rest correlation):

幾乎皆高相關 (Most items have high correlations)

Factor 2 Analysis:

- Variables:** Q1_1, Q1_2, Q1_3, Q1_4, Q1_5, Q1_6, Q1_7, Q1_8, Q1_9, Q1_10, Q1_11, Q1_12, Q1_13, Q1_14, Q1_15, Q1_16, Q1_17, Q2_1, Q2_2, Q2_3, Q2_4, Q2_5, Q2_6.
- Analysis Options:** Scale Statistics (checked for Confidence Interval, McDonald's ω , Cronbach's α , Guttman's λ_2 , Guttman's λ_6 , Greatest lower bound, Average interitem correlation, Mean, SD, of participants' sum scores, of participants' mean scores) and Individual Item Statistics (checked for McDonald's ω (if item dropped), Cronbach's α (if item dropped), Guttman's λ_2 (if item dropped), Guttman's λ_6 (if item dropped), Greatest lower bound (if item dropped), Item-rest correlation, Mean, Standard deviation).
- Results:**
 - 组织变革認知因素2信度** (Factor 2 Reliability Statistics):

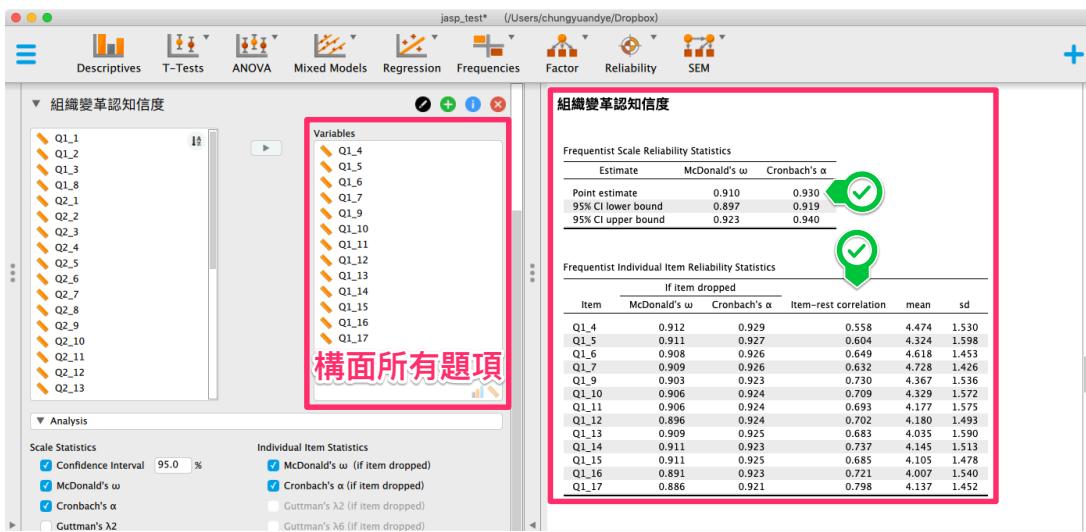
	Estimate	McDonald's ω	Cronbach's α
Point estimate	0.910	0.930	
95% CI lower bound	0.897	0.919	
95% CI upper bound	0.933	0.940	

 Two green checkmarks are shown next to the 'Point estimate' and '95% CI upper bound' rows.
 - 组织变革認知因素2信度** (Factor 2 Individual Item Reliability Statistics):

Item	If item dropped		Item-rest correlation	mean	sd
	McDonald's ω	Cronbach's α			
Q1_12	0.955	0.955	0.779	4.180	1.493
Q1_13	0.944	0.944	0.881	4.035	1.590
Q1_14	0.940	0.939	0.920	4.145	1.513
Q1_15	0.943	0.943	0.894	4.105	1.478
Q1_16	0.950	0.949	0.836	4.007	1.540
Q1_17	0.949	0.948	0.848	4.137	1.452

 Two green checkmarks are shown next to the 'Item-rest correlation' column header and the 'Q1_12' row.
 - 组织变革認知因素2信度** (Factor 2 Item-rest correlation):

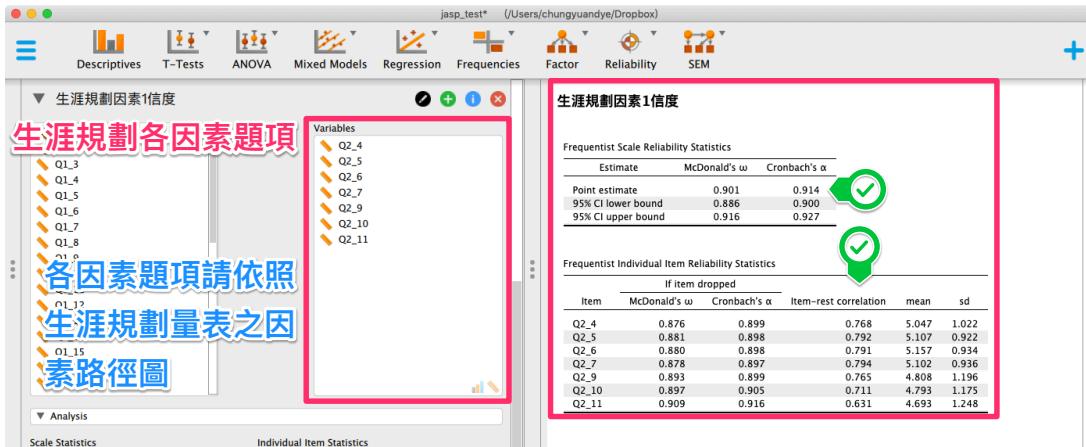
該題項與排除該題項總分之相關數 (Correlation between item and total score when item is removed)



由輸出結果可發現，因素 1、因素 2 及整體構面之 McDonald's ω 分別為 0.918、0.913 及 0.910；Cronbach's α 分別為 0.917、0.955 及 0.930。此外，題項與排除該題項總分相關係數均在 0.2- 0.9 之間 (Fitzpatrick, Davey, Buxton, & Jones, 1998; Hobart et al., 2001)，顯示此份量表中的題項均具有高程度的內部一致性。

3.2.2 生涯規劃信度分析

由於生涯規劃量表依上一節探索性因素分析萃取得 4 個因素，各因素及整體構面信度分析可依下圖步驟分別進行：



由輸出結果可發現，因素 1、因素 2、因素 3、因素 4 及整體構面之 McDonald's ω 分別為 0.901、0.913、0.808、0.918 及 0.965；Cronbach's α 分別為 0.914、0.911、0.802、0.917 及 0.966。此外，題項與排除該題項總分相關係數均在 0.2- 0.9 之間，顯示此份量表中的題項均具有高程度的內部一致性。此外，必須注意的是『生涯規劃因素 3 信度』中 McDonald's ω 在『If item dropped』中出現 NaN，其原因為生涯規劃因素 3 僅包含 3 題項，若再刪除一個題性，則在驗證性因素分析中屬不足辨識 (underidentified)，表示參數估計並無法收斂得到唯一解，故以 NaN 表示。

生涯規劃因素 1 信度

Frequentist Scale Reliability Statistics

Estimate	McDonald's ω	Cronbach's α
Point estimate	0.901	0.914
95% CI lower bound	0.886	0.903
95% CI upper bound	0.916	0.927

Frequentist Individual Item Reliability Statistics

If item dropped					
Item	McDonald's ω	Cronbach's α	Item-rest correlation	mean	sd
Q2_4	0.876	0.899	0.768	5.047	1.022
Q2_5	0.881	0.898	0.792	5.107	0.922
Q2_6	0.88	0.898	0.791	5.157	0.934
Q2_7	0.878	0.897	0.794	5.102	0.936
Q2_9	0.893	0.899	0.765	4.808	1.196
Q2_10	0.897	0.905	0.711	4.793	1.175
Q2_11	0.909	0.916	0.631	4.693	1.248

生涯規劃因素 2 信度

Frequentist Scale Reliability Statistics

Estimate	McDonald's ω	Cronbach's α
Point estimate	0.913	0.911
95% CI lower bound	0.899	0.897
95% CI upper bound	0.926	0.924

Frequentist Individual Item Reliability Statistics

If item dropped					
Item	McDonald's ω	Cronbach's α	Item-rest correlation	mean	sd
Q2_12	0.896	0.894	0.760	4.953	1.129
Q2_13	0.89	0.889	0.797	4.995	1.058
Q2_14	0.89	0.889	0.797	4.923	1.128
Q2_15	0.88	0.881	0.855	4.963	1.066
Q2_16	0.914	0.911	0.643	4.930	1.129
Q2_17	0.909	0.907	0.671	4.933	1.081

生涯規劃因素 3 信度

Frequentist Scale Reliability Statistics

Estimate	McDonald's ω	Cronbach's α
Point estimate	0.808	0.802
95% CI lower bound	0.776	0.766
95% CI upper bound	0.841	0.833

Frequentist Individual Item Reliability Statistics

If item dropped					
Item	McDonald's ω	Cronbach's α	Item-rest correlation	mean	sd
Q2_10	NaN	0.669	0.702	4.793	1.175
Q2_11	NaN	0.738	0.643	4.693	1.248
Q2_13	NaN	0.772	0.607	4.995	1.058

生涯規劃因素 4 信度

Frequentist Scale Reliability Statistics

Estimate	McDonald's ω	Cronbach's α
Point estimate	0.918	0.917
95% CI lower bound	0.905	0.903
95% CI upper bound	0.931	0.930

Frequentist Individual Item Reliability Statistics

If item dropped					
Item	McDonald's ω	Cronbach's α	Item-rest correlation	mean	sd
Q2_13	0.899	0.898	0.794	4.995	1.058
Q2_14	0.884	0.883	0.837	4.923	1.128
Q2_15	0.885	0.883	0.839	4.963	1.066
Q2_23	0.907	0.906	0.771	4.910	1.087

生涯規劃信度

Frequentist Scale Reliability Statistics		
Estimate	McDonald's ω	Cronbach's α
Point estimate	0.965	0.966
95% CI lower bound	0.960	0.961
95% CI upper bound	0.970	0.971

Frequentist Individual Item Reliability Statistics

Item	If item dropped				
	McDonald's ω	Cronbach's α	Item-rest correlation	mean	sd
Q2_1	0.963	0.964	0.802	5.060	0.993
Q2_2	0.963	0.964	0.812	5.170	0.952
Q2_3	0.963	0.964	0.833	5.170	0.931
Q2_4	0.963	0.964	0.815	5.047	1.022
Q2_5	0.963	0.964	0.835	5.107	0.922
Q2_6	0.963	0.964	0.832	5.157	0.934
Q2_7	0.963	0.964	0.840	5.102	0.936
Q2_8	0.964	0.966	0.645	5.030	1.129
Q2_9	0.964	0.965	0.691	4.808	1.196
Q2_10	0.965	0.966	0.663	4.793	1.175
Q2_11	0.965	0.966	0.602	4.693	1.248
Q2_12	0.963	0.964	0.811	4.953	1.129
Q2_13	0.963	0.964	0.805	4.995	1.058
Q2_14	0.963	0.964	0.772	4.923	1.128
Q2_15	0.962	0.964	0.844	4.963	1.066
Q2_16	0.964	0.966	0.643	4.930	1.129
Q2_17	0.964	0.965	0.708	4.933	1.081
Q2_18	0.966	0.967	0.581	4.536	1.261
Q2_19	0.963	0.965	0.760	5.055	1.031
Q2_20	0.963	0.965	0.744	5.047	1.020
Q2_21	0.963	0.965	0.754	4.925	1.070
Q2_22	0.966	0.967	0.534	4.564	1.337
Q2_23	0.963	0.964	0.783	4.910	1.087

3.3 驗證性因素分析

驗證性因素分析的目的在於瞭解該量表設計之優劣，或欲知這些觀察變項是否適合測量及解釋此因素，即驗證在已知的因素結構下，各因素所包含的衡量指標與觀測變項的符合程度。因此，驗證性因素分析在使用時通常已知第一個因素包含哪些衡量變項、第二個因素包含哪些衡量變項，等等...。

指標類型	建議指標值	指標意義
卡方值	越小越好	模式適合情形
自由度	越大越好	模型複雜程度
卡方值/自由度	3~5	調整後模型最小變異
絕對配適度指標		
GFI	≥ 0.9	模型合適度
AGFI	≥ 0.9	調整後模型合適度
RMSEA	< 0.08	近似均方根誤差
增量配適度指標		
CFI	≥ 0.9	模型比較適合度
NFI	≥ 0.9	模型基準合適度

由於驗證性因素分析的目是在已知的因素結構下，驗證各因素所包含的衡量指標與觀測變項的符

合程度，而判斷模式是否符合常用的指標如下。雖然配適指標某個程度能代表模式的配適程度，但切勿過份依賴適配指標去判定測量或結構模式之優劣及因果關係。

Almost fitting does not imply almost correct !

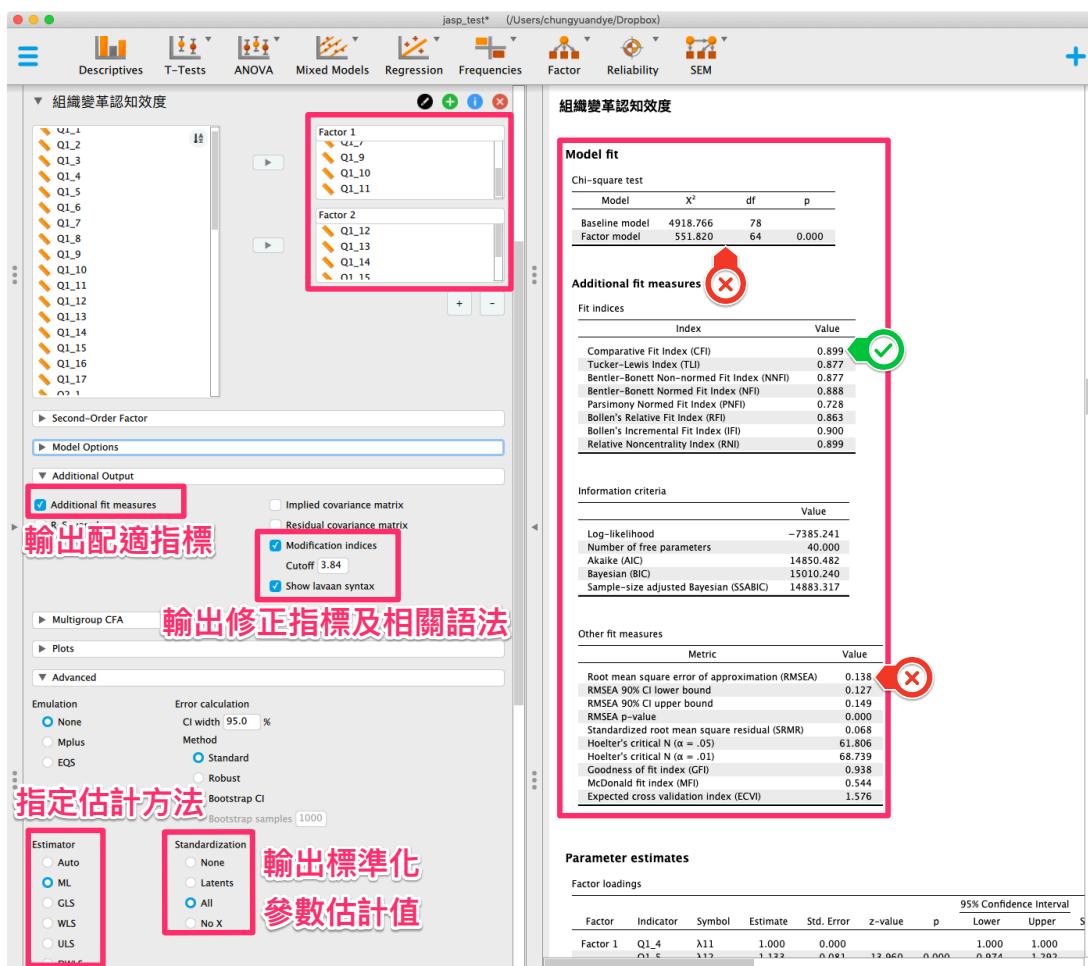
此外，Jackson et al. (2009) 蒐集 1998 年到 2006 年刊登在 American Psychological Association 期刊的 194 篇論文發現，最常用的指標為 χ^2 值、RMSEA 及 CFI。衡量模式的配適指標眾多，但並非需要完全列出或採用。

3.3.1 組織變革認知量表驗證性因素分析

3.3.1.1 模式估計

JASP 統計軟體在驗證性因素分析模組提供了完整的功能，有別於 AMOS 圖形化的方式操作及 LISREL 撰寫語法，已將多數功能納入程式中，僅需點選即可即時輸出結果。在上一節中，組織變革認知構面經探索性因素分析結果萃取兩因子，各因素涵蓋觀測變項分別為因素 1：Q1_4、Q1_5、Q1_6、Q1_7、Q1_9、Q1_10、Q1_11；因素 2：Q1_12、Q1_13、Q1_14、Q1_15、Q1_16、Q1_17。驗證性因素分析可依下圖步驟分別進行：





3.3.1.2 模式修正

由上圖可發現組織變革認知量表雖然 CFI = 0.899 符合標準，但 RMSEA = 0.138 偏高，表示模式適配度欠佳。由輸出的因素負荷表可發現所有題項因素負荷均達顯著水準，且其標準化因素複合值最小為 0.69，表潛在變數均能解釋觀測變項，故可另外參考修正指標 (modification index, MI) 判斷模式是否要修正或是精簡。

Factor	Indicator	Symbol	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval		Std. Est. (all)
							Lower	Upper	
Factor 1	Q1_4	λ_{11}	1.000	0.000			1.000	1.000	0.692
	Q1_5	λ_{12}	1.133	0.081	13.960	0.000	0.974	1.292	0.750
	Q1_6	λ_{13}	1.077	0.074	14.551	0.000	0.932	1.222	0.784
	Q1_7	λ_{14}	1.038	0.073	14.318	0.000	0.896	1.181	0.770
	Q1_9	λ_{15}	1.165	0.078	14.874	0.000	1.012	1.319	0.803
	Q1_10	λ_{16}	1.272	0.081	15.760	0.000	1.114	1.431	0.856
	Q1_11	λ_{17}	1.219	0.081	15.135	0.000	1.061	1.376	0.818
	Q1_12	λ_{21}	1.000	0.000			1.000	1.000	0.798
	Q1_13	λ_{22}	1.231	0.054	22.718	0.000	1.125	1.337	0.922
	Q1_14	λ_{23}	1.216	0.051	24.064	0.000	1.117	1.315	0.957
Factor 2	Q1_15	λ_{24}	1.148	0.050	22.840	0.000	1.050	1.247	0.925
	Q1_16	λ_{25}	1.090	0.055	19.866	0.000	0.982	1.197	0.843
	Q1_17	λ_{26}	1.030	0.052	19.946	0.000	0.929	1.132	0.845

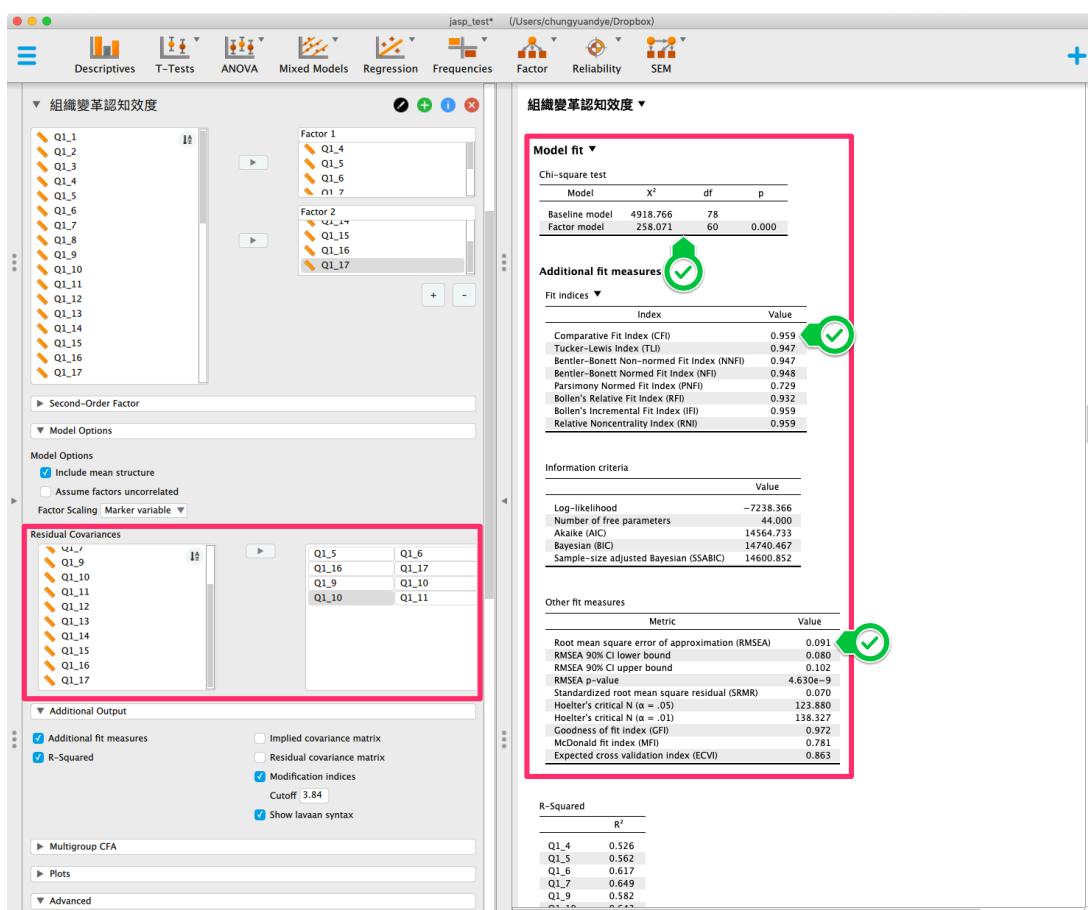
利用 MI 值修正方式主要有兩種：

- 因為測量題項的誤差具有相關性，填答者較難以區辨兩者的差異，導致理論模型與資料不配適，故建議採用將兩個題項的測量誤差以共變的方式呈現，但需要提供詳細說明，例如理論或文獻回顧說明這兩個題目都相當重要，且確實是兩個不同的測量內容。

2. 因為測量題項的誤差具有相關性，填答者較難以區辨兩者的差異，故建議將該兩題項中 MI 值最高的題項刪除，再執行一次分析，重複此刪除過程，直到獲得良好的模型適配度。

			Mod.	Ind.	EPC
Q1_5	↔	Q1_6	109.928	0.584	
Q1_16	↔	Q1_17	106.230	0.367	
Q1_9	↔	Q1_10	60.755	0.389	
Q1_10	↔	Q1_11	54.508	0.373	
Q1_6	↔	Q1_9	33.951	-0.292	
Q1_13	↔	Q1_17	33.148	-0.167	
Q1_5	↔	Q1_9	31.733	-0.323	
Q1_13	↔	Q1_14	31.496	0.139	
Q1_5	↔	Q1_10	26.326	-0.280	
Q1_4	↔	Q1_7	24.487	0.280	
Q1_6	↔	Q1_10	21.147	-0.221	

首先針對第一個修正方式說明流程步驟如下：根據上述分析所輸出 MI 值可發現，題項 Q1_5 ↔ Q1_6、Q1_16 ↔ Q1_17、Q1_9 ↔ Q1_10、Q1_10 ↔ Q1_11 有較高的 MI 值，且期望參數改變量 (expected parameter change, EPC) 為正數，經逐一將兩兩題項測量誤差建立共變，得最終模式如下圖。由模式配適資料可發現最終模式 $\chi^2/df = \frac{258.071}{6} = 4.301$ 、CFI = 0.959 及 RMSEA = 0.091 皆符合標準。





此外，根據Fornell and Larcker (1981) 的建議，若潛在概念的平均變異抽取量 (Average Variance Extracted, AVE) 大於 0.5 以及組成信度 (composite reliability, CR) 大於 0.6，則表示該測量具收斂效度 (Convergent Validity)。經由平均變異抽取量 (Average Variance Extracted, AVE)

$$AVE = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i^2}{\sum_{i=1}^k \lambda_i^2 + \sum_{i=1}^k \text{Var}(e_i)}$$

及組成信度 (composite reliability, CR)

$$CR = \frac{(\sum_{i=1}^k \lambda_i)^2}{(\sum_{i=1}^k \lambda_i)^2 + \sum_{i=1}^k \text{Var}(e_i)}$$

的計算，可發現組織變革認知量表兩因素的 AVE 值分別為 0.597 及 0.773 且 CR 值分別為 $0.912 > 0.6$ 及 $0.953 > 0.6$ ，故具有良好的收斂效度 (Convergent Validity)。

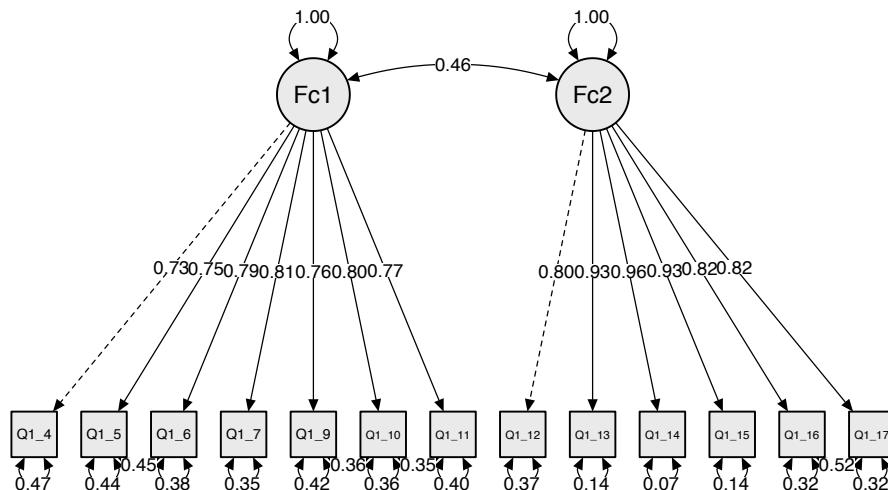
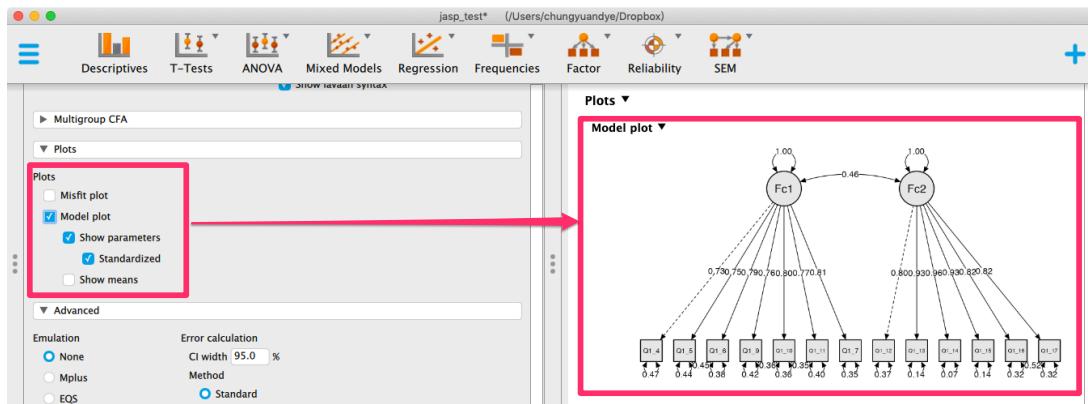
Factor	Indicator	Symbol	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval			AVE	CR
							Lower	Upper	Std. Est. (all)		
Factor 1	Q1_4	$\lambda 11$	1.000	0.000			1.000	1.000	0.726	0.597	0.912
	Q1_5	$\lambda 12$	1.080	0.076	14.244	0.000	0.931	1.229	0.750		
	Q1_6	$\lambda 13$	1.028	0.069	14.942	0.000	0.893	1.163	0.785		
	Q1_9	$\lambda 14$	1.056	0.073	14.535	0.000	0.913	1.198	0.763		
	Q1_10	$\lambda 15$	1.123	0.074	15.223	0.000	0.978	1.267	0.802		
	Q1_11	$\lambda 16$	1.099	0.075	14.748	0.000	0.953	1.245	0.774		
	Q1_7	$\lambda 17$	1.035	0.067	15.364	0.000	0.903	1.167	0.805		
Factor 2	Q1_12	$\lambda 21$	1.000	0.000			1.000	1.000	0.796		
	Q1_13	$\lambda 22$	1.243	0.055	22.776	0.000	1.136	1.350	0.928		
	Q1_14	$\lambda 23$	1.227	0.051	24.094	0.000	1.128	1.327	0.963		
	Q1_15	$\lambda 24$	1.152	0.051	22.676	0.000	1.052	1.251	0.925		
	Q1_16	$\lambda 25$	1.067	0.056	19.106	0.000	0.958	1.177	0.823		
	Q1_17	$\lambda 26$	1.009	0.053	19.174	0.000	0.906	1.112	0.825		

同時，也可發現組織變革認知量表中兩因子的相關係數為 0.463，95% 信賴區間為 (0.441, 0.777) 並不包含 1。根據Anderson and Gerbing (1988) 提出之信賴區間檢定 (confidence interval test)，對

任意二不同概念，若其相關係數之信賴區間未包含 1 或 -1，則拒絕該二構念間之完全相關性，表該二概念具區別效度。另外，也可根據Fornell and Larcker (1981) 的建議，若二構面的相關係數小於 \sqrt{AVE} 則表示此二概念具有區別效度。由於 $\sqrt{0.597} = 0.772658 > 0.463$ ，表該二概念具區別效度。

	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval		Std. Est. (all)
					Lower	Upper	
Factor 1 ↔ Factor 2	0.608	0.085	7.128	0.000	0.441	0.776	0.463

最後，我們也可由 JASP 統計軟體點選 Model plot 輸出因素路徑圖，如下圖：



接下來，針對第二個修正方式說明流程步驟如下：根據上述分析所輸出 MI 值可發現，題項 $Q1_5 \leftrightarrow Q1_6$ 、 $Q1_16 \leftrightarrow Q1_17$ 、 $Q1_9 \leftrightarrow Q1_10$ 、 $Q1_10 \leftrightarrow Q1_11$ 有較高的 MI 值，且期望參數改變量 (expected parameter change, EPC) 為正數，經逐一刪除題目 $Q1_5 \rightarrow Q1_17 \rightarrow Q1_4 \rightarrow Q1_6$ ，RMSEA 由 0.138 下降至 0.08，獲得良好的模型適配度，如下圖。

Model fit ▼

Model	χ^2	df	p
Baseline model	3289.488	36	
Factor model	92.732	26	2.012e-9

Additional fit measures

Index	Value
Comparative Fit Index (CFI)	0.979
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.972
Bentler-Bonett Non-normed Fit Index (NNFI)	0.972
Bentler-Bonett Normed Fit Index (NFI)	0.972
Parsimony Normed Fit Index (PNFI)	0.702
Bollen's Relative Fit Index (RFI)	0.961
Bollen's Incremental Fit Index (IFI)	0.980
Relative Noncentrality Index (RNI)	0.979

Information criteria ▼

	Value
Log-likelihood	-5038.419
Number of free parameters	28.000
Akaike (AIC)	10132.838
Bayesian (BIC)	10244.669
Sample-size adjusted Bayesian (SSABIC)	10159.823

Other fit measures

Metric	Value
Root mean square error of approximation (RMSEA)	0.080
RMSEA 90% CI lower bound	0.063
RMSEA 90% CI upper bound	0.098
RMSEA p-value	0.003
Standardized root mean square residual (SRMR)	0.049
Hoelter's critical N ($\alpha = .05$)	169.151
Hoelter's critical N ($\alpha = .01$)	198.369
Goodness of fit index (GFI)	0.989
McDonald fit index (IFI)	0.920
Expected cross validation index (ECVI)	0.371

Parameter estimates

Factor loadings

Factor	Indicator	Symbol	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval		
							Lower	Upper	Std. Est. (all)
Factor 1	Q1_7	x11	1.000	0.000			1.000	1.000	0.679
	Q1_9	x12	1.354	0.089	15.257	0.000	1.180	1.528	0.855
	Q1_10	x13	1.477	0.093	15.957	0.000	1.295	1.658	0.910
	Q1_11	x14	1.371	0.091	15.095	0.000	1.193	1.549	0.844
Factor 2	Q1_12	x21	1.000	0.000			1.000	1.000	0.791
	Q1_13	x22	1.252	0.055	22.613	0.000	1.144	1.361	0.930
	Q1_14	x23	1.233	0.052	23.776	0.000	1.132	1.335	0.963
	Q1_15	x24	1.158	0.052	22.437	0.000	1.057	1.259	0.926
	Q1_16	x25	1.073	0.057	18.967	0.000	0.962	1.184	0.823

AVE=0.683 , CR=0.895

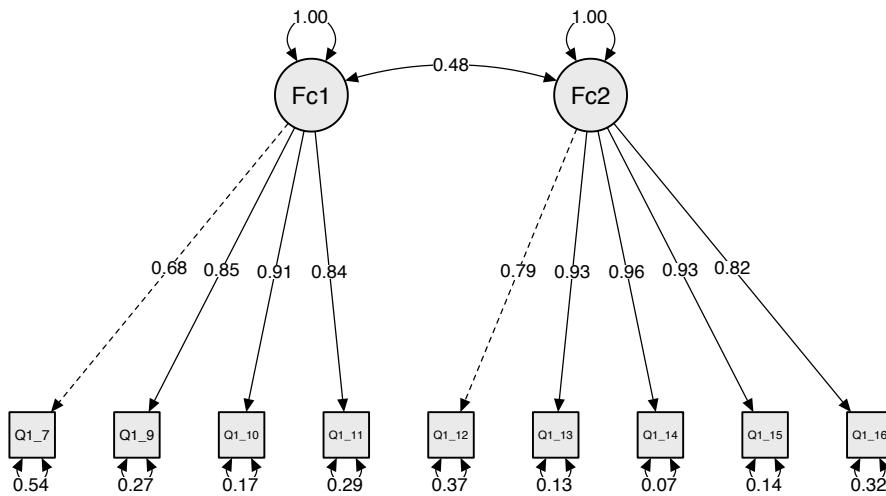
AVE=0.791 , CR=0.949

不包含1和-1

Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval			
				Lower	Upper	Std. Est. (all)	
Factor 1	0.936	0.125	7.489	6.950e-14	0.691	1.182	1.000
Factor 2	1.392	0.147	9.464	0.000	1.104	1.680	1.000

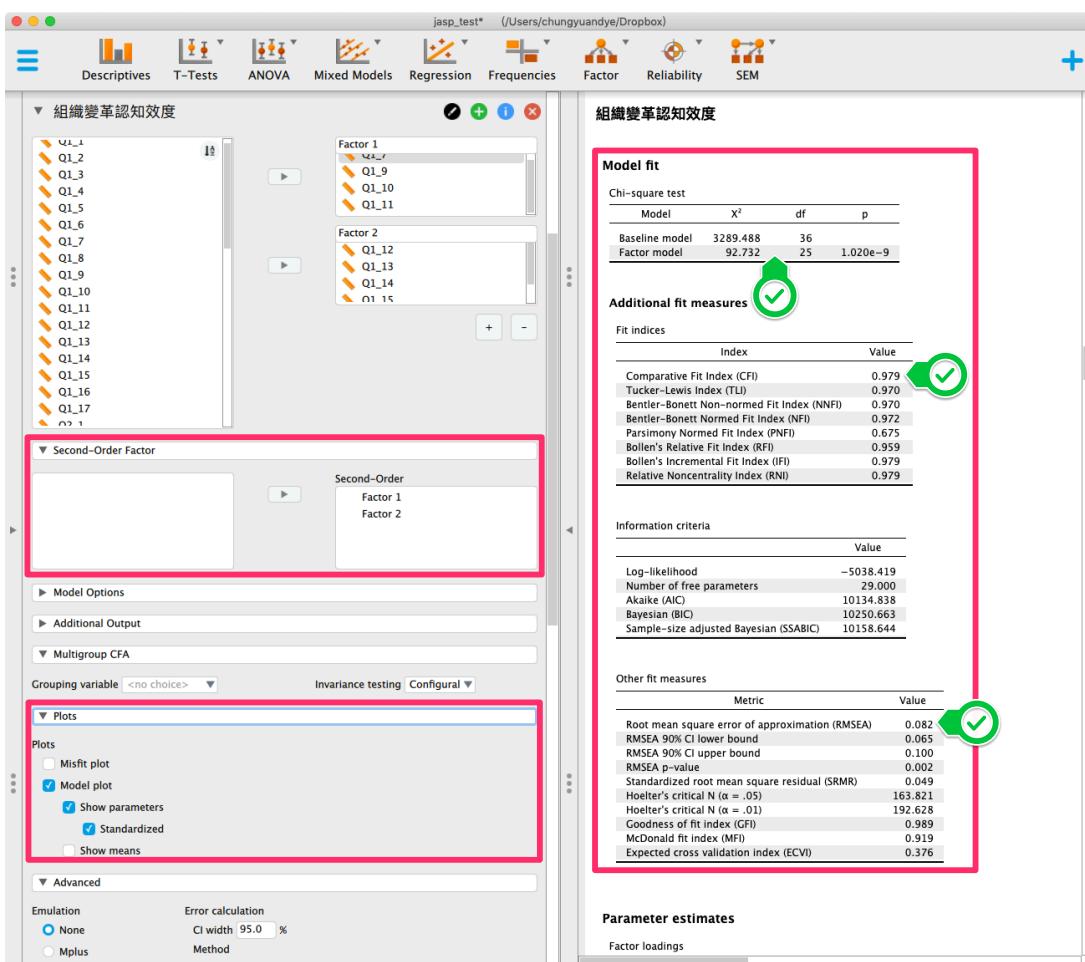
Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval			
				Lower	Upper	Std. Est. (all)	
Factor 1 ↔ Factor 2	0.543	0.076	7.179	7.023e-1	0.395	0.691	0.476

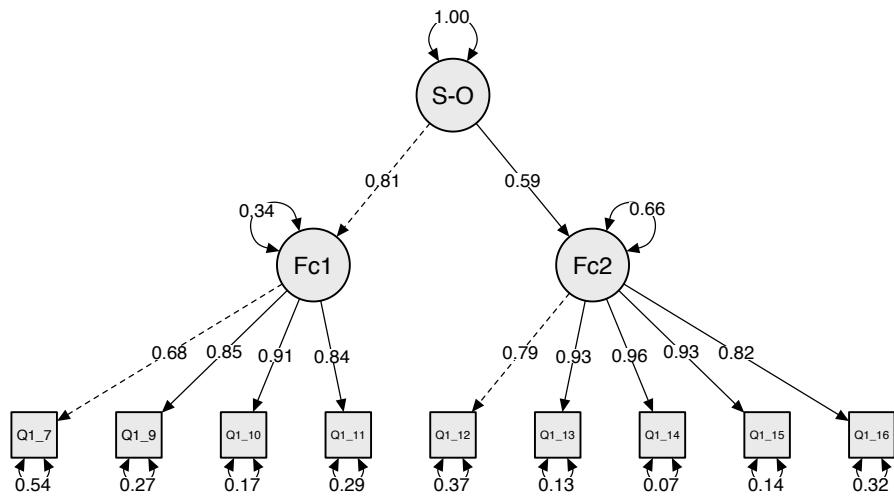
由上圖輸出結果，組織變革認知量表兩因素經計算後 AVE 值分別為 0.683 及 0.791 且 CR 值分別為 $0.895 > 0.6$ 及 $0.949 > 0.6$ ，故具有良好的收斂效度 (Convergent Validity)。此外，95% 信賴區間為 $(0.395, 0.691)$ 並不包含 1，顯示此二因素具有區別效度。最後，可輸出因素路徑圖如下。



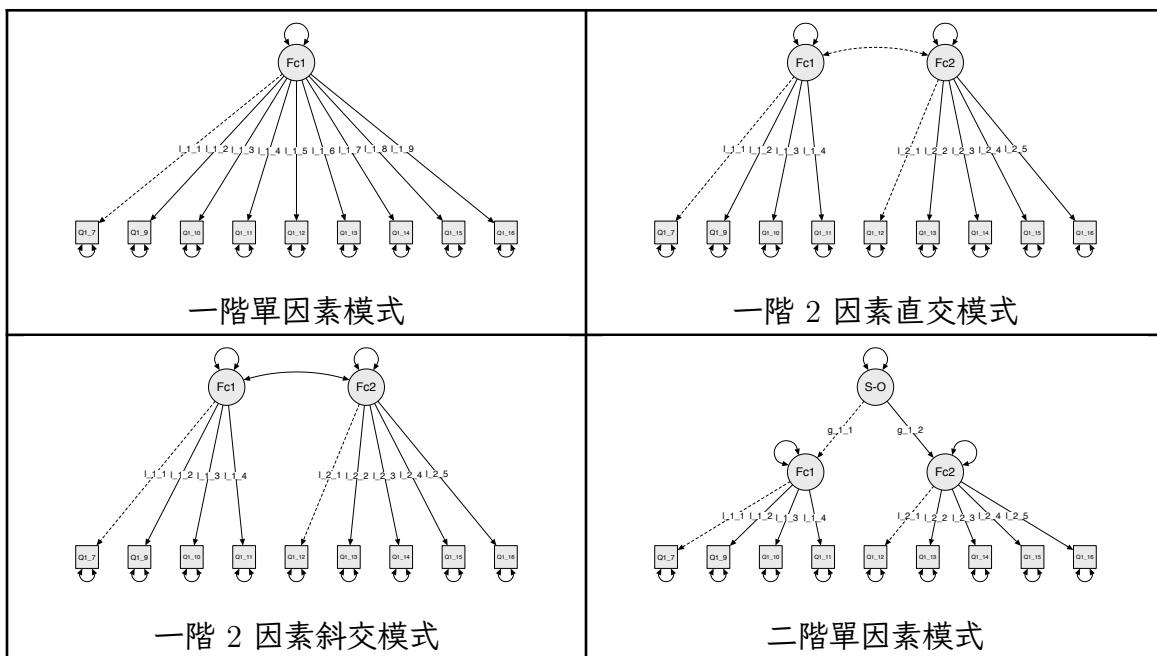
3.3.1.3 競爭模式

由於在一階 2 因素驗證性因素分析中，各因素間的相關係數不為 0，可進一步假設這幾個一階因素在測量更高一階的因素，故可再進行二階單因素驗證性因素分析以提取更高階的共同因素。JASP 計統軟體二階驗證性因素分析設定如下圖。





接下來，為比較不同的驗證性因素分析及模式競爭比較的結果，考慮以下四個模式：



一階 2 因素斜交模式及二階單因素模式在 JASP 統計軟體如上述，一階單因素模式及一階 2 因素直交模式可設定如下圖：

組織變革認知效度 一階單因子模式

Model fit ▼

Chi-square test			
Model	X ²	df	p
Baseline model	3289.488	36	
Factor model	874.238	27	0.000

Additional fit measures

Index	Value
Comparative Fit Index (CFI)	0.740
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.653
Bentler-Bonett Non-normed Fit Index (NNFI)	0.653
Bentler-Bonett Normed Fit Index (NFI)	0.734
Parsimony Normed Fit Index (PNFI)	0.551
Bollen's Relative Fit Index (RFI)	0.646
Bollen's Incremental Fit Index (IFI)	0.740
Relative Noncentrality Index (RNI)	0.740

Information criteria

Value	
Log-likelihood	-5429.172
Number of free parameters	27.000
Akaike (AIC)	10912.344
Bayesian (BIC)	11020.181
Sample-size adjusted Bayesian (SSABIC)	10934.508

Other fit measures

Metric	Value
Root mean square error of approximation (RMSEA)	0.280
RMSEA 90% CI lower bound	0.264
RMSEA 90% CI upper bound	0.296
RMSEA p-value	0.000
Standardized root mean square residual (SRMR)	0.170
Hoelter's critical N ($\alpha = .05$)	19.399
Hoelter's critical N ($\alpha = .01$)	22.541
Goodness of fit index (GFI)	0.909
McDonald fit index (IFI)	0.348
Expected cross validation index (ECVI)	2.315

Parameter estimates

Factor loadings

組織變革認知效度 一階二因子直交模式

Model fit

Chi-square test			
Model	X ²	df	p
Baseline model	3289.488	36	
Factor model	92.732	25	1.020e-9

Additional fit measures

Index	Value
Comparative Fit Index (CFI)	0.979
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.970
Bentler-Bonett Non-normed Fit Index (NNFI)	0.970
Bentler-Bonett Normed Fit Index (NFI)	0.972
Parsimony Normed Fit Index (PNFI)	0.675
Bollen's Relative Fit Index (RFI)	0.959
Bollen's Incremental Fit Index (IFI)	0.979
Relative Noncentrality Index (RNI)	0.979

Information criteria

Value	
Log-likelihood	-5034.419
Number of free parameters	29.000
Akaike (AIC)	10134.838
Bayesian (BIC)	10250.663
Sample-size adjusted Bayesian (SSABIC)	10158.644

Other fit measures

Metric	Value
Root mean square error of approximation (RMSEA)	0.082
RMSEA 90% CI lower bound	0.065
RMSEA 90% CI upper bound	0.100
RMSEA p-value	0.002
Standardized root mean square residual (SRMR)	0.049
Hoelter's critical N ($\alpha = .05$)	163.821
Hoelter's critical N ($\alpha = .01$)	192.628
Goodness of fit index (GFI)	0.989
McDonald fit index (IFI)	0.919
Expected cross validation index (ECVI)	0.376

Parameter estimates

Factor loadings

假設因素間兩兩獨立

Assume factors uncorrelated

執行上述四個模式並彙整各模式 χ^2 、自由度、CFI 及 RMSEA 如下表：

Model	χ^2	df	χ^2/df	CFI	RMSEA
一階單因素模式	874.238	27	32.379	0.740	0.280
一階 2 因素直交模式	181.170	27	6.710	0.953	0.119
一階 2 因素斜交模式	92.732	26	3.567	0.975	0.079
二階單因素模式	97.732	25	3.909	0.979	0.082

一階單因素模式與一階 2 因素直交模式在配適指標的改進上並不理想，兩種模式在配適指標亦都未達到可接受的標準，故不採用。一階 2 因素斜交模式及二階單因素模式在各項配適指標都達可接受水準，且考量二階單因素模式較一階 2 因素斜交模式更具有實用性，故可選擇二階單因素模式為建構組織變革認知的可行模式。

3.3.1.4 群組比較

最後，研究資料中不同群組但具有相同潛在變項能力程度的樣本，其在觀測分數上的表現理論上應該要一致。若不一致，則表示觀測分數會受到背景變數影響，不全然是潛在變項程度大小不同所導致。因此，在進行不同群組比較時，一份測量是否具有測量恆等性是非常重要的。Drasgow (1984) 認為若實驗的各樣本群組在一份測量的觀測變項與其所要測量潛在變項之間有相同的結構時，則稱此測量具有測量恆等性。一般測量恆等性包含以下四種：

1. 型態恆等：假設不同樣本群組在同一份量表上，每個因素結構是相等的，並以此為基線模式 (baseline model)。
2. 量尺恆等：假設不同樣本群組在同一份量表上，每個因素所對應題項的因素負荷量是否相同，也稱為「弱測量恆等性」 (weak measurement invariance)。
3. 截距恆等：假設不同樣本群組在同一份量表上，每個因素所對應題項之迴歸分析截距是否相同，也稱為「強測量恆等性」 (strong measurement invariance)。
4. 殘差變異數恆等：假設不同樣本群組在同一份量表上，每個因素所對應題項之殘差和變異數是否相同，也稱為「嚴格的因素恆等性」 (strict measurement invariance)。,

JASP 統計軟體在驗證性因素分析模組中也提供多群組測量恆等性的比較功能，以上四種恆等性檢定需依序進行且成立，後續的測量恆等性檢定才有意義。本講義以婚姻狀況為分組變數進行組織變更認知量表測量恆等性，詳細測量恆等性可依下圖步驟進行。

**重覆執行四個恆等性檢定並記錄
卡方值、自由度、CFI及RMSEA**

Model fit

Model	χ^2	df	p
Baseline model	3376.965	72	
Factor model	127.840	48	3.510e-9

Additional fit measures

Index	Value
Comparative Fit Index (CFI)	0.976
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.964
Bentler-Bonett Non-normed Fit Index (NNFI)	0.964
Bentler-Bonett Normed Fit Index (NFI)	0.962
Parsimony Normed Fit Index (PNFI)	0.641
Bollen's Relative Fit Index (RFI)	0.943
Bollen's Incremental Fit Index (IFI)	0.976
Relative Noncentrality Index (RNI)	0.976

Information criteria

	Value
Log-likelihood	-5000.823
Number of free parameters	60.000
Akaike (AIC)	10121.647
Bayesian (BIC)	10361.284
Sample-size adjusted Bayesian (SSABIC)	10170.899

Other fit measures

Metric	Value
Root mean square error of approximation (RMSEA)	0.091
RMSEA 90% CI lower bound	0.072
RMSEA 90% CI upper bound	0.110
RMSEA p-value	3.496e-4
Standardized root mean square residual (SRMR)	0.055
Hoelter's Critical N ($\alpha = .05$)	205.424
Hoelter's critical N ($\alpha = .01$)	232.123
Goodness of fit index (GFI)	0.986
McDonald fit index (MF)	0.905
Expected cross validation index (ECVI)	

Parameter estimates

未婚

Model fit

Model	χ^2	df	p
Baseline model	3376.965	72	
Factor model	127.840	48	3.510e-9

Additional fit measures

Index	Value
Comparative Fit Index (CFI)	0.976
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.964
Bentler-Bonett Non-normed Fit Index (NNFI)	0.964
Bentler-Bonett Normed Fit Index (NFI)	0.962
Parsimony Normed Fit Index (PNFI)	0.641
Bollen's Relative Fit Index (RFI)	0.943
Bollen's Incremental Fit Index (IFI)	0.976
Relative Noncentrality Index (RNI)	0.976

Information criteria

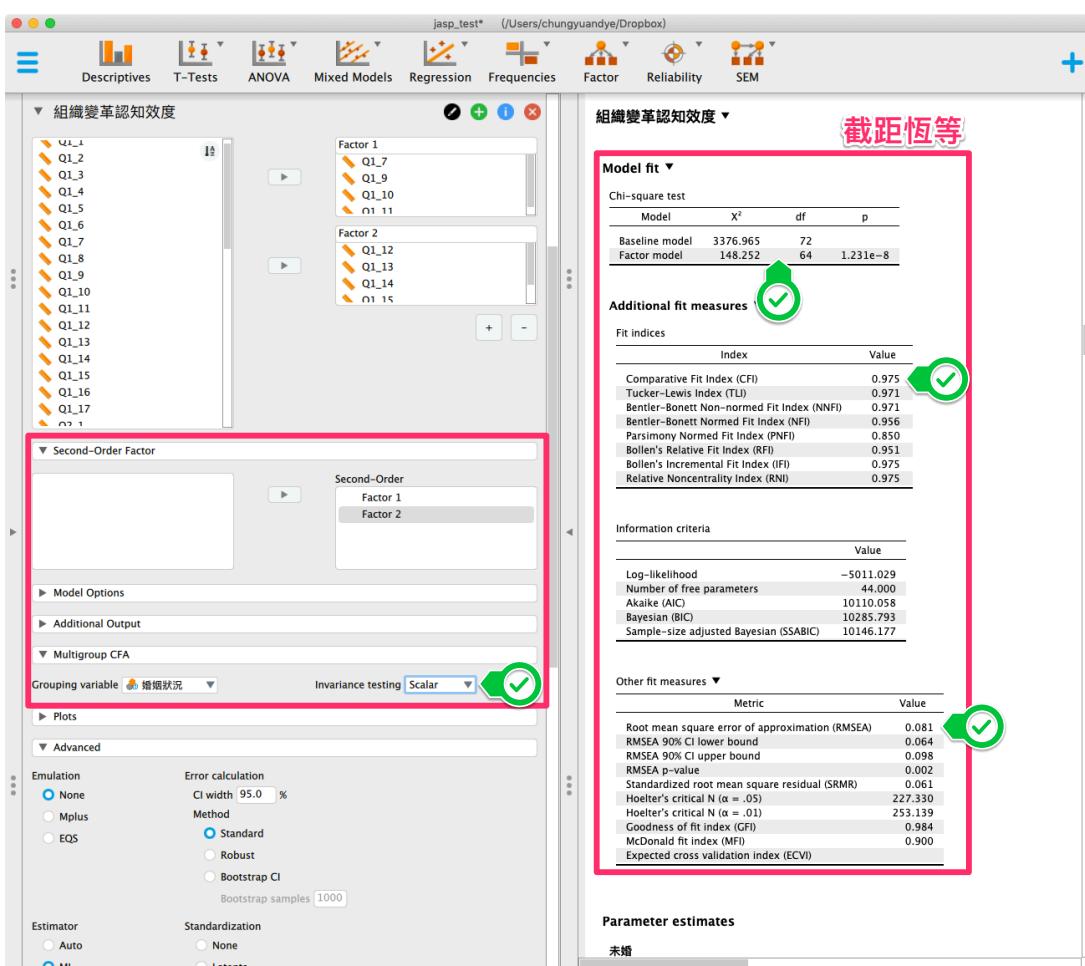
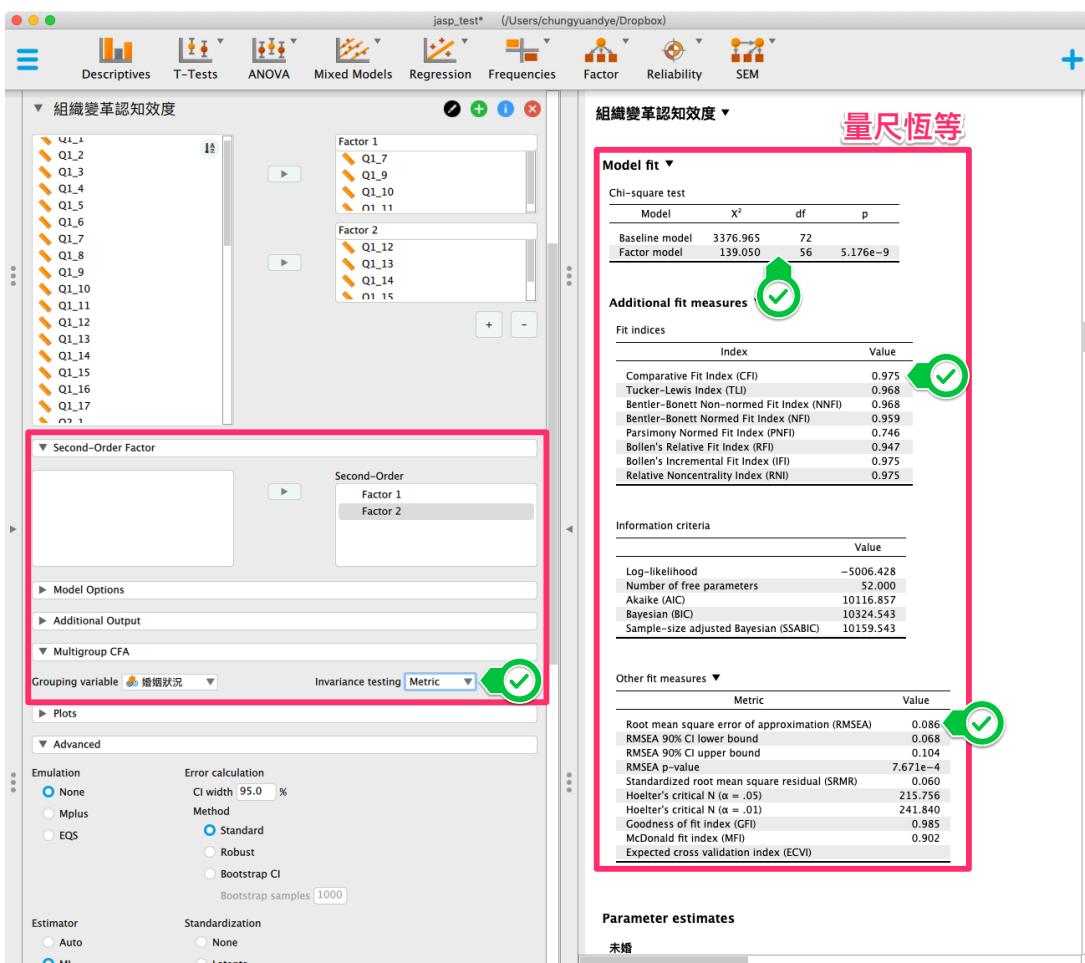
	Value
Log-likelihood	-5000.823
Number of free parameters	60.000
Akaike (AIC)	10121.647
Bayesian (BIC)	10361.284
Sample-size adjusted Bayesian (SSABIC)	10170.899

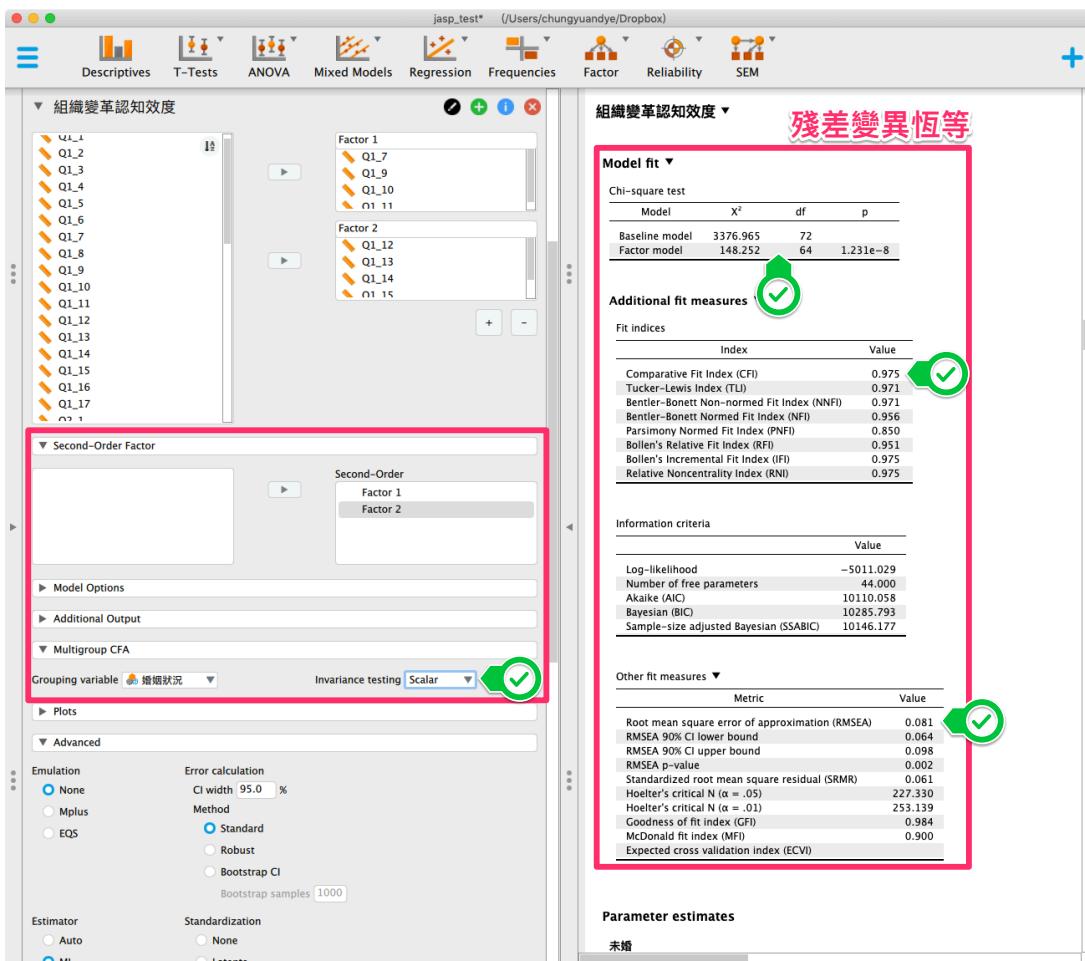
Other fit measures

Metric	Value
Root mean square error of approximation (RMSEA)	0.091
RMSEA 90% CI lower bound	0.072
RMSEA 90% CI upper bound	0.110
RMSEA p-value	3.496e-4
Standardized root mean square residual (SRMR)	0.055
Hoelter's Critical N ($\alpha = .05$)	205.424
Hoelter's critical N ($\alpha = .01$)	232.123
Goodness of fit index (GFI)	0.986
McDonald fit index (MF)	0.905
Expected cross validation index (ECVI)	

Parameter estimates

未婚



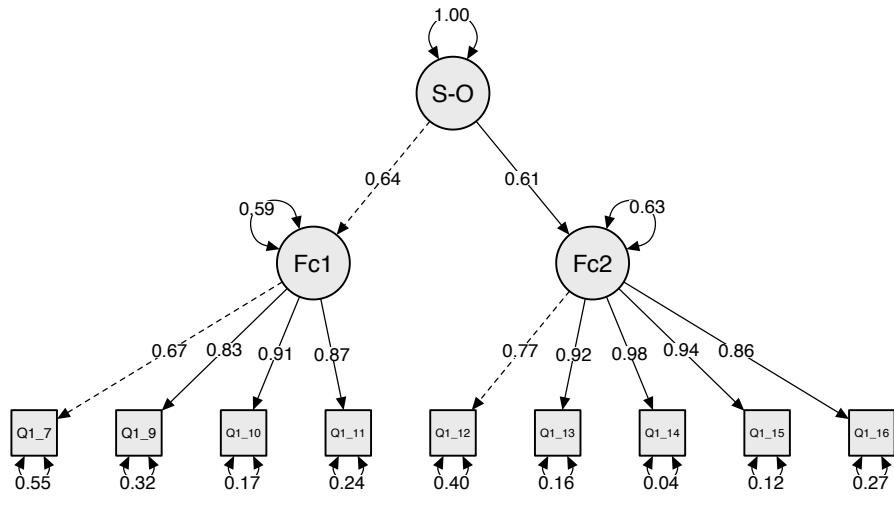


在上述四個測量恆等性檢定後，彙整各模式 χ^2 、自由度、CFI 及 RMSEA 如下表：

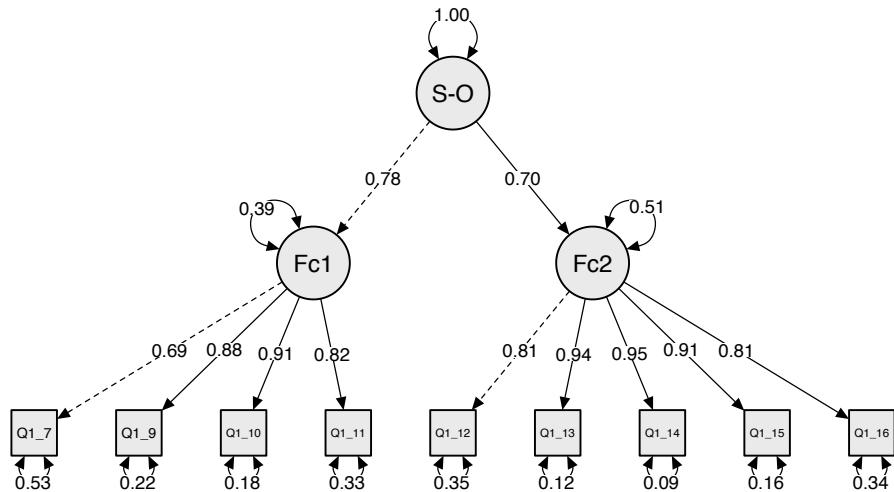
Model	χ^2	df	$\Delta\chi^2$	Δdf	p 值	CFI	RMSEA
型態恆等	127.840	48				0.976	0.091
尺度恆等	139.050	57	11.210	9.000	0.262	0.975	0.086
截距相等	148.252	64	9.202	7.000	0.238	0.975	0.081
殘差變異恆等	197.079	73	48.827	9.000	0.000	0.962	0.092

雖然組織變革認知量表在不同婚姻狀況具尺度恆等性及截距恆等性，但並未具備殘差變異恆等性。由於殘差變異恆等的恆等對於理論模式的實務驗證來說不僅過於嚴苛，由於二階單因素模式應用於不同婚姻狀況的測量上具備強測量恆等性，故可適用於測量不同婚姻狀況的組織變革認知的可行模式。

同時，透過 Plots 的選項，可輸出不同婚姻狀況下的二階單因素路徑圖如下：



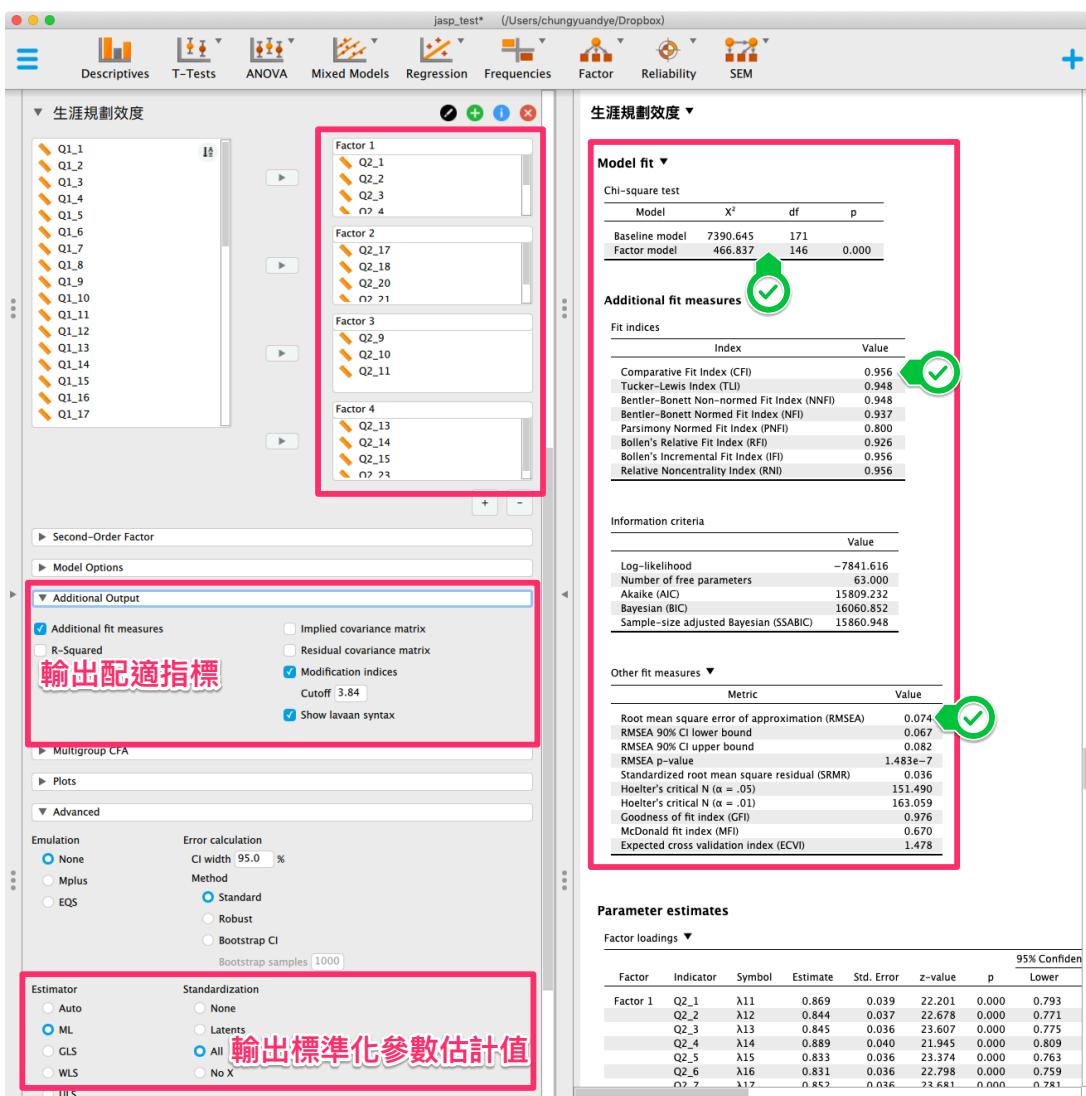
婚姻狀況：未婚



婚姻狀況：已婚

3.3.2 生涯規劃量表驗證性因素分析

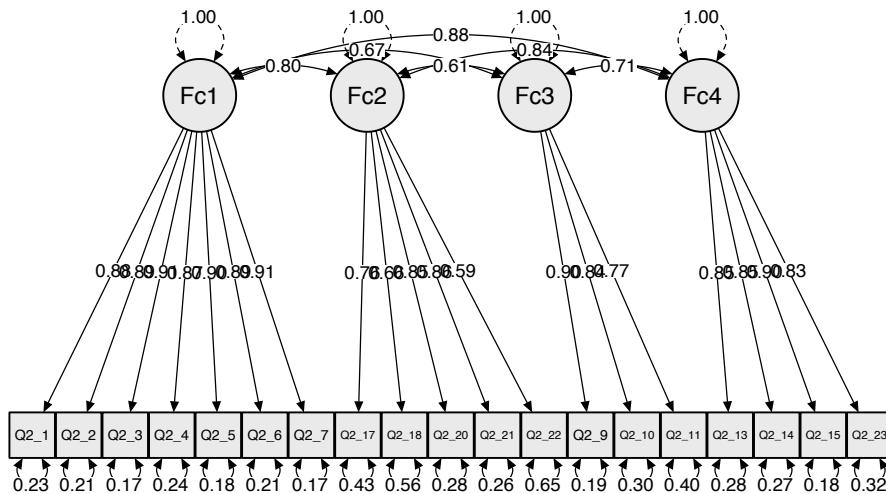
根據前述生涯規劃量表探索性因素分析萃取得 4 個因素進行相關的證性因素分析，由下圖可發現生涯規劃量表一階 4 因素斜交模式其 $\chi^2/df = 3.20$ 、 $CFI = 0.956$ 及 $RMSEA = 0.074$ ，各項配適指標良好。



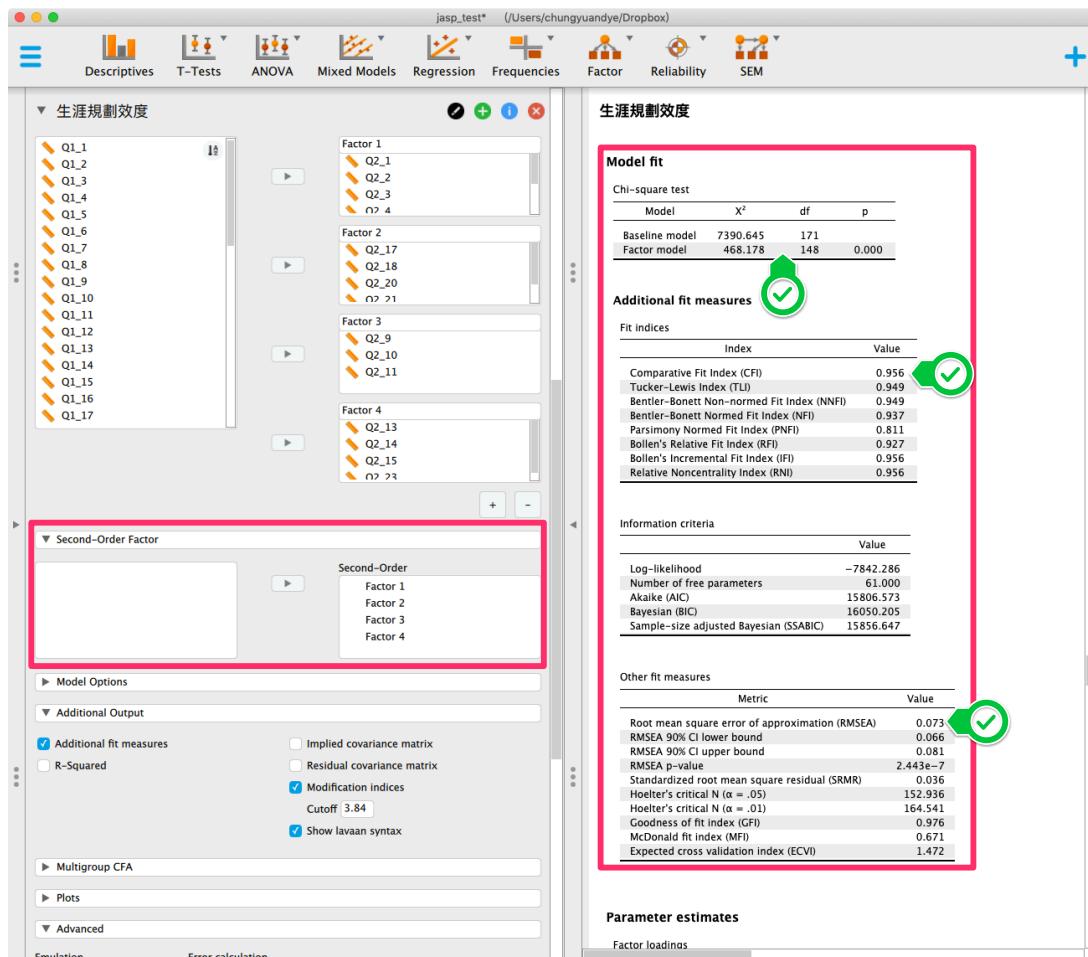
同時，生涯規劃量各因素對應的觀測變項因素負荷量計算平均萃取量 AVE 值介於 0.565 及 0.79 之間，且 CR 值介於 0.864 及 0.965 之間，顯示具有良好的收斂效度 (Convergent Validity)。又根據 Anderson and Gerbing (1988) 提出之信賴區間檢定 (confidence interval test)，對任意二不同概念，若其相關係數之 confidence interval 未包含 1 或 -1，則拒絕該二構念間之完全相關性，生涯規劃量各因素具區別效度。生涯規劃量各因素間相關係數介於 0.670 及 0.837 之間，概念間均屬高相關，故可再進行二階單因素驗證性因素分析以提取更高階的共同因素。

Factor	Indicator	Symbol	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval		Std. Est. (all)	AVE	CR
							Lower	Upper			
Factor 1	Q2_1	λ_{11}	0.869	0.039	22.201	0.000	0.793	0.946	0.876	0.797	0.965
	Q2_2	λ_{12}	0.844	0.037	22.678	0.000	0.771	0.917	0.888		
	Q2_3	λ_{13}	0.845	0.036	23.607	0.000	0.775	0.915	0.909		
	Q2_4	λ_{14}	0.889	0.040	21.945	0.000	0.809	0.968	0.870		
	Q2_5	λ_{15}	0.833	0.036	23.374	0.000	0.763	0.902	0.904		
	Q2_6	λ_{16}	0.831	0.036	22.798	0.000	0.759	0.902	0.890		
	Q2_7	λ_{17}	0.852	0.036	23.681	0.000	0.781	0.922	0.910		
Factor 2	Q2_17	λ_{21}	0.816	0.047	17.293	0.000	0.724	0.909	0.756	0.565	0.864
	Q2_18	λ_{22}	0.835	0.058	14.478	0.000	0.722	0.948	0.663		
	Q2_20	λ_{23}	0.862	0.042	20.465	0.000	0.780	0.945	0.847		
	Q2_21	λ_{24}	0.921	0.044	21.051	0.000	0.835	1.007	0.862		
Factor 3	Q2_22	λ_{25}	0.794	0.063	12.607	0.000	0.670	0.917	0.594		
	Q2_9	λ_{31}	1.077	0.049	22.184	0.000	0.982	1.172	0.901	0.703	0.876
	Q2_10	λ_{32}	0.980	0.050	19.789	0.000	0.883	1.077	0.836		
Factor 4	Q2_11	λ_{33}	0.964	0.054	17.713	0.000	0.858	1.071	0.774		
	Q2_13	λ_{41}	0.895	0.043	20.779	0.000	0.810	0.979	0.846	0.736	0.918
	Q2_14	λ_{42}	0.963	0.046	21.111	0.000	0.873	1.052	0.855		
	Q2_15	λ_{43}	0.961	0.042	23.104	0.000	0.880	1.043	0.903		
	Q2_23	λ_{44}	0.897	0.045	20.002	0.000	0.809	0.985	0.826		

		Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval		Std. Est. (all)
						Lower	Upper	
Factor 1	Factor 2	0.803	0.022	36.480	0.000	0.760	0.846	0.803
	Factor 3	0.670	0.032	21.122	0.000	0.608	0.732	0.670
	Factor 4	0.881	0.015	60.672	0.000	0.853	0.910	0.881
Factor 2	Factor 3	0.614	0.038	16.339	0.000	0.540	0.688	0.614
	Factor 4	0.837	0.021	40.307	0.000	0.797	0.878	0.837
	Factor 3	0.712	0.030	23.555	0.000	0.653	0.771	0.712

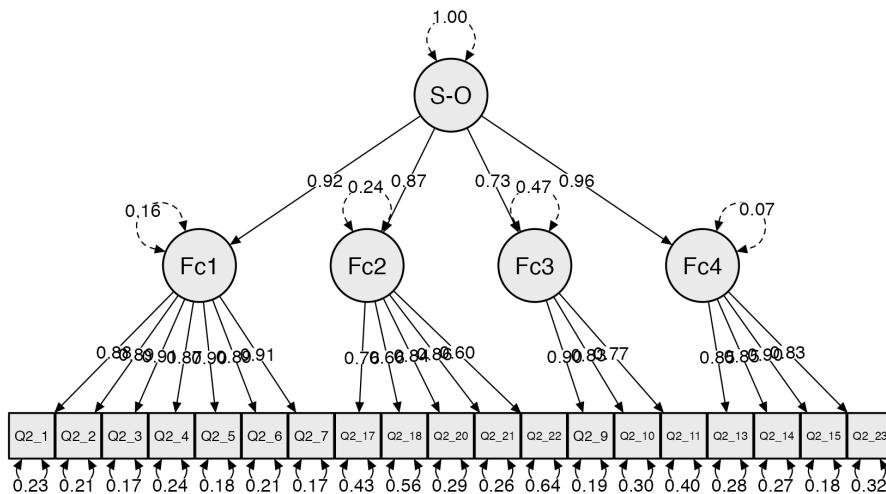


經由 JASP 統計軟體二階驗證性因素分析設定圖，並彙整各模式 χ^2 、自由度、CFI 及 RMSEA 如下圖及表：



Model	χ^2	df	χ^2/df	CFI	RMSEA
一階四因素斜交模式	466.837	146	3.061	0.956	0.074
二階單因素模式	468.168	148	3.1633	0.956	0.073

由上表可見一階四因素斜交模式及二階單因素模式在各項配適指標都達可接受水準，且考量二階單因素模式較一階四因素斜交模式更具有實用性，故可選擇二階單因素模式為建構生涯規劃的可行模式，其因素路徑圖可由 Plots 選項輸出如下圖：



分別執行並記錄卡方值、自由度、CFI 及 RMSEA

1. Configural 4. Strict

2. Metric 3. Scalar

Model fit

Chi-square test
Model χ^2
Baseline model 7780.895
Factor model 753.176
df 342
p 0.000

Additional fit measures

Index	Value
Comparative Fit Index (CFI)	0.938
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.927
Bentler-Bonett Normed Fit Index (NFI)	0.927
Bentler-Bonett Unadjusted Fit Index (UFI)	0.903
Parsimony Normed Fit Index (PNFI)	0.771
Bollen's Relative Fit Index (RFI)	0.887
Bollen's Incremental Fit Index (IFI)	0.938
Relative Noncentrality Index (RNI)	0.938

Information criteria

Value	
Log-likelihood	-7750.812
Number of free parameters	126.000
Akaike (AIC)	15753.623
Bayesian (BIC)	16256.862
Sample-size adjusted Bayesian (SSABIC)	15857.055

Other fit measures

Metric	Value
Root mean square error of approximation (RMSEA)	0.089
RMSEA 90% CI lower bound	0.081
RMSEA 90% CI upper bound	0.097
RMSEA p-value	0.000
Standardized root mean square residual (SRMR)	0.044
Hoelter's critical N ($\alpha = .05$)	178.215
Hoelter's critical N ($\alpha = .01$)	187.952
Goodness of fit index (GFI)	0.964
McDonald fit index (MF)	0.563
Expected cross validation index (ECVI)	

Parameter estimates

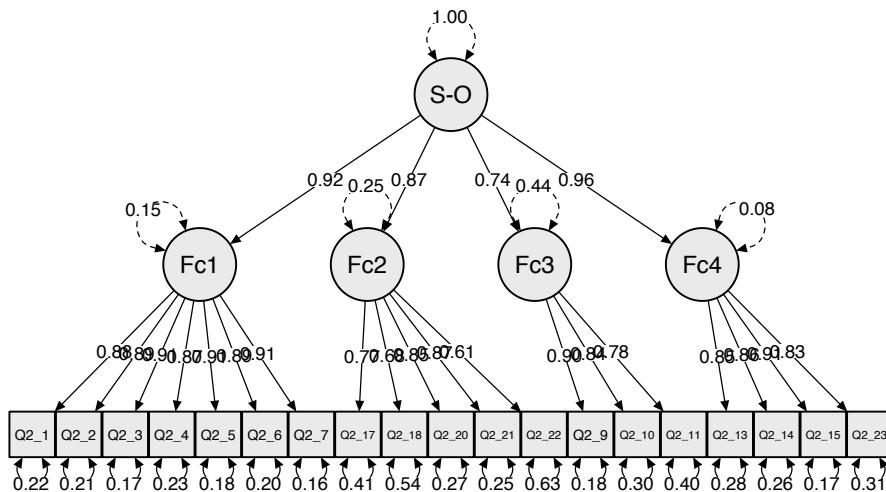
未婚

Factor loadings

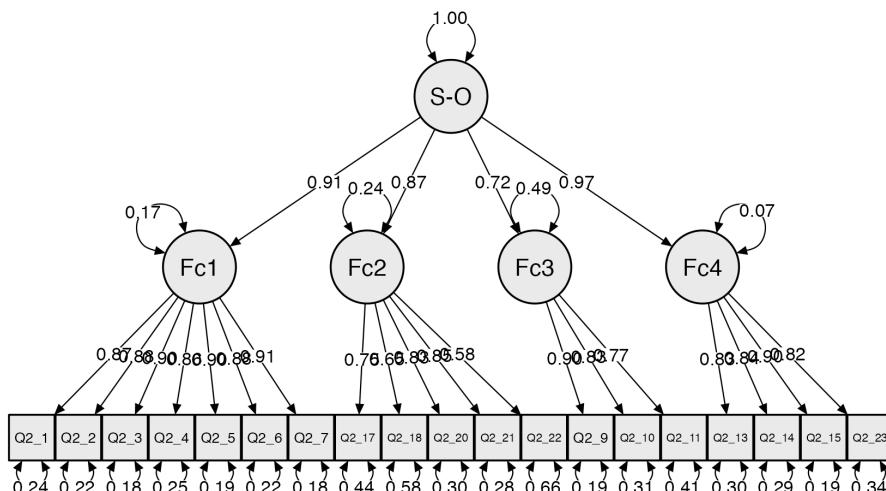
最後，以婚姻狀況為分組變數進行生涯規劃量表測量恆等性探討，詳細測量恆等性可依下圖步驟進行。經上述四個測量恆等性檢定後，彙整各模式 χ^2 、自由度、CFI 及 RMSEA 如下表：

Model	χ^2	df	$\Delta\chi^2$	Δdf	p 值	CFI	RMSEA
型態恆等	753.176	292.000				0.938	0.089
尺度恆等	769.098	310.000	15.922	18.000	0.598	0.938	0.086
截距相等	782.916	328.000	13.818	18.000	0.741	0.939	0.083
殘差變異數恆等	928.586	347.000	145.670	19.000	0.000	0.922	0.091

由上表可發現在不同婚姻狀況具尺度恆等性及截距恆等性，但並未具備殘差變異數恆等性。由於殘差變異數恆等的恆等對於理論模式的實務驗證來說不僅過於嚴苛，由於二階單因素模式應用於不同婚姻狀況的測量上具備強測量恆等性，故可適用於測量不同婚姻狀況的生涯規劃的可行模式。同時，透過 Plots 的選項，可輸出不同婚姻狀況下的二階單因素路徑圖如下：



婚姻狀況：未婚



婚姻狀況：已婚

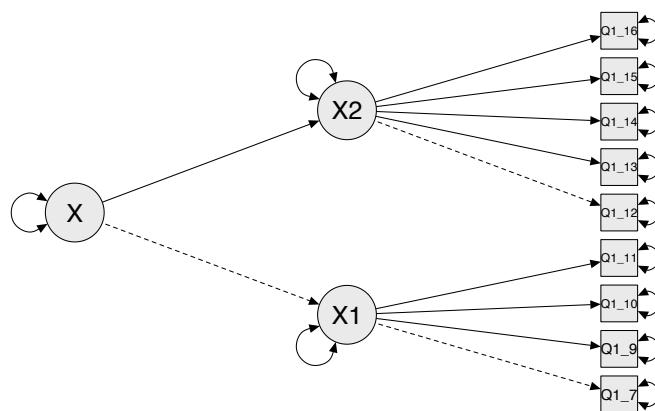
結構方程式模型

結構方程式模型 (Structure Equation Modeling, SEM) 由兩部分組成，即測量模式 (Measurement model) 與結構模式 (Structure model)。在測量模式中藉由驗證性因素分析建構觀測變項與潛在變項間的關係；而結構模式中則利用路徑分析 (Path Analysis) 來探討潛在變項間的因果關係。由於結構方程式模型可同時分析多觀測變項及不同構面之間的關聯性或因果關係，使研究者能分析變數間複雜的共變數結構，並利用測量模式、結構模式讓研究者可以發掘潛在或相互影響之因果關係，故近年來已大量應用於社會科學、行為科學等領域，及市場調查研究領域上等，成為主流的研究方法之一。

JASP 統計軟體所提供的 SEM 模組以統計軟體 R 的 lavaan 為核心開發，所以需要利用 lavaan 的語法定義變數間的變數關係，以下說明 lavaan 中使用的符號：

- $=\sim$ ：定義潛在變量，例如 $F1 =\sim x1+x2+x3$ ，潛在變項 F1 有三個衡量指標 x1、x2、x3
- \sim ：定義迴歸模式，例如 $F \sim F1+F2+F3$
- $\sim\sim$ ：定義變數間相關或共變，例如 $F1 \sim\sim F2$
- ~ 1 ：指定截距項
- $*$ ：固定估計參數，例如 $F1 =\sim 1 * x1+x2+x3$

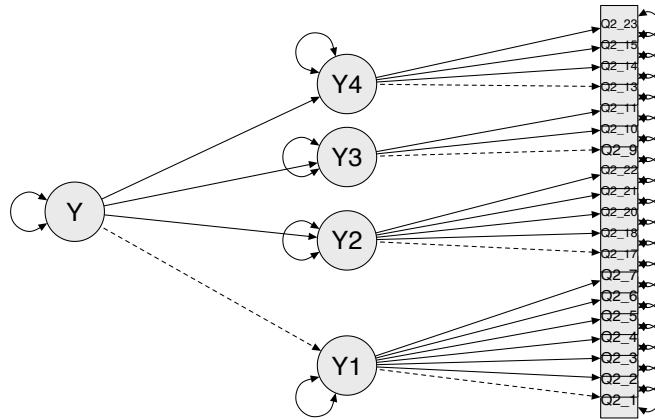
因此，就前述組織變革認知及生涯規劃兩測量模式，語法可分別撰寫如下：



組織變革認知測量模型

```

1 X1 =~ Q1_7 + Q1_9 + Q1_10 + Q1_11
2 X2 =~ Q1_12 + Q1_13 + Q1_14 + Q1_15 + Q1_16
3 X =~ X1 + X2
  
```



生涯規劃測量模型

```

1 Y1=~Q2_1+Q2_2+Q2_3+Q2_4+Q2_5+Q2_6+Q2_7
2 Y2=~Q2_17+Q2_18+Q2_20+Q2_21+Q2_22
3 Y3=~Q2_9+Q2_10+Q2_11
4 Y4=~Q2_13+Q2_14+Q2_15+Q2_23
5 Y=~Y1+Y2+Y3+Y4

```

由於組織變革認知會影響生涯規劃，故可以使用 ~ 定義組織變革認知會與生涯規劃間的回歸模式，整體的結構方程式模式可撰寫如下：

```

1 X1=~Q1_7+Q1_9+Q1_10+Q1_11
2 X2=~Q1_12+Q1_13+Q1_14+Q1_15+Q1_16
3 X=~X1+X2
4
5 Y1=~Q2_1+Q2_2+Q2_3+Q2_4+Q2_5+Q2_6+Q2_7
6 Y2=~Q2_17+Q2_18+Q2_20+Q2_21+Q2_22
7 Y3=~Q2_9+Q2_10+Q2_11
8 Y4=~Q2_13+Q2_14+Q2_15+Q2_23
9 Y=~Y1+Y2+Y3+Y4
10
11 Y~X

```

JASP 統計軟體操作畫面如下圖：

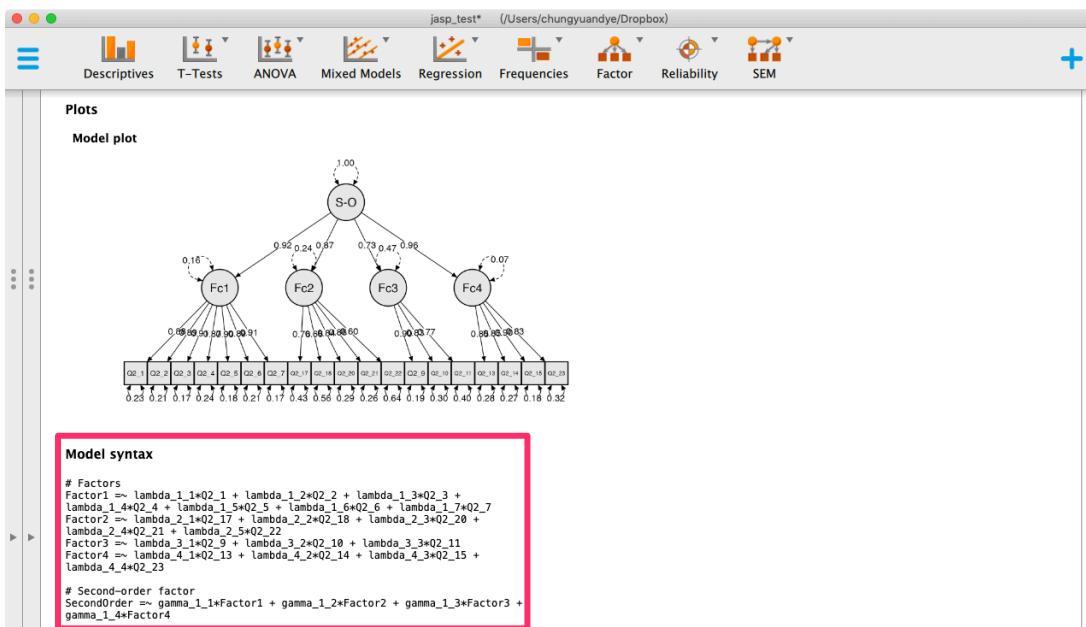
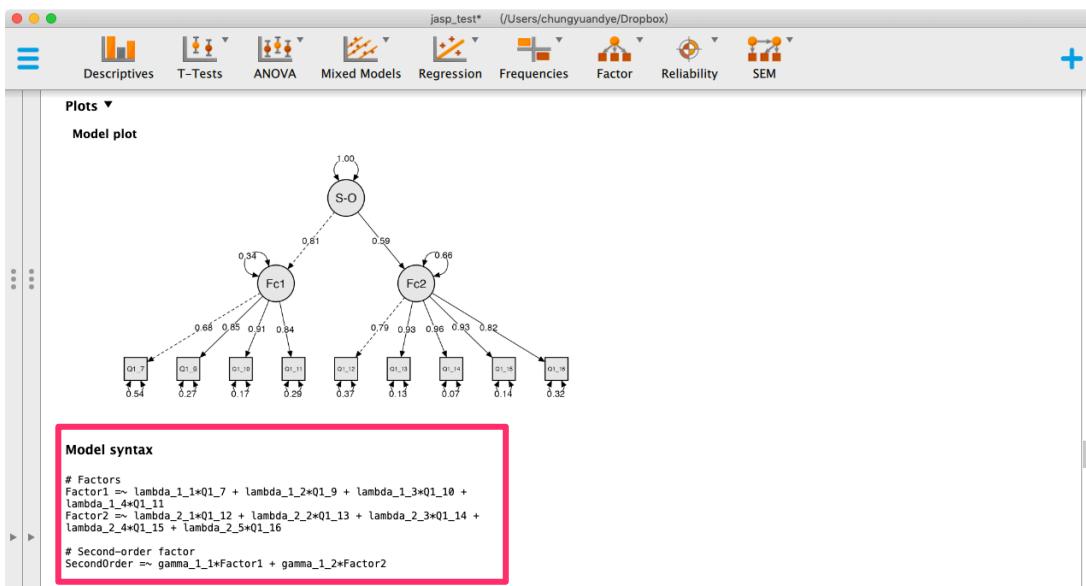
注意執行鍵，會依作業系統不同有所差異

由輸出結果可發現模式 $\chi^2/df = 2.655$ 、CFI = 0.947 及 RMSEA = 0.064 皆符合標準，且兩構面間標準化路徑係數為 0.438，顯見組織變革認知程度對生涯規劃有正向且顯著的影響。

Latent	Indicator	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval		Standardized		
						Lower	Upper	All	LV	Endo
X	X1	1.000	0.000			1.000	1.000	0.723	0.723	0.723
	X2	1.103	0.218	5.057	4.261e-7	0.676	1.531	0.658	0.658	0.658
X1	Q1_7	1.000	0.000			1.000	1.000	0.683	0.973	0.683
	Q1_9	1.345	0.088	15.361	0.000	1.173	1.517	0.854	1.309	0.854
	Q1_10	1.467	0.091	16.085	0.000	1.288	1.645	0.909	1.427	0.909
	Q1_11	1.364	0.090	15.217	0.000	1.188	1.540	0.844	1.328	0.844
X2	Q1_12	1.000	0.000			1.000	1.000	0.794	1.180	0.792
	Q1_13	1.252	0.055	22.644	0.000	1.144	1.360	0.930	1.478	0.930
	Q1_14	1.232	0.052	23.803	0.000	1.131	1.334	0.963	1.455	0.963
	Q1_15	1.157	0.052	22.462	0.000	1.056	1.258	0.925	1.366	0.925
	Q1_16	1.073	0.056	19.899	0.000	0.962	1.184	0.823	1.266	0.823
Y	Y1	1.000	0.000			1.000	1.000	0.912	0.912	0.912
	Y2	0.901	0.060	14.928	0.000	0.783	1.019	0.873	0.873	0.873
	Y3	1.003	0.069	14.623	0.000	0.868	1.137	0.739	0.739	0.739
	Y4	1.086	0.058	18.572	0.000	0.972	1.201	0.963	0.963	0.963
Y1	Q2_1	1.000	0.000			1.000	1.000	0.877	0.869	0.877
	Q2_2	0.971	0.037	25.972	0.000	0.897	1.044	0.888	0.844	0.888
	Q2_3	0.972	0.035	27.394	0.000	0.902	1.041	0.909	0.845	0.909
	Q2_4	1.022	0.041	24.893	0.000	0.942	1.103	0.870	0.889	0.870
	Q2_5	0.957	0.035	27.023	0.000	0.888	1.027	0.904	0.832	0.904
	Q2_6	0.956	0.037	26.149	0.000	0.884	1.027	0.890	0.831	0.890
	Q2_7	0.979	0.036	27.494	0.000	0.909	1.049	0.910	0.851	0.910
Y2	Q2_17	1.000	0.000			1.000	1.000	0.758	0.819	0.758
	Q2_18	1.025	0.076	13.402	0.000	0.875	1.174	0.666	0.839	0.666
	Q2_20	1.050	0.060	17.470	0.000	0.932	1.168	0.844	0.860	0.844
	Q2_21	1.121	0.063	17.816	0.000	0.998	1.245	0.859	0.918	0.859
	Q2_22	0.977	0.082	11.940	0.000	0.817	1.138	0.599	0.800	0.599
Y3	Q2_9	1.000	0.000			1.000	1.000	0.901	1.076	0.901
	Q2_10	0.911	0.044	20.845	0.000	0.825	0.997	0.836	0.980	0.836
	Q2_11	0.898	0.048	18.676	0.000	0.803	0.992	0.775	0.966	0.775
Y4	Q2_13	1.000	0.000			1.000	1.000	0.846	0.894	0.846
	Q2_14	1.077	0.049	21.911	0.000	0.981	1.173	0.855	0.963	0.855
	Q2_15	1.075	0.045	24.103	0.000	0.987	1.162	0.903	0.961	0.903
	Q2_23	1.004	0.048	20.695	0.000	0.909	1.099	0.826	0.897	0.826

Predictor	Outcome	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval		Standardized		
						Lower	Upper	All	LV	Endo
X	Y	0.493	0.096	5.120	3.062e-7	0.304	0.682	0.438	0.438	0.438

此外，若不想自己撰寫，也可利用前述驗證性因素分析時要求 JASP 統計軟體幫忙輸出模式語法，之後再將語法合併並執行，如下圖：



```

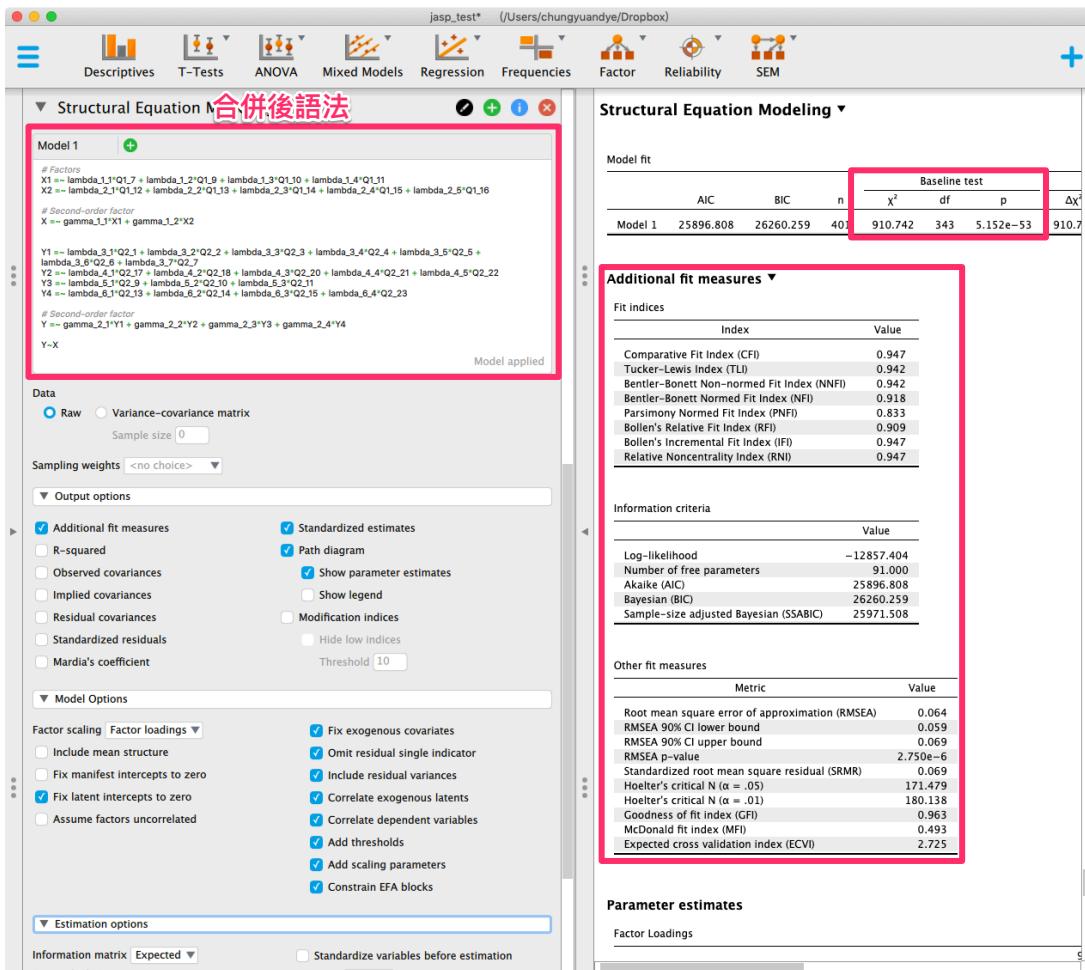
1 #Factors
2 X1=~lambda_1_1*Q1_7+lambda_1_2*Q1_9+lambda_1_3*Q1_10+lambda_1_4*Q1_11
3 X2=~lambda_2_1*Q1_12+lambda_2_2*Q1_13+lambda_2_3*Q1_14+lambda_2_4*Q1_15+
lambda_2_5*Q1_16
4 #Second-order factor
5 X=~gamma_1_1*X1+gamma_1_2*X2
6 Y1=~lambda_3_1*Q2_1+lambda_3_2*Q2_2+lambda_3_3*Q2_3+lambda_3_4*Q2_4+lambda_3_5*
Q2_5+lambda_3_6*Q2_6+lambda_3_7*Q2_7
7 Y2=~lambda_4_1*Q2_17+lambda_4_2*Q2_18+lambda_4_3*Q2_20+lambda_4_4*Q2_21+
lambda_4_5*Q2_22
8 Y3=~lambda_5_1*Q2_9+lambda_5_2*Q2_10+lambda_5_3*Q2_11
9 Y4=~lambda_6_1*Q2_13+lambda_6_2*Q2_14+lambda_6_3*Q2_15+lambda_6_4*Q2_23
10 #Second-order factor

```

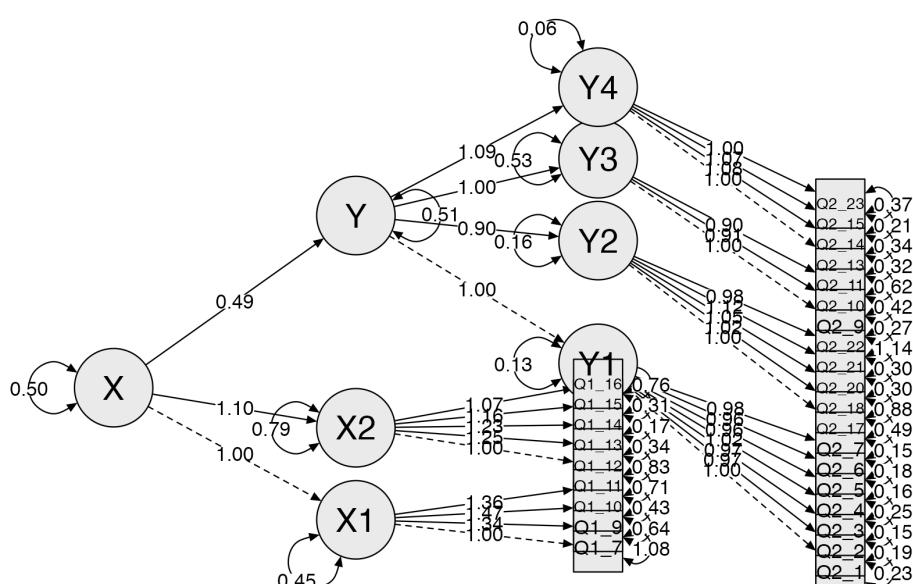
```

11 Y=~gamma_2_1*Y1+gamma_2_2*Y2+gamma_2_3*Y3+gamma_2_4*Y4
12 Y~X

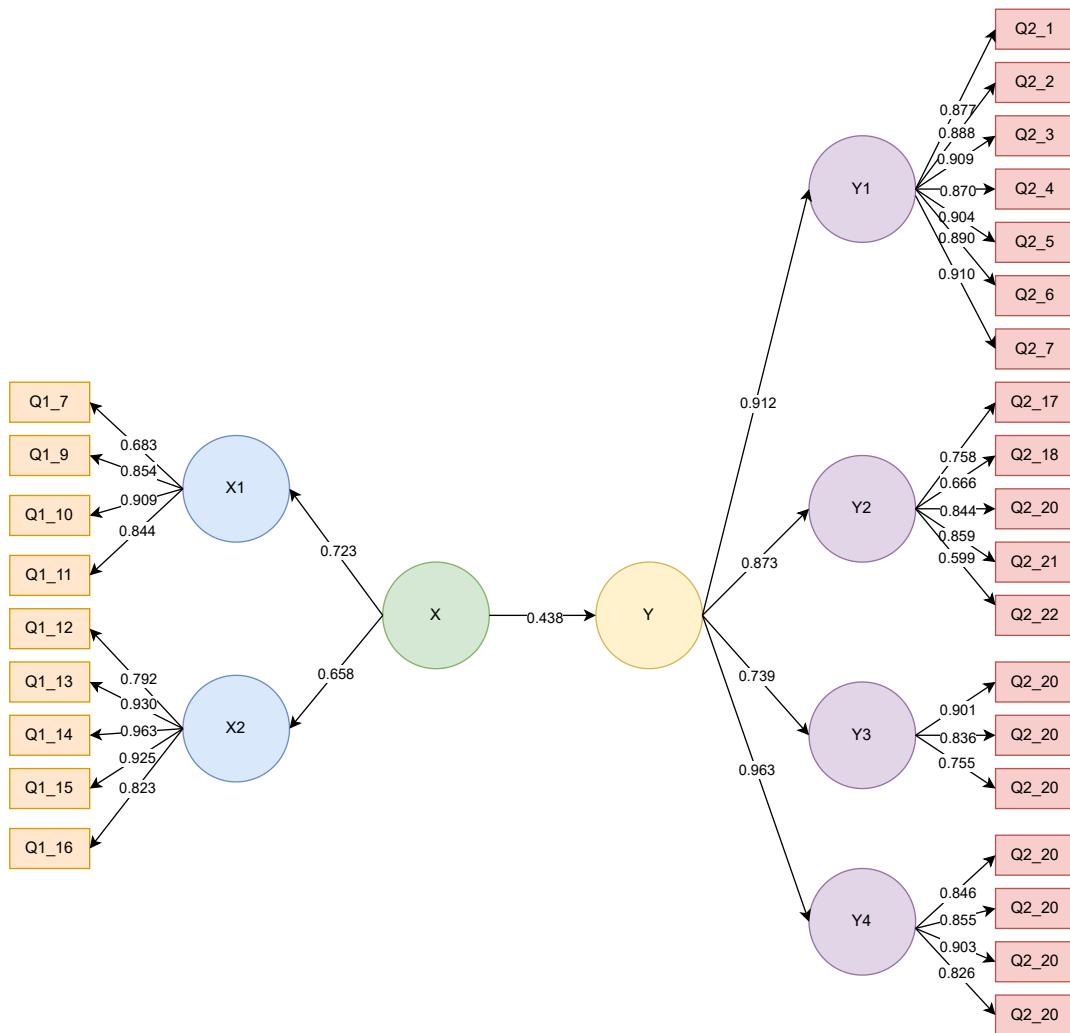
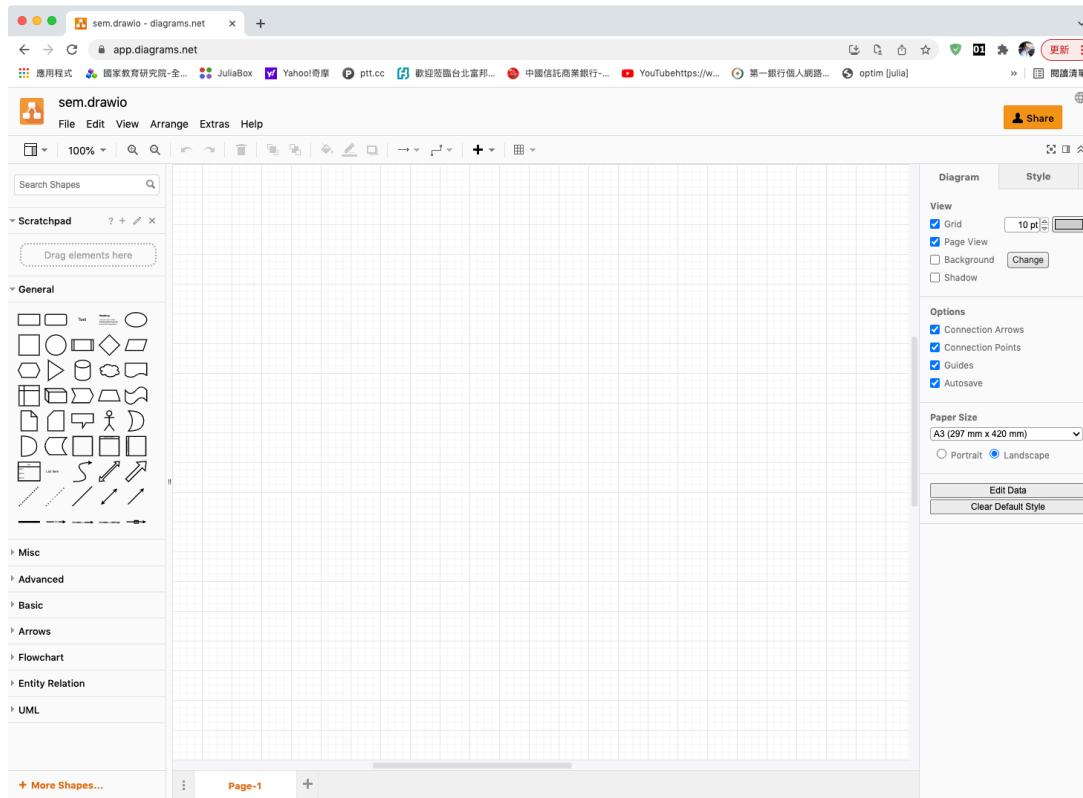
```



與前述語法輸出的結果相比較，可發現結果完全相同。最後，結構方程式模式路徑圖可輸出如下：



由於結果實在不美觀，建議可由利用免費線上繪圖網站Draw.io依據因素負荷量及路徑係數重新繪圖。



Bibliography

- Anderson, J.C., Gerbing, D.W., 1988. Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological bulletin* 103, 411.
- Drasgow, F., 1984. Scrutinizing psychological tests: Measurement equivalence and equivalent relations with external variables are the central issues. .
- Fornell, C., Larcker, D.F., 1981. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of marketing research* 18, 39–50.
- Jackson, D.L., Gillaspy Jr, J.A., Purc-Stephenson, R., 2009. Reporting practices in confirmatory factor analysis: an overview and some recommendations. *Psychological methods* 14, 6.