



Doğrulayıcı Faktör Analizi



Uygulama

Dr. Kubra Atalay Kabasakal
Bahar 2023



Uygulama

- Yaşam doyumu verileri, yaşam doyumunun farklı yönlerine/alanlarına ilişkin 10 maddeden oluşmaktadır. Ne kadar memnunsun:

m1	okul notun
m2	dış görünüşünüz
m3	öğretmeninizle ilişkiniz
m4	okul hayatın
m5	sosyal hayatınız
m6	senin kişiliğin
m7	arkadaşlarınızla olan ilişkileriniz
m8	anne babanla ilişkiniz
m9	senin aile hayatın
m10	sosyo-ekonomik durumunuz

1 = "hiç memnun değilim" ile 7 = "çok memnunum" arasında 7 puanlık bir ölçekle alınmış sonuçlar.

Verinin okunması

```
library(openxlsx)
yasamdoyum <- read.xlsx("yasamdoyum.xlsx")
head(yasamdoyum)
```

```
##   ID cinsiyet yas okul1 okul2 okul3 kisi1 kisi2 arkadas1 arkadas2 aile1 aile2 aile3
## 1  1      kadin 13     5     6     2     4     7       6       7       7       7       7
## 2  2      erkek 14     5     5     4     4     5       5       5       5       5       5       4
## 3 10      kadin 14     7     2     1     7     6       5       5       7       6       6
## 4 11      kadin 14     1     6     5     6     6       6       7       7       7       7
## 5 12      kadin 14     5     6     5     6     6       6       7       6       5       6
## 6 14      erkek 14     4     6     5     5     5       6       6       6       5       5
```

Modelin tanımlanması

```
model_1 <-
"
okul =~ okul1 + okul2 + okul3
kisi =~ kisi1 + kisi2
arkadas =~ arkadas1 + arkadas2
aile =~ aile1 + aile2 + aile3
"
```

DFA modelinin testi

```
library(lavaan)
model_1_fit <- cfa(model_1, data = yasamdoyum)
summary(model_1_fit, fit.measures = TRUE, standardized = TRUE)
```

```
##   Length Class  Mode
##       1 lavaan    S4
```

DFA modelinin testi

- Analizin çıktıları incelendiğinde, ilk olarak iterasyon sayısı, modelde kestirilen parametre sayısı, gözlem sayısı ve kullanılan kestirim yöntemi bilgileri yer almaktadır.
- Sonrasında ki-kare istatistikleri ve model uyum indeksleri raporlanmıştır.
- Bu çıktıları daha düzgün elde etmek içi **semoutput** paketi kullanılabilir.

```
# devtools::install_github("dr-JT/semoutput")
library(semoutput)
sem_sig(model_1_fit)
```

Model Significance

Sample.Size	Chi.Square	df	p.value
255	51.433	29	0.006

DFA modelinin testi

- Model uyum istatistikleri semoutputtan aşağıdaki şekilde elde edilebilir.

```
library(semoutput)
sem_fitmeasures(model_1_fit)
```

Model Fit Measures

CFI	RMSEA	RMSEA.Lower	RMSEA.Upper	SRMR	AIC	BIC
0.958	0.055	0.029	0.079	0.053	6907.52	6999.593

DFA modelinin testi

- Model uyum istatistikleri fitmeasures fonksiyonu ile aşağıdaki şekilde elde edilebilir.

```
fitmeasures(model_1_fit,fit.measures = c("chisq" , "df" , "pvalue","cfi","tli","rmsea","rmsea.ci.lower","rmsea.ci.upper","srmr"))
```

##	chisq	df	pvalue	cfi	tli	rmsea	rmsea.ci.lower
##	51.433	29.000	0.006	0.958	0.935	0.055	0.02
##	rmsea.ci.upper		srmr				
##	0.079		0.053				

DFA modelinin testi

- Esnek kesim noktalari

```
library(FCO)
fits.esnek <- gen_fit(mod1 = model_1, x = yasamdoyum[,4:13], rep = 100)
flex_co(fits = fits.esnek, index = c("CFI", "SRMR"))$cutoff
```

```
##          CFI        SRMR
## 0.93290711 0.04625206
```

```
recommend(fits.esnek)$cutoffs
```

```
## Warning in recommend(fits.esnek): The number of replications is lower than the recommended minimum of 5
## Consider with care.
```

```
##          SRMR
## cutoff 0.001 0.054
## cutoff 0.01   0.052
## cutoff 0.05   0.046
## cutoff 0.1    0.043
```

DFA modelinin testi

- Model uyum indekslerini takiben faktör yükleri, standart hataları, z değerleri ve p değerleri gelmektedir.
- p değerleri maddelere ilişkin faktör yüklerinin sıfırdan anlamlı düzeyde farklı olup olmadığını ilişkin bilgi verir.
- Faktör yükleri incelendiğinde, her bir faktörün ilk maddesinin referans madde olarak tanımlandığı ve faktör yüklerinin bire eşitlendiği görülmektedir.
- Bu maddelere ilişkin standart hatalar, z ve p değerleri hesaplanmamıştır. Faktör yükler tablosunun ardından ise faktörler arası kovaryans, madde ve faktör varyans kestirimleri, standart hataları, z ve p değerleri yer almaktadır.

DFA modelinin testi

```
sem_factorloadings(model_1_fit, standardized = FALSE)
```

Factor Loadings

Latent Factor	Indicator	Unstandardized							
		Loadings	sig	p	Lower.CI	Upper.CI	SE	z	
okul	okul1	1.000	NA	NA	1.000	1.000	0.000	NA	
okul	okul2	1.431	***	0	0.928	1.934	0.257	5.572	
okul	okul3	1.995	***	0	1.204	2.785	0.403	4.947	
kisi	kisi1	1.000	NA	NA	1.000	1.000	0.000	NA	
kisi	kisi2	0.940	***	0	0.634	1.245	0.156	6.028	
arkadas	arkadas1	1.000	NA	NA	1.000	1.000	0.000	NA	
arkadas	arkadas2	0.614	***	0	0.384	0.843	0.117	5.235	
aile	aile1	1.000	NA	NA	1.000	1.000	0.000	NA	
aile	aile2	1.061	***	0	0.808	1.314	0.129	8.233	
aile	aile3	0.598	***	0	0.433	0.762	0.084	7.136	

DFA modelinin testi

- okul2 göstergesinin yükü **1.431** olarak kestirilmiştir.
- Bu değer faktör puanındaki birbirimlik değişikliğin okul2 puanında 1.431 birimlik değişiklige yol açacağı şeklinde yorumlanır.
 - Ancak bu değerler kendi başlarına **çok anlamlı olmadığından standartlaştırmamış yüklerin yorumlanması** dikkatli olmak gereklidir.
- Ölçülen göstergelerde **faktörün yordayıcı gücünü karşılaştırmak için daha anlamlı bir yaklaşım standartlaştırmış yüklerin** yorumlanmasıdır.

DFA modelinin testi

```
sem_factorloadings(model_1_fit, standardized = TRUE)
```

Factor Loadings

Latent Factor	Indicator	Standardized						
		Loadings	sig	p	Lower.Cl	Upper.Cl	SE	z
okul	okul1	0.420	***	0	0.296	0.544	0.063	6.657
okul	okul2	0.638	***	0	0.515	0.761	0.063	10.159
okul	okul3	0.858	***	0	0.722	0.993	0.069	12.360
kisi	kisi1	0.669	***	0	0.548	0.790	0.062	10.856
kisi	kisi2	0.784	***	0	0.658	0.910	0.064	12.160
arkadas	arkadas1	0.791	***	0	0.649	0.933	0.073	10.901
arkadas	arkadas2	0.531	***	0	0.405	0.657	0.064	8.246
aile	aile1	0.742	***	0	0.647	0.837	0.048	15.304
aile	aile2	0.846	***	0	0.751	0.940	0.048	17.574
aile	aile3	0.510	***	0	0.402	0.618	0.055	9.239

Kestirimler

- parametre kestirimleri ise **coef()**, **parameterEstimates()** fonksiyonlarıyla elde edilebilir.
- **coef()** fonksiyonu faktör yükleri, madde varyansları, faktör varyansları ve kovaryanslarının sadece parametre kestirimlerini verirken,
- **parameterEstimates()** fonksiyonu parametre kestirimlerinin yanı sıra kestirimlerin standart hatalarını, güven aralıklarını, istenmesi durumunda standartlaştırılmış değerlerini ve R^2 değerlerini verir.

Açıklanan varyans

```
varyanslar <-  
summary(model_1_fit,  
rsquare=TRUE)  
# varyanslar <- varyanslar$pe  
# varyanslar[,5:8] <-  
# round(varyanslar[,5:8],2)
```

```
library(DT)  
  
#datatable(varyanslar)
```

Açıklanan varyans

```
sem_factorvar(model_1_fit)
```

Latent Factor Variance/Residual Variance

Factor 1	Factor 2	var	var.std	sig	p
okul	okul	0.327		1 **	0.003
kisi	kisi	0.532		1 ***	0.000
arkadas	arkadas	0.437		1 ***	0.000
aile	aile	0.611		1 ***	0.000

Açıklanan varyans

Genel olarak R^2 değeri aşağıdaki formülle elde edilir:

$$R_{X_i}^2 = \frac{\lambda_i^2 \sigma_\xi^2}{\sigma_{X_i}^2}$$

- Örneğin okul2 değişkenin açıkladığı varyans 0.407 olarak kestirilmiştir.
- Bu kestirim okul2 değişkenin **faktör yükünün karesinin**, okul **gizil değişkeninin açıkladığı varyans** ile çarpımının, **okul2 değişkeninin varyansına bölümü** ile hesaplanır.

```
(1.431^2 * 0.327) / var(yasamdoyum$okul2)
```

```
## [1] 0.4046344
```

- Bu değer okul2'deki varyansın yaklaşık **%41**inin faktör tarafından açıkladığı şeklinde yorumlanır.

Açıklanan varyans

- R^2 değerinin kare kökü, faktör ve ilgili göstergede arasındaki korelasyon katsayısıdır.
- okul2 göstergesi için R^2 değeri **0.407**'tür. Bu değerin karekökü **0.638** değerine eşit olup okul2 göstergesinin **standartlaştırılmış** faktör yüküdür.
- okul3 göstergesi için R^2 değeri **0.735**'dur. Bu değerin karekökü **0.857** değerine eşit olup okul3 göstergesinin **standartlaştırılmış** faktör yüküdür.

Artık Varyanslar ve R²

Ayrıca maddelere ilişkin kovaryans matrisi **fitted()** fonksiyonuyla; atıklar **resid()** fonksiyonuyla elde edilebilir.

```
resid(model_1_fit, type = "normalized")
```

```
## $type
## [1] "normalized"
##
## $cov
##          okul1  okul2  okul3  kisi1  kisi2 arkds1 arkds2  aile1  aile2  aile3
## okul1      0.000
## okul2     -0.214  0.000
## okul3     -0.105  0.077  0.000
## kisi1      0.304  0.551  0.920  0.000
## kisi2      1.276 -1.224 -0.488  0.000  0.000
## arkadas1   1.134 -1.044  0.391  0.270 -0.139  0.000
## arkadas2  -0.385 -0.036 -0.593 -0.587  0.285  0.000  0.000
## aile1      2.922 -0.077 -0.420 -0.088  0.941 -0.138  1.139  0.000
## aile2      1.807  0.160 -0.862 -1.256 -0.429 -0.464  0.012  0.091  0.000
## aile3      0.984  1.192  1.605  0.935  2.290  1.091  0.757 -0.621  0.096  0.000
```

Artık Varyanslar ve R²

- 2.58'i gecen değerler p<0.01 için,
- 1.96'yı gecen değerler ise p<0.05 için anlamlıdır.
 - **aile1 ~ okul1**
 - **aile3 ~ kisi2**

Artık Varyanslar ve R²

- **Artık varyans** her bir ölçülen değişkenin faktör tarafından **açıklanmayan varyans** miktarıdır.
- Örneğin, okul2 değişkenin varyansı 1.65 olarak kestirilmiştir.

```
var(yasamdoyum$okul2)
```

```
## [1] 1.654871
```

- okul2 değişkenin okul faktörü tarafından açıklanmayan varyans miktarı 0.978 olarak kestirilmiştir.
- Bu nedenle, okul2 değişkenin okul faktörü tarafından açıklanan varyans miktarı **1.65 – 0.978 = 0.672**

Artık Varyanslar ve R²

- R^2 okul faktörü tarafından açıklanan açıklanan varyans oranıdır:
 $R^2 = 0.672/1.65 = 0.407$
- okul faktörü tarafından açıklanmayan varyans oranı ise: $1 - 0.407 = 0.593$

```
##      lhs op    rhs   est     se     z pvalue ci.lower ci.upper std.lv std.all std.nox
## 12 okul2 ~~ okul2 0.978 0.137 7.13       0     0.709    1.247  0.978   0.593   0.593
```

Artık Varyanslar ve R^2

- Artık varyans ve R^2 arasındaki genel ilişki:
- Standartlaştırmamış çözüm için artık varyans:
 - $\sigma_{X_i}^2(1 - R^2)$
- Standartlaştırmış çözüm için artık varyans:
 - $(1 - R^2)$
 - $(1 - \lambda_i^2)$
- Bu iki formül standartlaştırmış artık ve R^2 arasındaki ilişki ve standartlaştırmış artık ve standartlaştırmış yük arasındaki ilişki hakkında bilgi verir.

semPlot" Paketi

- **semPlot** paketi YEM analizlerine ilişkin diyagramların çizilmesine olanak sağlayan fonksiyonları içerir.
- Paket içinde yer alan **semPaths()** fonksiyonu **lavaan** fonksiyonlarının çıktılarıyla doğrudan çalıştırılabildiğinden, YEM analizlerine ilişkin diyagramların çizilmesinde oldukça kullanışlıdır.
- **semPaths()** fonksiyonunun diyagramların özelleştirilmesine ilişkin çok sayıda argümanı bulunmaktadır.

semPaths

Argüman	Açıklama	Değerleri
Object	YEM modeli analiz çıktısını içeren nesnedir.	
What	Diyagramda hangi değerlerin gösterileceği tanımlanır.	"path", "diagram" ve "mod": yalnızca diyagramı "est" ve "par" kestirilen; "stand" ve "std" standartlaştırılmış parametreler "eq" ve "cons" eşitlenen parametreler aynı renkle gösterilir.
whatLabels	Yol çizgilerinde hangi değerlerin gösterileceği tanımlanır.	what argümanıyla aynı değerleri alır.

semPaths

Argüman	Açıklama	Değerleri
Style	Diyagramın biçimi tanımlanır. "ram", "mx", "OpenMx", "lisrel"	
layout	Diyagramın tasarımı tanımlanır.	"tree", "tree2", "circle", "circle2", "spring"
title	Çoklu grup analizlerde grup adlarının diyagram başlığı olarak tanımlanması sağlanır.	
Reorder	Faktör yüklerine göre sıralama yapılır.	TRUE, FALSE
edge.label.cex	Yol çizgilerinde yer alan parametre kestirim değerlerinin font büyüğünü belirtir.	Sayısal değer

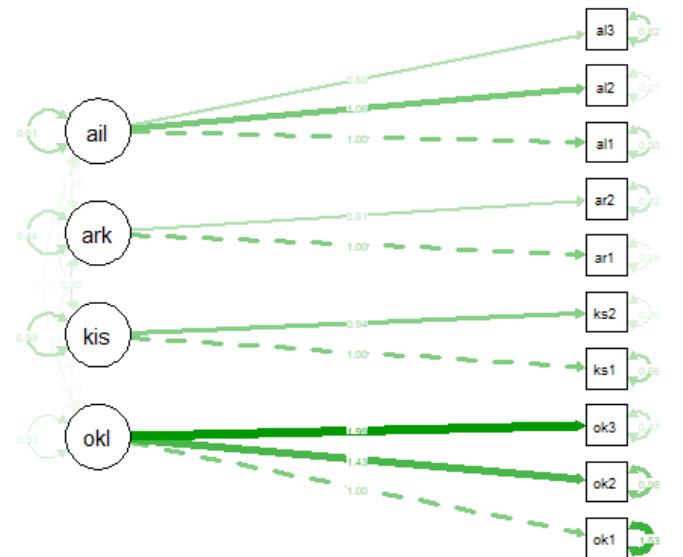
semPaths

Argüman	Açıklama	Değerleri
color	Diyagramdaki şekillerin renkleri tanımlanır.	Liste: list(man= "", lat= "", int= "") man: gözlenen, lat: gizil değişken, int: kesişim
rotation	Diyagramın yönü belirlenir.	1, 2, 3, 4
NCharNodes	Değişken adlarının maksimum kaç karakter olacağı tanımlanır.	Sayısal değer
SizeMan	Gözlenen değişkene ilişkin dörtgen şeklinin büyütüğü tanımlanır.	Sayısal değer
sizeLat	Gizil değişkene ilişkin daire şeklinin büyütüğü tanımlanır.	Sayısal değer

DFA modelinin testi

Standartlaştırmamış Çözümler

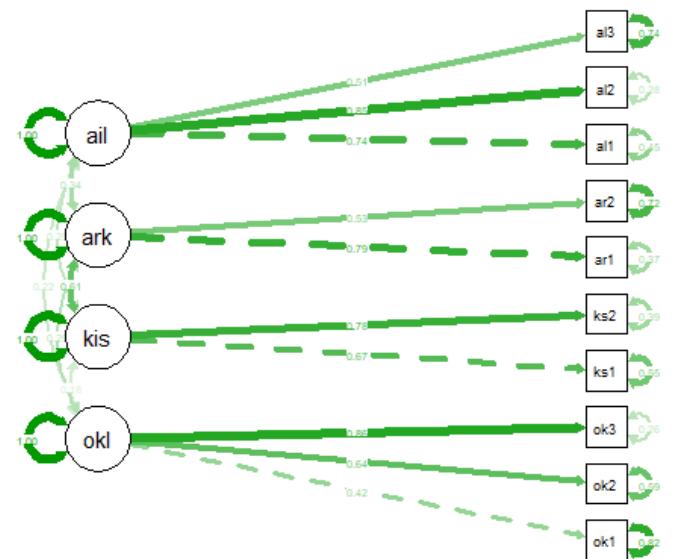
```
library(semPlot)
semPaths(model_1_fit, what="par",
rotation = 2 )
```



DFA modelinin testi

Standartlaştırılmış Çözümler

```
semPaths(model_1_fit, what="std",
rotation = 2 )
```



Faktörler arası korelasyon

```
sem_factorcor(model_1_fit)
```

Latent Factor Correlations

Factor 1	Factor 2	r	sig	p	Lower.CI	Upper.CI	SE
okul	kisi	0.180	*	0.029	0.018	0.342	0.083
okul	arkadas	0.293	***	0.000	0.129	0.457	0.084
okul	aile	0.219	**	0.004	0.069	0.369	0.077
kisi	arkadas	0.614	***	0.000	0.456	0.771	0.080
kisi	aile	0.249	**	0.002	0.093	0.406	0.080
arkadas	aile	0.344	***	0.000	0.185	0.502	0.081

DFA modelinin testi

Standartlaştırlılmamış Çözümler

```
model_1_v1 <-
"okul =~ NA*okul1 + okul2 + okul3
kisi =~ NA*kisi1 + kisi2
arkadas =~ NA*arkadas1 + arkadas2
aile =~ NA*aile1 + aile2 + aile3
  kisi ~~ 1*kisi
  arkadas ~~ 1*arkadas
  aile ~~ 1*aile"
model_1_v1_fit <- cfa(model_1_v1,yasamdoyum)
parameterestimates(model_1_v1_fit,standardized = TRUE)[11:14,]

##      lhs op      rhs   est se  z pvalue ci.lower ci.upper std.lv std.all std.nox
## 11    kisi ~~~ kisi 1.000  0 NA     NA       1       1 1.000 1.000 1.000
## 12  arkadas ~~~ arkadas 1.000  0 NA     NA       1       1 1.000 1.000 1.000
## 13    aile ~~~ aile 1.000  0 NA     NA       1       1 1.000 1.000 1.000
## 14  okul1 ~~~ okul1 1.528 NA NA     NA       NA      1.528 0.824 0.824
```

aynı standartlaştırlımiş çözümleri sağlar.

Modifikasyon indeksleri

- **modindices()** fonksiyonu doğrudan **cfa()** fonksiyonun çıktılarının atandığı ile çalıştırıldığında tüm modifikasyonları,
- modifikasyon yapıldığında ki-karedeki değişimi (mi değeri),
- parametrelerdeki beklenen değişimi (epc) ve
- istenmesi durumunda epc değerinin standartlaştırılmış değerlerini verir.

```
modindices(model_1_fit, sort=TRUE, standardized=FALSE)
```

```
##          lhs op      rhs    mi     epc
## 54      aile =~    okul1 8.466  0.347
## 44      kisi =~   aile2 7.932 -0.268
## 103     aile1 ~~  aile2 7.737  0.591
## 45      kisi =~   aile3 7.283  0.236
## 67      okul1 ~~  aile1 7.015  0.170
## 104     aile1 ~~  aile3 6.464 -0.198
## 70      okul2 ~~  okul3 5.746  1.101
## 37      okul =~    aile3 4.918  0.235
## 53      arkadas =~  aile3 4.484  0.218
```

Üç faktörlü model

```
model_2f <- "
okul =~ okul1 + okul2 + okul3
kisi_arkadas =~ kisi1 + kisi2 + arkadas1 + arkadas2
aile =~ aile1 + aile2 + aile3
"
model_2_fit <- cfa(model_2f, data = yasamdoyum)
sem_sig(model_2_fit)
```

Model Significance

Sample.Size	Chi.Square	df	p.value
255	79.522	32	0

Üç faktörlü model

```
sem_fitmeasures(model_2_fit)
```

Model Fit Measures

CFI	RMSEA	RMSEA.Lower	RMSEA.Upper	SRMR	AIC	BIC
0.912	0.076	0.055	0.098	0.064	6929.609	7011.058

Üç faktörlü model

```
fits.esnek2 <- gen_fit(mod1 = model_2f , x = yasamdoyum[,4:13], rep = 100)
```

```
## Warning in pop_mod(mod = mod1, x = x, type = type, standardized = standardized): At least one loading is
## Consider revision of standardized.
```

```
flex_co(fits = fits.esnek2, index = c("CFI", "SRMR"))$cutoff
```

```
## Warning in flex_co(fits = fits.esnek2, index = c("CFI", "SRMR")): The number of replications is lower than
## the recommended minimum of 500. Consider with care.
```

```
##          CFI        SRMR
## 0.94621472 0.05026451
```

Üç faktörlü model

```
sem_factorloadings(model_2_fit)
```

Factor Loadings

Latent Factor	Indicator	Standardized							
		Loadings	sig	p	Lower.Cl	Upper.Cl	SE	z	
okul	okul1	0.424	***	0	0.300	0.547	0.063	6.703	
okul	okul2	0.645	***	0	0.521	0.769	0.063	10.209	
okul	okul3	0.847	***	0	0.711	0.983	0.069	12.203	
kisi_arkadas	kisi1	0.629	***	0	0.521	0.737	0.055	11.443	
kisi_arkadas	kisi2	0.698	***	0	0.594	0.801	0.053	13.156	
kisi_arkadas	arkadas1	0.608	***	0	0.499	0.717	0.056	10.913	
kisi_arkadas	arkadas2	0.450	***	0	0.327	0.573	0.063	7.162	
aile	aile1	0.747	***	0	0.651	0.842	0.049	15.330	
aile	aile2	0.840	***	0	0.745	0.935	0.048	17.344	
aile	aile3	0.511	***	0	0.403	0.619	0.055	9.265	

Model karşılaştırma

- Eğer iki model hiyerarşikse ve her ikisi de veriye kabul edilebilir ölçüde uyum sağlıyorsa, iki modelin veriye uyumunu karşılaştırmak için ki-kare fark test uygulanabilir.
- Üçfaktörlü model iyi uyum göstermediği için sadece örnek amaçlı:

```
anova(model_1_fit,model_2_fit )
```

```
##  
## Chi-Squared Difference Test  
##  
##          Df      AIC      BIC   Chisq Chisq diff    RMSEA Df diff Pr(>Chisq)  
## model_1_fit 29  6907.5  6999.6 51.433  
## model_2_fit 32  6929.6  7011.1 79.522      28.089 0.1811         3  3.479e-06 ***  
## ---  
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Model karşılaştırma

- Verilen örneklerde, üç faktörlü model dört faktörlü modelin içinde kümelenmiştir.
- Üç faktörlü model veriye iyi uyum sağlamamıştır, dört faktörlü model çeşitli uyum indekslerinin de gösterdiği üzere çok daha iyi uyum sağlamıştır. Bu nedenle, dört faktörlü modelin seçimini desteklemek için ki-kare fark testi uygulamaya gerek yoktur
- Ki-kare fark testi dört faktörlü modelin üç faktörlü modellen anlamlı olarak daha iyi uyum sağladığını önerir. Bu nedenle dört faktörlü model tercih edilir.

Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri

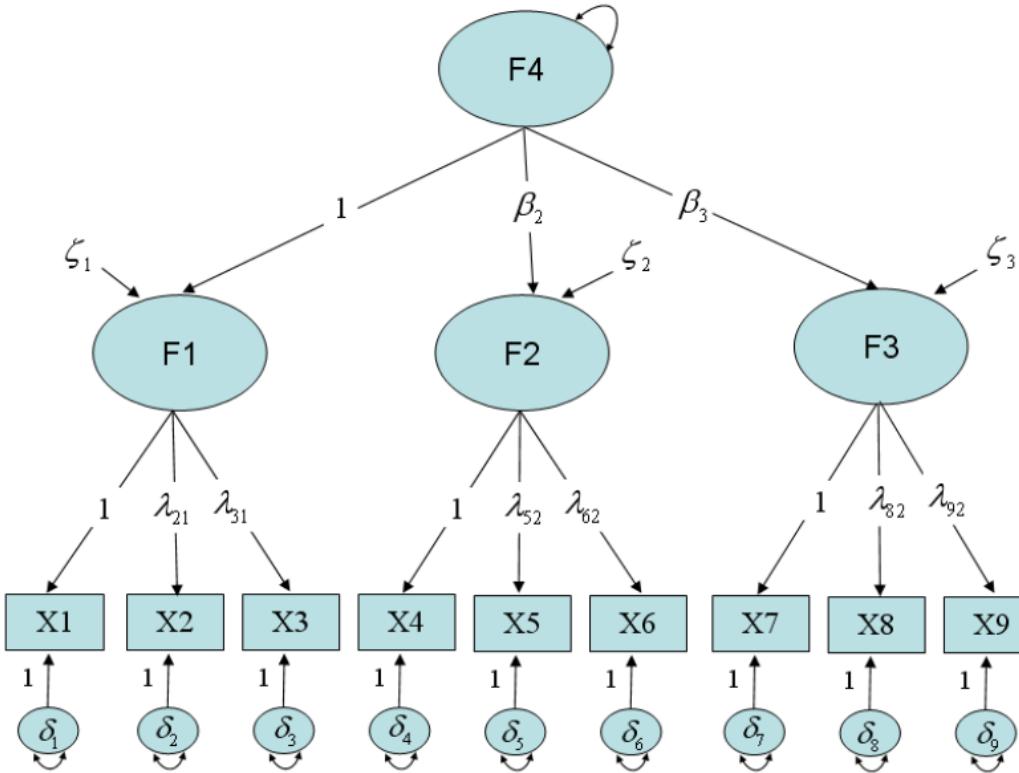
- Bazı durumlarda sadece ölçümler arasındaki kovaryansları değil, faktörler arasındaki kovaryansları açıklayacak faktörlerin hipotez edildiği daha yüksek dereceli faktör modelleri geliştirilebilir.
 - Birinci dereceli faktörler (First-order factors): Bir grup göstergenin altında yatan faktörler.
 - İkinci dereceli faktörler (Second-order factors): Birinci dereceli faktörlerin altında yatan faktörler.
 - Daha yüksek dereceli faktörler (Higher-order factors): Potensiyel olarak eğer aralarında korelasyon bulunan bir grup ikinci dereceli faktör varsa, bu faktörlerin altında yatan daha yüksek dereceli faktörler önerilebilir.

Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri

Bir Örnek: Zeka

- Bazı zeka araştırmacıları zeka ölçümlerinin hiyerarşik faktör yapılarıyla daha doğru bir şekilde modelleneceğini belirtmişlerdir:
 - Birinci dereceli faktörler (First-order factors): sözel, sayısal, mekanik bilgi, uzamsal ve psikomotor beceriler
 - İkinci dereceli faktörler (Second-order factors):
 - Sözel/eğitimsel faktör: Birinci-dereceli faktörlerden sözel ve sayısal faktörleri kontrol edebilir.
 - Beceri/pratik faktör: Birinci-dereceli faktörlerden mekanik bilgi, uzamsal ve psikomotor beceriler faktörlerini kontrol edebilir.
 - Üçüncü dereceli faktör (Third-order factor): genel zeka

Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri



- F1, F2 ve F3 faktörleri arasındaki kovaryanslar daha yüksek dereceli bir faktör tarafından açıklanır: F4

Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri

Standart bir DFA modelinde faktörler

- dışsaldır ve
- içsel olan ölçülen değişkenleri etkilerler. Bu nedenle, hem ULI hem de UVI faktörlere ölçek atanmasında uygundur.
- Daha yüksek dereceli faktör modellerinde, daha yüksek dereceli faktörler
 - dışsaldır ve
 - içsel olan ölçülen değişkenleri daha düşük faktörler aracılığıyla dolaylı olarak etkilerler.
- Bu nedenle, hem ULI hem de UVI daha yüksek dereceli faktörlere ölçek atanmasında uygundur.

Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri

- Ancak yüksek dereceli bir faktör modelinde, bütün daha düşük dereceli faktörler artık dışsal değildir (örneğin, F₁, F₂ ve F₃ faktörleri F₄ faktöründen etkilenir. Bu nedenle F₁, F₂ ve F₃ faktörleri içseldir).

$$F_2 = \beta_2 * F_4 + \zeta_2$$

- Sonuç olarak, her bir daha düşük dereceli faktörün bir artığı vardır (örneğin, F₂ faktörü için ζ_2)
- ζ_2 'nin varyansı F₄ faktörü tarafından açıklanmayan F₂ faktörünün varyansının bir parçası olarak açıklanabilir.
- Bu nedenle daha düşük dereceli faktörlerin varyansları 1'e eşitlenemez, diğer bir ifadeyle UVI uygun olmayacağıdır.
- Bunun yerine her bir daha düşük dereceli faktör için ölçekleme yüklerinden birinin 1'e sabitlenmesiyle tanımlanabilir, diğer bir ifadeyle ULI uygun olacaktır.

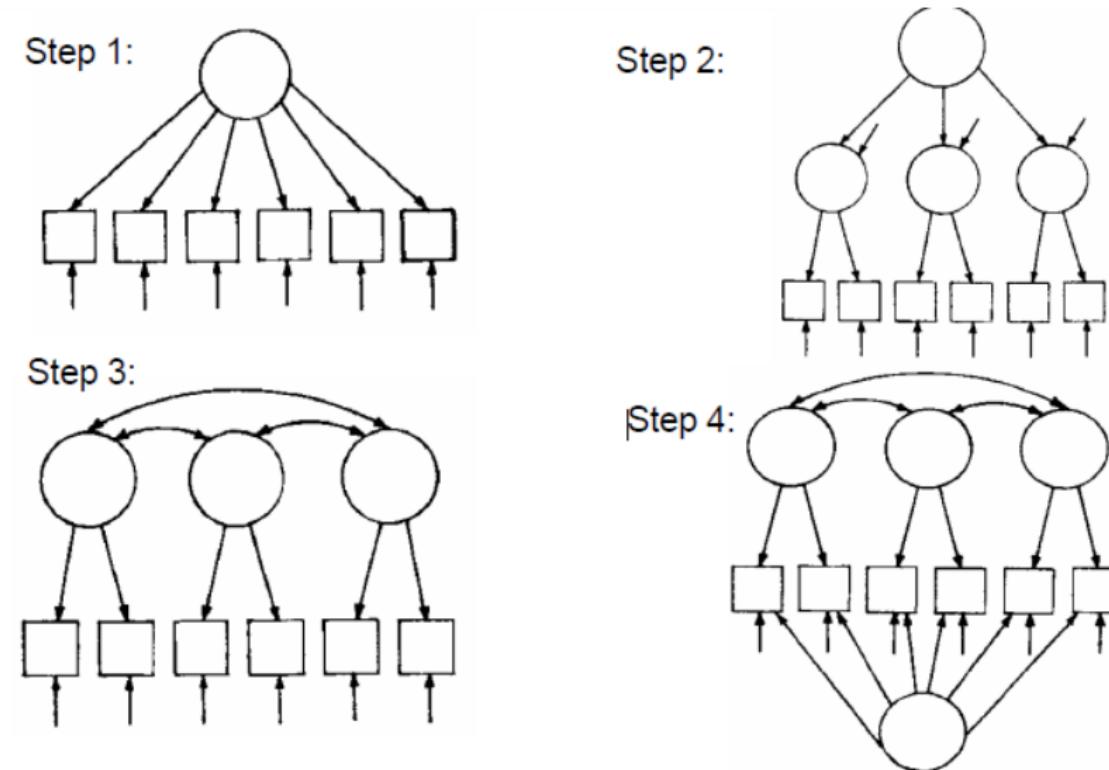
Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri

Rindskopf ve Rose (1988) daha yüksek dereceli bir modelin değerlendirilmesinin diğer üç modelle karşılaştırılmasını içermesi gerektiğini önermişlerdir. Adımsal modelleme yöntemi önermişlerdir:

- Adım 1: Genel, tek faktörlü modelin uyumu
- Adım 2: İkinci dereceli faktör modeliyle karşılaştırma
- Adım 3: Korelasyonlu grup faktör modeliyle karşılaştırma
- Adım 4: İkili faktörlü (bi-factor) modelle karşılaştırma

Rindskopf, D. & Rose, T. (1988. Some theory and applications of confirmatory second-order factor analysis. *Multivariate Behavioral Research*, 23(1), 51-67

Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri



*Şemalar Rindskopf ve Rose (1988)'dan alınmıştır.

Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri

```
model_2order <- "
okul =~ okul1 + okul2 + okul3
kisi =~ kisi1 + kisi2
arkadas =~ arkadas1 + arkadas2
aile =~ aile1 + aile2 + aile3

# ikinci düzey model
doyum =~ okul + kisi + arkadas + aile
"
```

Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri

```
fit_model_2order <- cfa(model_2order, yasamdoyum)
summary(fit_model_2order, fit.measures = TRUE, standardized = TRUE)
```

```
##  Length Class  Mode
##      1 lavaan    S4
```

Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri

```
sem_fitmeasures(fit_model_2order)
```

Model Fit Measures

CFI	RMSEA	RMSEA.Lower	RMSEA.Upper	SRMR	AIC	BIC
0.958	0.053	0.027	0.077	0.06	6905.459	6990.45

Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri

```
sem_factorloadings(fit_model_2order,standardized = TRUE)
```

Factor Loadings

Latent Factor	Indicator	Standardized						
		Loadings	sig	p	Lower.CI	Upper.CI	SE	z
okul	okul1	0.407	***	0	0.283	0.532	0.064	6.405
okul	okul2	0.622	***	0	0.496	0.748	0.064	9.647
okul	okul3	0.883	***	0	0.738	1.029	0.074	11.895
kisi	kisi1	0.675	***	0	0.554	0.796	0.062	10.938
kisi	kisi2	0.777	***	0	0.651	0.903	0.064	12.105
arkadas	arkadas1	0.792	***	0	0.649	0.934	0.073	10.900
arkadas	arkadas2	0.530	***	0	0.404	0.656	0.064	8.233
aile	aile1	0.741	***	0	0.645	0.837	0.049	15.115
aile	aile2	0.849	***	0	0.754	0.945	0.049	17.404
aile	aile3	0.507	***	0	0.398	0.615	0.055	9.158
doyum	okul	0.322	***	0	0.159	0.486	0.083	3.862
doğum	okul	0.661	***	0	0.477	0.847	0.065	9.676

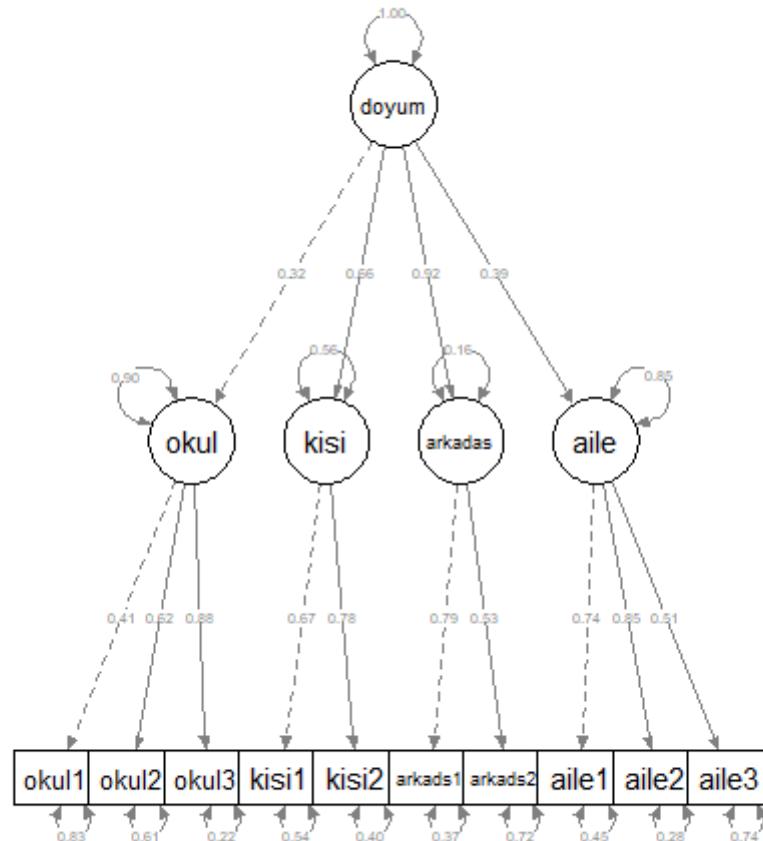
Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri

```
anova(fit_model_2order, model_2_fit, model_1_fit )
```

```
##  
## Chi-Squared Difference Test  
##  
##  
## Df      AIC      BIC   Chisq Chisq diff    RMSEA Df diff Pr(>Chisq)  
## model_1_fit  29 6907.5 6999.6 51.433  
## fit_model_2order 31 6905.5 6990.4 53.372      1.9395 0.00000      2     0.3792  
## model_2_fit  32 6929.6 7011.1 79.522      26.1494 0.31405      1 3.16e-07 ***  
## ---  
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Daha Yüksek Dereceli Faktör Modelleri

```
semPaths(fit_model_2order, "std", weighted = FALSE, nCharNodes = 7,  
shapeMan = "rectangle", sizeMan = 8, sizeMan2 = 5)
```



bitti