

Özet

Ülkemizdeki çalışmalar incelendiğinde yapısal eşitlik modeli analizlerinde sıklıkla AMOS ve LISREL programlarının kullanıldığı görülmektedir. R programı ile yapılan yapısal eşitlik modeli analizleri yok denecek kadar azdır. R diğer yapısal eşitlik modeli analizi programlarına göre bazı avantajlara sahiptir. AMOS ve LISREL programlarının ücretli olmasına rağmen R programının ücretsiz ve açık kaynak kodlu bir program olması, bu programın güçlü yönlerinin başında gelmektedir. R programı sadece yapısal eşitlik modeli analizinde değil, birçok veri analizinde kullanılabilir. Bu çalışmanın amacı R programını kullanarak yapısal eşitlik modeli uygulamasını gerçekleştirmek ve yorumlamaktır.

YAPISAL EŞİTLİK MODELİ

Yapısal Eşitlik Modellemesi (YEM)'nin İngilizce karşılığı olan "Structural Equation Modeling" literatürde kısaca "SEM" olarak ifade edilmektedir.

Yapısal Eşitlik Modeli (SEM) istatistiksel modelleme hakkında daha geniş kapsamlı tartışmalar gerçekleştirir. YEM modelleri Pazarlama, İnsan Kaynakları, Biyoistatistik ve Tıp alanında cesurca kullanılan ve analitik araç olarak esnekliklerini ortaya koyan regresyon modelleridir.

YEM, farklı değişkenler arasındaki mevcut bir ilişki hakkında bir veya daha fazla hipotezi doğrulamayı veya reddetmeyi, değişkenler arasındaki eşzamanlı bağımlılık ilişkilerini tahmin etmeyi ve model değişkenlerindeki ölçüm hatasını tahmin etmeyi mümkün kılar. YEM, farklı değişkenleri birbirine bağlayan tek yönlü veya çift yönlü yolların bir ağı olarak anlaşılabilir. Bu ağ, çok değişkenli veriler kullanılarak elde edilebilir.

YEM temel olarak araştırmacının bir araştırma konusu hakkındaki düşüncelerini daha araştırma yapılmadan önce var olan değişkenler arası ilişkilere ait bir modelin, araştırma sonucunda elde edilen veriler yardımıyla test etmesine dayanan bir yöntemdir. YEM'in bilimsel araştırmalarda en çok kullanılan istatistiksel yöntemler olan varyans analizi (ANOVA), çok değişkenli varyans analizi (MANOVA), faktör analizi, regresyon analizi gibi yöntemlerden en büyük farkı değişkenler arasındaki ilişkilerin modeller şeklinde incelenmesine olanak sağlamasıdır (Ayyıldız ve Cengiz, 2006). YEM'in temel amacı, bir ya da daha fazla gözlenen değişken ile gözlenemeyen gizil değişken arasında eş-zamanlı olarak birbiriyle olan bağımlılık ilişkisi örüntüsünü açıklamaktır (Yılmaz ve Çelik, 2005).

Yapısal eşitlik modeli ikinci nesil veri analizi tekniğidir (Bagozzi ve Fornell, 1982). Regresyon gibi birinci nesil analiz tekniklerine nazaran birden fazla bağımsız ve bağımlı değişken arasındaki ilişkinin modellenmesi ile karmaşık yapıdaki araştırma problemini kapsamlı, sistematik bir şekilde ve tek bir süreçte ele almaktadır (Anderson ve Gerbing, 1988). Karmaşık modellerin analizinde başarılı olduğu, birçok analizi tek seferde yaptığı, incelenen modelde yeni

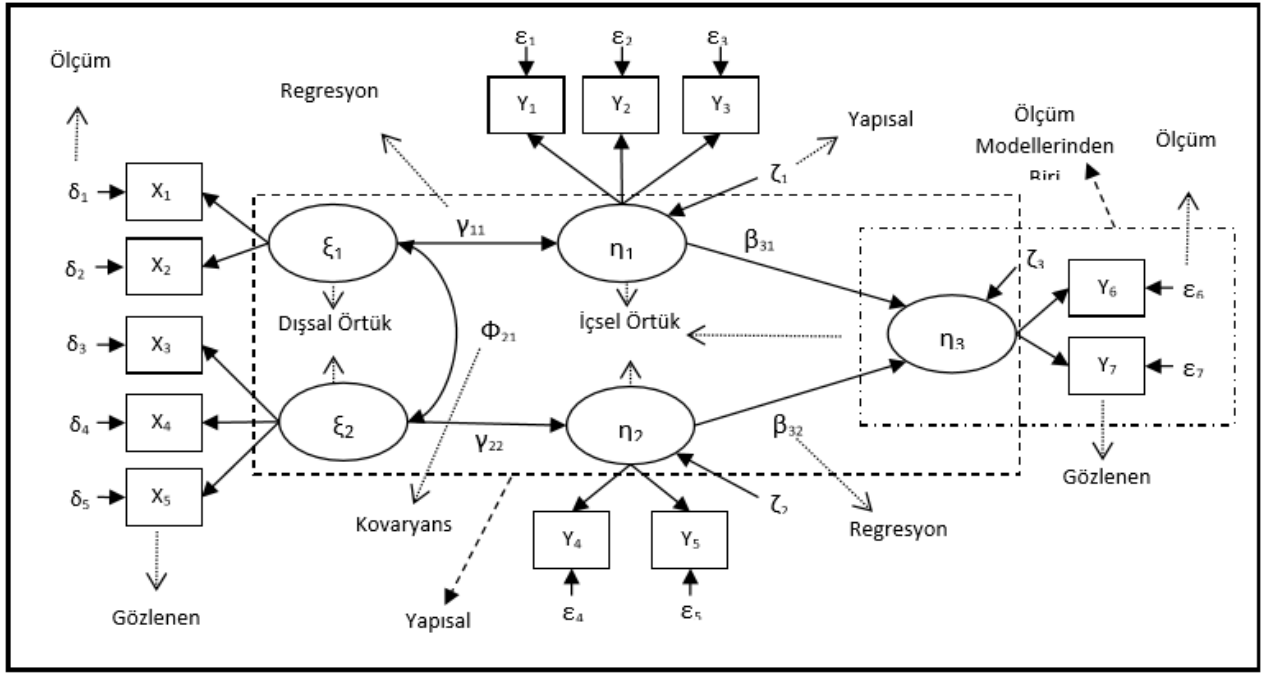
düzenlemeler yapılması gerektiğinde tavsiyelerde bulunduğu, ölçüm hatalarını hesaba katıyor olması gibi nedenlerden dolayı çoklukla kullanılmaktadır (Dursun ve Kocagöz, 2010). Bu kadar çok kullanılıyor olmasının temel nedeni, verilen bir modeldeki gözlenen değişkenlere (hem bağımlı, hem bağımsız) ait ölçüm hatalarını hesaba katıyor olmasından kaynaklanmaktadır. Regresyon analizinde açıklayıcı değişkenlere ait olası ölçüm hataları hesaba katılmamaktadır. Bu durum regresyon analizi sonuçlarının yanlış veya yanıltıcı sonuçlar vermesine yol açabilmektedir (Bayram, 2013).

Yapısal Eşitlik Modeli gizil değişkenler (latent variable) ve gözlenen değişkenler (observed variable) arasındaki nedensel ilişkilerin ve korelasyon ilişkilerinin bir arada bulunduğu modellerin analizde kullanılmaktadır.

Yapısal eşitlik modellemesinin en önemli kavramlarından biri gizil değişkenlerdir. Gizil (latent) değişken kavramı, araştırmacıların gerçekte ilgilendikleri zekâ, güdü, duygu, düşünce, tutum gibi soyut kavramlara ya da psikolojik yapılara karşılık gelmektedir. Bu tip psikolojik yapılara ancak belirli davranışlar ya da göstergeler temelinde dolaylı olarak ölçülen değişkenler yardımıyla ulaşılabilir. Psikoloji, sosyoloji, eğitim, ekonomi ve pazarlama gibi çoğu alanda asıl ilgilenilen kavramların doğrudan ölçülmesinde bazen güçlükler yaşanmaktadır (Byrne, 2010). Sözü edilen gizil değişkenler gözlenemediği için doğrudan ölçülememektedir. Bu yüzden, araştırmacı, gizil değişkeni işlemsel olarak tanımlamak için varsayılan yapı açısından gözlenebilir değişkenlerle ilişkilendirmek zorundadır (Şimşek, 2007; Bayram, 2010).

Yapısal eşitlik modellemesi, içsel (bağımlı-endogenous) yapıların dışsal (bağımsız-exogenous) yapılara nasıl bağlı olduğunu betimleyen bir ya da daha fazla doğrusal regresyon eşitliklerini içermektedir (Yılmaz, 2004). YEM çalışmalarının en fazla dikkat çeken özelliklerinden birisi, yapılan analizlerin gözlenemeyen yapıları neredeyse gerçek nesneler ya da olgularmış gibi gözler önüne serbilmesidir (Şimşek, 2007).

Yapısal eşitlik modellemesi tamamen teoriye dayalıdır ve gizil değişkenler seti arasında bir nedensellik yapısının var olduğunu kabul etmektedir (Yılmaz, 2004b). Oluşturulan modelin sağlam bir teorik alt yapıya sahip olması bu yöntemin en önemli konusudur (Dursun ve Kocagöz, 2010).



Şekil 1. Yapısal Eşitlik Modeli (Rigdon, 1996; Ayyıldız ve Cengiz, 2006)

YEM’de modeller temel olarak üç stratejiye göre oluşturulmaktadır.

Doğrulayıcı modelleme stratejisi

Temelde açık bir şekilde belirlenmiş olan modelin toplanan veri tarafından doğrulanıp doğrulanmadığı test edilmektedir (Şimşek, 2007). Bu strateji araştırmacının kurduğu modelin doğrulanabilirliğini ispatlamak amacıyla kullanılmaktadır (Ayyıldız ve Cengiz, 2006).

Alternatif modeller stratejisi

Ele alınan değişkenlerin birbirleri arasındaki ilişkileri açıklamada alternatif modeller arasında hangi modelin toplanan veri tarafından daha çok desteklendiğini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır (Şimşek, 2007). Bu stratejiyi literatürde yer alan özel konularda gerçek hayattaki olayları yansıtan birden çok model bulma sınırlandırmaktadır (Ayyıldız ve Cengiz, 2006).

Model geliştirme stratejisi

Ele alınan değişkenler arasındaki ilişkileri en iyi açıkladığı varsayılan bir modelin test edilmesi ve analiz sonuçlarına göre modelin geliştirilmesi yönünde iyileştirmeler yapılmasını amaçlamaktadır (Şimşek, 2007). Uygulamada en çok bu strateji izlenmektedir. Çünkü araştırmacı YEM kullanarak bir modeli test ettiğinde modelin yetersiz olduğu görürse YEM’in değişiklik indekslerini (modification indices) kullanarak modelde önerilen değişiklikleri yaparak iyilik uyumunu sağlayabilmektedir (Ayyıldız ve Cengiz, 2006).

YEM'in süreçleri, model belirleme, model tanımlama, model kestirimi, model testi ve uyum değerlendirmesi, modelin yeniden oluşturulması olmak üzere 5 aşamadan oluşmaktadır (Akıncı Deniz, 2007; Bayram, 2010). Bu süreçlerin sırasıyla ve doğru bir şekilde tamamlanması gerekmektedir. Aksi takdirde yanlış çözümlere ya da çözümsüzlüklere ulaşılması söz konusu olabilir (Ayyıldız ve Cengiz, 2006).

YEM'de model test edilirken oluşturulan modelin uygunluğunun değerlendirilmesinde birbirinden farklı birçok ölçüt kullanılmaktadır. Bu ölçütlere uyum iyiliği indeksleri denilmektedir. Bu uyum iyiliği indekslerinin sahip olduğu bir takım istatistiksel fonksiyonlar vardır.

Yapılan bilimsel çalışmalarda en çok kullanılan indeksler arasında;

- Benzerlik oranı kare istatistiği (χ^2)
- RMSEA (Ortalama hata karekök yaklaşımı)(Root-Mean-Square Error Approximation)
- GFI (Uyum iyiliği indeksi -Goodness-of-Fit Index)
- AGFI (Uyarlanmış uyum iyiliği indeksi -Adjusted Goodness-of-Fit Index) yer almaktadır.

YEM'de uyum indekslerinin yanı sıra modelin daha iyi uyum değerlerine sahip olabilmesi için YEM programları tarafından bir takım değişiklikler önerilebilmektedir. Bu değişikliklerin temelinde gözlenen ve gizil değişkenler arasındaki kovaryansa bakarak hata matrislerinde yapılabilecek değişiklikler yer almaktadır (Bayram, 2010). Modelin veriye iyi uyum göstermemesinin başlıca sebebi YEM'in ilk adımı olan model belirleme aşamasında yanlış modelin belirlenmesidir (Akıncı Deniz, 2007).

Yapısal Eşitlik Modellemesinin Varsayımları

Yapısal eşitlik modellemesine ait varsayımlar dört başlık altında incelenebilir. Bunlar;

- Çok değişkenli normallik
- Doğrusallık
- Örneklem büyüklüğü
- Ölçek türüdür.

YEM 'de çok değişkenli normallik önemli bir varsayımdır. Bu varsayımın ihlali ki-kare değerinin büyük çıkmasına ve sonucun anlamlı olmadığı halde anlamlı çıkmasına neden olabilir. Bu varsayımın ihlali ise dağılımdan bağımsız veya ağırlıklı yöntemler önerilmektedir (Raykow and Marcoulides, 2006).

Yapısal eşitlik modellemesinde gözlenen ile gizil değişkenler arasında doğrusal ilişkilerin olduğu varsayılır (Tabachnick and Fidell, 2007). YEM büyük örneklem hacmine ihtiyaç duyan bir tekniktir.

- İdeal bir örneklem büyüklüğü ve parametre oranı 20:1 dir. Örneğin model parametreleri toplam $q = 10$ tane istatistiksel tahmin gerektiriyorsa, ideal bir minimum örneklem 20×10 yani $N=200$ olacaktır.
- Daha az ideal örneklem büyüklüğü ve parametre oranı 10:1 dir. Örneğin $q = 10$ için minimum örneklem büyüklüğü 10×10 yani $N=100$ olacaktır (Kline, 2011).

YEM verilerin sürekli ölçekle ölçülmüş olduğunu varsayar. Ordinal verilerde çok değişkenli normallik şartı sağlanamadığı için dağılımdan bağımsız metodun kullanımı, uygun bir tahmin metodu olarak yaygınlık kazanmıştır.

R İLE YAPISAL EŞİTLİK MODELLEMESİ

Çalışmada PoliticalDemocracy veri kümesi kullanılmıştır. Bu veri seti, 1989 yılında yapısal eşitlik modellemesi kitabında Bollen tarafından kullanılan bir veri kümesidir. Bu veri seti, her biri iki kez ölçülen dört demokrasi ölçüsü (1960 ve 1965 yıllarına ait) ve bir kez ölçülen üç sanayileşme ölçüsü (1960 yılına ait) üzerinde değerlendirilen 75 gelişmekte olan ülkeden verileri içermektedir.

Değişkenler ;

y1: basın özgürlüğü, 1960

y2: siyasi muhalefet özgürlüğü, 1960

y3: seçimlerin adaleti, 1960

y4: seçilmiş yasama meclisinin etkinliği, 1960

y5: basın özgürlüğü, 1965

y6: siyasi muhalefet özgürlüğü, 1965

y7: seçimlerin adaleti, 1965

y8: seçilmiş yasama meclisinin etkinliği, 1965

x1: kişi başına düşen GSMH, 1960

x2: kişi başına enerji tüketimi, 1960

x3: sanayideki işgücü yüzdesi, 1960

Gizil Değişkenler;

- Değişkenlerden y1, y2, y3 ve y4 1960 yılının demokrasi özelliğinin göstergeleri olarak kullanılır.
- Değişkenlerden y5, y6, y7 ve y8 1965 yılının demokrasi özelliğinin göstergeleri olarak kullanılır.
- Değişkenlerden x1, x2 ve x3 1960 yılının sanayileşmesinin göstergeleri olarak kullanılmaktadır.

R YAPISAL EŞİTLİK MODELİ UYGULAMASI

R programında yapısal eşitlik modelinin uygulanması için “lavaan” kütüphanesinin indirilmesi gerekmektedir. Lavaan kütüphanesi indirildikten sonra veri kümesini çağırma işlemi gerçekleştirilmektedir.

```
#install.packages("lavaan")

library(lavaan)

data(PoliticalDemocracy, package = "lavaan")

model <- '

# gizil değişkenler
sanayileşme_1960 =~ x1 + x2 + x3
demokrasi_1960 =~ y1 + y2 + y3 + y4
demokrasi_1965 =~ y5 + y6 + y7 + y8

# regresyonlar
demokrasi_1960 ~ sanayileşme_1960
demokrasi_1965 ~ sanayileşme_1960 + demokrasi_1960

# artık korelasyonlar
y1 ~~ y5
y2 ~~ y4 + y6
y3 ~~ y7
y4 ~~ y8
y6 ~~ y8

'
```

Modelde yer alan tüm gizil değişkenler ve bu gizil değişkenlere ait gözlenen değişkenler tanımlanmaktadır.

Daha sonra “sem” komutuyla yapısal eşitlik modeli analizi yapılmıştır ve bu işlem “fit1” olarak tanımlanmaktadır.

Fit1 değişkenine ait sonuçların görülebilmesi için “summary” fonksiyonu kullanılmaktadır.

```
fit1 <- sem(model, data=PoliticalDemocracy)
summary(fit1, standardized=TRUE, rsq= T)

lavaan 0.6-5 ended normally after 68 iterations

Estimator ML
Optimization method NLMINB
Number of free parameters 31

Number of observations 75

Model Test User Model:

Test statistic 38.125
Degrees of freedom 35
P-value (Chi-square) 0.329

Parameter Estimates:

Information Expected
Information saturated (h1) model Structured
Standard errors Standard
```

Ho : Veri yapılarının kovaryansıya test edilecek model tarafından öngörülen matris arasında önemli bir fark yoktur.

Hs : Veri yapılarının kovaryansıya test edilecek model tarafından öngörülen matris arasında önemli bir fark vardır.

Model Test User Model tablosunda bulun $\text{sig.} = 0.329$ değeri $\alpha = 0.05$ değerinden büyük olduğu için Ho hipotezi reddedilemez. Üç faktörlü modelin, örneklem varyans-kovaryans verisiyle arasında önemli bir farkın olmadığı %95 güven düzeyinde söylenebilir.

```
Latent Variables:

Estimate Std.Err z-value P(>|z|) Std.lv Std.all
sanayileşme_1960 =~
  x1 1.000 0.670 0.920
  x2 2.180 0.139 15.742 0.000 1.460 0.973
  x3 1.819 0.152 11.967 0.000 1.218 0.872
demokrasi_1960 =~
  y1 1.000 2.223 0.850
```

y2	1.257	0.182	6.889	0.000	2.794	0.717
y3	1.058	0.151	6.987	0.000	2.351	0.722
y4	1.265	0.145	8.722	0.000	2.812	0.846
demokrasi_1965 =~						
y5	1.000				2.103	0.808
y6	1.186	0.169	7.024	0.000	2.493	0.746
y7	1.280	0.160	8.002	0.000	2.691	0.824
y8	1.266	0.158	8.007	0.000	2.662	0.828
Regressions:						
	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
demokrasi_1960 ~						
sanayilsm_1960	1.483	0.399	3.715	0.000	0.447	0.447
demokrasi_1965 ~						
sanayilsm_1960	0.572	0.221	2.586	0.010	0.182	0.182
demokrasi_1960	0.837	0.098	8.514	0.000	0.885	0.885
Covariances:						
	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
.y1 ~~						
.y5	0.624	0.358	1.741	0.082	0.624	0.296
.y2 ~~						
.y4	1.313	0.702	1.871	0.061	1.313	0.273
.y6	2.153	0.734	2.934	0.003	2.153	0.356
.y3 ~~						
.y7	0.795	0.608	1.308	0.191	0.795	0.191
.y4 ~~						
.y8	0.348	0.442	0.787	0.431	0.348	0.109
.y6 ~~						
.y8	1.356	0.568	2.386	0.017	1.356	0.338
Variances:						
	Estimate	Std.Err	z-value	P(> z)	Std.lv	Std.all
.x1	0.082	0.019	4.184	0.000	0.082	0.154
.x2	0.120	0.070	1.718	0.086	0.120	0.053
.x3	0.467	0.090	5.177	0.000	0.467	0.239
.y1	1.891	0.444	4.256	0.000	1.891	0.277
.y2	7.373	1.374	5.366	0.000	7.373	0.486
.y3	5.067	0.952	5.324	0.000	5.067	0.478
.y4	3.148	0.739	4.261	0.000	3.148	0.285
.y5	2.351	0.480	4.895	0.000	2.351	0.347
.y6	4.954	0.914	5.419	0.000	4.954	0.443
.y7	3.431	0.713	4.814	0.000	3.431	0.322
.y8	3.254	0.695	4.685	0.000	3.254	0.315
sanayilsm_1960	0.448	0.087	5.173	0.000	1.000	1.000
.demokrasi_1960	3.956	0.921	4.295	0.000	0.800	0.800
.demokrasi_1965	0.172	0.215	0.803	0.422	0.039	0.039

Çıktı üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm paket sürüm numarasını, modelin yakınsamasını ve analizde kullanılan etkili gözlem sayısını içerir.

Daha sonra, model kikare test istatistiği, serbestlik derecesi ve p değeri yazdırılır.

Üçüncü bölüm, kullanılan standart hataların türü ve gözlemlenen veya beklenen bilgi matrisinin standart hataları hesaplamak için kullanılıp kullanılmadığı dahil olmak üzere parametre tahminlerine genel bir bakış sağlar.

Daha sonra, her bir model parametresi için, tahmin ve standart hata görüntülenir ve uygunsa, Wald testine dayanan bir z değeri ve karşılık gelen iki taraflı p değeri de gösterilir.

Tahmini katsayılar için güven aralığının elde edilmesi;

```
parameterEstimates(fit1, ci = FALSE, standardized = TRUE, level = 0.95)
```

	lhs	op	rhs	est	se	z	pvalue	std.lv	std.all	std.nox
1	sanayileşme_1960	==	x1	1.000	0.000	NA	NA	0.670	0.920	0.920
2	sanayileşme_1960	==	x2	2.180	0.139	15.742	0.000	1.460	0.973	0.973
3	sanayileşme_1960	==	x3	1.819	0.152	11.967	0.000	1.218	0.872	0.872
4	demokrasi_1960	==	y1	1.000	0.000	NA	NA	2.223	0.850	0.850
5	demokrasi_1960	==	y2	1.257	0.182	6.889	0.000	2.794	0.717	0.717
6	demokrasi_1960	==	y3	1.058	0.151	6.987	0.000	2.351	0.722	0.722
7	demokrasi_1960	==	y4	1.265	0.145	8.722	0.000	2.812	0.846	0.846
8	demokrasi_1965	==	y5	1.000	0.000	NA	NA	2.103	0.808	0.808
9	demokrasi_1965	==	y6	1.186	0.169	7.024	0.000	2.493	0.746	0.746
10	demokrasi_1965	==	y7	1.280	0.160	8.002	0.000	2.691	0.824	0.824
11	demokrasi_1965	==	y8	1.266	0.158	8.007	0.000	2.662	0.828	0.828
12	demokrasi_1960	~	sanayileşme_1960	1.483	0.399	3.715	0.000	0.447	0.447	0.447
13	demokrasi_1965	~	sanayileşme_1960	0.572	0.221	2.586	0.010	0.182	0.182	0.182
14	demokrasi_1965	~	demokrasi_1960	0.837	0.098	8.514	0.000	0.885	0.885	0.885
15	y1	~~	y5	0.624	0.358	1.741	0.082	0.624	0.296	0.296
16	y2	~~	y4	1.313	0.702	1.871	0.061	1.313	0.273	0.273
17	y2	~~	y6	2.153	0.734	2.934	0.003	2.153	0.356	0.356
18	y3	~~	y7	0.795	0.608	1.308	0.191	0.795	0.191	0.191
19	y4	~~	y8	0.348	0.442	0.787	0.431	0.348	0.109	0.109
20	y6	~~	y8	1.356	0.568	2.386	0.017	1.356	0.338	0.338
21	x1	~~	x1	0.082	0.019	4.184	0.000	0.082	0.154	0.154
22	x2	~~	x2	0.120	0.070	1.718	0.086	0.120	0.053	0.053
23	x3	~~	x3	0.467	0.090	5.177	0.000	0.467	0.239	0.239
24	y1	~~	y1	1.891	0.444	4.256	0.000	1.891	0.277	0.277
25	y2	~~	y2	7.373	1.374	5.366	0.000	7.373	0.486	0.486
26	y3	~~	y3	5.067	0.952	5.324	0.000	5.067	0.478	0.478
27	y4	~~	y4	3.148	0.739	4.261	0.000	3.148	0.285	0.285
28	y5	~~	y5	2.351	0.480	4.895	0.000	2.351	0.347	0.347
29	y6	~~	y6	4.954	0.914	5.419	0.000	4.954	0.443	0.443
30	y7	~~	y7	3.431	0.713	4.814	0.000	3.431	0.322	0.322
31	y8	~~	y8	3.254	0.695	4.685	0.000	3.254	0.315	0.315
32	sanayileşme_1960	~~	sanayileşme_1960	0.448	0.087	5.173	0.000	1.000	1.000	1.000
33	demokrasi_1960	~~	demokrasi_1960	3.956	0.921	4.295	0.000	0.800	0.800	0.800
34	demokrasi_1965	~~	demokrasi_1965	0.172	0.215	0.803	0.422	0.039	0.039	0.039

Güven seviyesi, seviye argümanı ayarlanarak değiştirilebilir. Ci = FALSE ayarı güven aralıklarını bastırır. Bu işlevin bir başka kullanımı, standardize = TRUE ayarlanarak tahminlerin birkaç standartlaştırılmış versiyonunu elde etmektir

İlk sütunda (std.lv), sadece gizil değişkenler standartlaştırılmıştır; ikinci sütunda (std.all), sadece gözlenen değişkenler standartlaştırılmıştır; üçüncü sütunda (std.no), hem gizil hem de gözlenen değişkenler standartlaştırılmıştır. Bu modelde eksojen eş değişkenler olmadığından, bu çıktıda son iki sütun aynıdır.

Modelin uyum iyiliği göstergelerinin elde edilmesi;

```
fitMeasures(fit1, c("chisq", "rmsea", "srmr", "gfi", "ecvi"))
```

```
chisq  rmsea  srmr    gfi  ecvi
38.125  0.035  0.044  0.923  1.335
```

FitMeasures () yönteminin ilk bağımsız değişkeni, eklenen nesnedir ve ikinci bağımsız değişken, ayıklamak istediğiniz uyum ölçülerinin adlarını içeren bir karakter vektörüdür.

MODEL İÇİN ELDE EDİLEN UYUM İNDEKSLERİ VE YORUMLARI

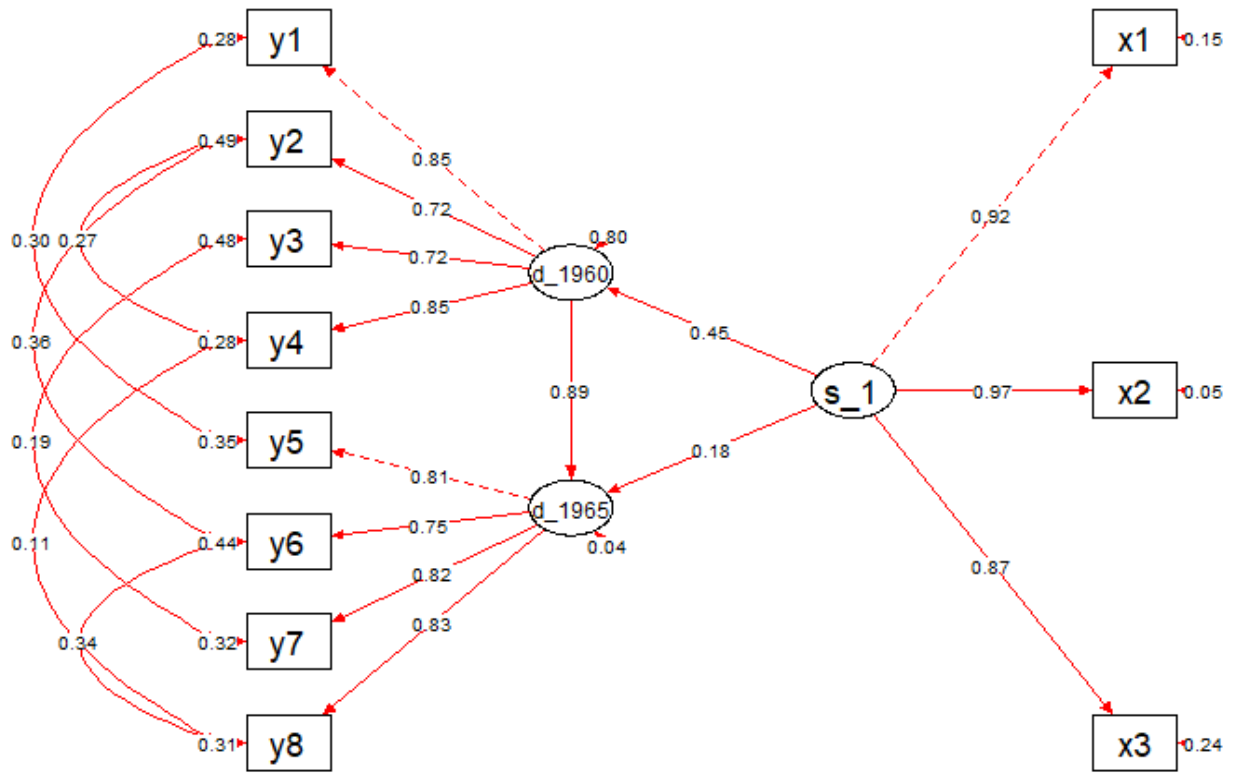
KRİTER	İYİ UYUM	MODEL SONUCU ELDE EDİLENLER	MODELİN BAŞARISI
p-değeri	$0,05 < p < 1,00$	0,329	😊
Test istatistiği (kikare)	$0 \leq \text{kikare} \leq 2$	38,125	😊

KALINTILARA DAYANAN UYUM İNDEKSLERİ

SRMR	$0 \leq \text{SRMR} \leq 0,05$	0,044	😊
GFI	$0,95 \leq \text{GFI} \leq 1,00$	0,923	😊

YAKLAŞIK HATALARIN ORTALAMA KARE KÖKÜ

RMSEA	$0 \leq \text{RMSEA} \leq 0,05$	0,035	😊
-------	---------------------------------	-------	---



3 faktörlü model $p=11$ adet gözlenen değişkene sahiptir. Varyans- kovaryans matrisindeki farklı değerlerin sayısı $66 [p(p+1)/2 = 11(11+1)/2 = 66]$ şeklinde hesaplanır. Tüm yolların hesaplandığı doymuş modelde 77 serbest parametre tahmin edilebilir $[p(p+3)/2 = 11(11+3)/2 = 77]$. Tahmin edilmek istenen parametrelerin sayısı 31 (3 faktör varyansı, 17 faktör yükü, 11 değişken hata kovaryansı) , 3 faktörlü model için serbestlik derecesi ise, $sd = 66-31 = 35$ 'tir.

Modelin tahmin sonuçlarından tüm parametreler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

1965 yılındaki demokrasi gizil değişkeni için faktör yükleri 0,75-0,83 arasında değişmekte, 1960 yılındaki demokrasi gizil değişkeni için faktör yükleri 0,72-0,85 arasında değişmekte ve 1960 yılında sanayileşme gizil değişkeni için faktör yükleri ise 0,87-0,97 arasında değişmektedir. 1965 yılındaki demokrasi gizil değişkeni için açıklanan varyansın %4'u 1960 yılındaki sanayileşme ve 1960 yılındaki demokrasi gizil değişkenlerinin etkisi ile eşanlı olarak hesaplanmış ve aynı zamanda sanayileşme değişkeninin dolaylı etkisi 1960 yılındaki demokrasi değişkeni tarafından aracılık edilerek elde edilmiştir.

Standardize edilmiş regresyon katsayılarına bakıldığında, 1960 yılındaki sanayileşme düzeyinin 1965 yılındaki demokrasi üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu ($\beta = 0,18$), 1960 yılındaki demokrasi düzeyinin ise 1965 yılındaki demokrasi düzeyi üzerinde pozitif ve güçlü bir etkiye sahip olduğu ($\beta = 0,89$) görülmektedir.

1960 yılındaki sanayileşme düzeyinin de aynı yılda demokrasi üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. 1965 yılındaki demokrasiyi açıklamada 1960 yılındaki demokrasinin, sanayileşme değişkenine nazaran daha fazla etkiye sahip olduğu sonuçları elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

Fox, J. (1979) Simultaneous equation models and two-stage least-squares. In Schuessler, K. F. (ed.) *Sociological Methodology 1979*, Jossey-Bass.

Greene, W. H. (1993) *Econometric Analysis*, Second Edition, Macmillan.

Fox J (2006). "Structural Equation Modeling with the sem Package in R." *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 13, 465–486.

Fox J, Nie Z, Byrnes J (2012). *sem: Structural Equation Models*. R package version 3.0-0, URL <http://CRAN.R-project.org/package=sem>.

Haavelmo T (1943). "The Statistical Implications of a System of Simultaneous Equations." *Econometrica*, 11, 1–12.

Satorra A, Bentler PM (1988). "Scaling Corrections for Chi-Square Statistics in Covariance Structure Analysis." In *ASA 1988 Proceedings of the Business and Economic Statistics Section*, volume 1, pp. 308–313. American Statistical Association, Alexandria.

Satorra A, Bentler PM (1994). "Corrections to Test Statistics and Standard Errors in Covariance Structure Analysis." In A von Eye, CC Clogg (eds.), *Latent Variables Analysis: Applications for Developmental Research*, pp. 399–419. Sage, Thousands Oaks.

Satorra A, Bentler PM (2001). "A Scaled Difference Chi-Square Test Statistic for Moment Structure Analysis." *Psychometrika*, 66, 507–514.

Skrondal A, Rabe-Hesketh S (2004). *Generalized Latent Variable Modeling: Multilevel, Longitudinal, and Structural Equation Models*. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton.

Sobel ME (1982). "Asymptotic Confidence Intervals for Indirect Effects in Structural Equation Models." *Sociological Methodology*, 13, 290–312

Eroğlu, E. (2003). *Toplam kalite yönetimi uygulamalarının yapısal eşitlik modeli ile analizi*. Yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Tezcan, C. (2008). *Yapısal eşitlik modelleri*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

Şimşek, Ö. F. (2007). *Yapısal eşitlik modellemesine giriş temel ilkeler ve LISREL uygulamaları*. Ankara: Ekinoks Yayınları.

Akınıc ı Deniz, E., 2007. Yapısal Eşıtlık Modellerinde Bilgi Kriterleri, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.

Aydın, A., 2010. Orman Ürünleri Sanayi Sektöründe Toplam Kalite Yönetimi Uygulamalarının Çalışan Performansı Üzerine Etkilerinin Belirlenmesine Yönelik Yapısal Bir Model, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Trabzon.

Ayyıldız , H., Cengiz, E., 2006. Pazarlama Modellerinin Testinde Kullanılabilecek Yapısal Eşıtlık Modeli (YEM) Üzerine Kavramsal Bir İnceleme. Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Y. 2006, C. 11, S.1, s. 63-84.

Bayram, N., 2010. Yapısal Eşıtlık Modellemesine Giriş (AMOS Uygulamaları), ISBN: 978975-8606-89-4, Ezgi Kitabevi, Bursa.

Bentler, P.M., 2004. Structural Equation Modeling with EQS. User Manual, Encino, California.

Bollen, K.A., 1989. Structural Equations with Latent Variables, Wiley, New York, 514 p.

Grace, J.B., 2006. Structural Equation Modelling and Natural Systems, ISBN: 9780521837422, Cambridge University Press, New York.

Grace, J.B., 2012. Structural Equation Modelling (SEM) Essentials,
<http://www.structuralequations.com/resources/SEM+Essentials.pps>,