# İSTATİSTİK ARAŞTIRMA DERGİSİ

# Journal of Statistical Research

**Cilt-Volume: 06 Sayı-Number: 01**
**Temmuz-July 2008**

TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU
Turkish Statistical Institute

**Yayın istekleri için** For publication order

**Döner Sermaye İşletmesi** Revolving Fund Management

**Tel:** + (312) 425 34 23 - 410 05 96 - 410 02 85
**Fax:** + (312) 417 58 86

**Yayın içeriğine yönelik sorularınız için** For questions about contents of the publication

**Dergi Editörlüğü** Journal Editorship

**Tel:** + (312) 410 03 75 - 284 45 00/171
**Fax:** + (312) 425 34 05

**İnternet** Internet
**http://www.tuik.gov.tr** http://www.turkstat.gov.tr

**E-posta** E-mail
**dergi@tuik.gov.tr** journal@tuik.gov.tr

**Yayın No** Publication Number
**3326**

**ISSN**
**1303-6319**

**Türkiye İstatistik Kurumu** Turkish Statistical Institute

**Yücetepe Mah. Necatibey Cad. No: 114 06100 Çankaya-ANKARA / TÜRKİYE**

**Bu yayının 5846 Sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'na göre her hakkı Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı'na aittir. Gerçek veya tüzel kişiler tarafından izinsiz çoğaltılamaz ve dağıtılamaz.**

Turkish Statistical Institute reserves all the rights of this publication. Unauthorised duplication and distribution of this publication is prohibited under Law No: 5846.

**Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Ankara** Turkish Statistical Institute, Printing Division, Ankara
**Tel: 0312 410 01 64 * Fax: 0312 418 50 82**
**Ağustos 2009** August 2009
**MTB:** 2009-0635 - 475 **Adet**-Copies

| | Sayfa Page | |
|---|---|---|
| **ÖNSÖZ** | **III** | **FOREWORD** |
| **İÇİNDEKİLER** | **V** | **CONTENTS** |
| **AMAÇ, KAPSAM, İLKELER** | **VI** | **AIM, TARGET, PRINCIPLES** |
| **HAKEM LİSTESİ** | **VIII** | **REFEREE LIST** |
| **Yapısal Bağımlılık Altında Karmaşık MAPK Yolunun Bayesci Tahmini** *Vilda PURUTÇUOĞLU, Ernst WIT* | **1** | **Bayesian Inference of the Complex MAPK Pathway under the Structural Dependency** *Vilda PURUTÇUOĞLU, Ernst WIT* |
| **Güçlü İkili Kovaryans Tahmincisinin Performans Değerlendirmesi** *Özlem YORULMAZ* | **18** | **The Performance Evaluation of Robust Pairwise Covariance Estimator** *Özlem YORULMAZ* |
| **Çoklu Regresyon Modellerinde Genetik Algoritma ve Bayes Bilgi Kriteri Kullanarak Sapan Değerlerin Belirlenmesi** *Özlem GÜRÜNLÜ ALMA, Serdar KURT, Aybars UĞUR* | **38** | **Outlier Detection in Multiple Regression Models Using Genetic Algorithms and Bayesian Information Criteria** *Özlem GÜRÜNLÜ ALMA, Serdar KURT, Aybars UĞUR* |
| **Hizmet Sektöründe Mali Başarısızlığın Modellenmesi** *Özlem İLK, Murat ÇİNKO, Deniz AKINÇ, Didem PEKKURNAZ* | **52** | **Modeling Financial Failure in Service Sector** *Özlem İLK, Murat ÇİNKO, Deniz AKINÇ, Didem PEKKURNAZ* |
| **Gruplandırılmış Verilerin Üstel Dağılıma Uyumunda Ağırlıklandırılmış Kolmogrov-Simirnov Testleri ile Olabilirlik Oranı ve Ki-Kare Testlerinin Karşılaştırılması** *Hamza GAMGAM, Esra YİĞT* | **65** | **Comparisons of Weighted Kolmogrov-Simirnov, Likelihood Ratio and Chi-Square Goodness of Fit Tests for the Exponential Distribution Based on the Grouped Data** *Hamza GAMGAM, Esra YİĞT* |
| **Mevsimsel Düzeltme için ARİMA Model Tabanlı Yaklaşım** *Kemal ÇALIK, Seçil ÇALIK* | **75** | **An ARIMA-Model-Based Approach to Seasonal Adjustment** *Kemal ÇALIK, Seçil ÇALIK* |
| **Açıklayıcı ve Doğrusal Faktör Analizlerinin Karşılaştırılması: Bir Uygulama** *Bilge ACAR BOLAT* | **96** | **Comparison of Exploratory and Confirmatory Factor Analysis: An Application** *Bilge Acar BOLAT* |
| **Orman Yönetiminde Boolean Yaklaşımı** *Nurcan TEMİZ, Vahap TECİM* | **111** | **A Boolean Approach in Forest Management** *Nurcan TEMİZ, Vahap TECİM* |
| **Kardeş Cinsiyet Bileşiminin Eğitimsel Erişimlere Etkisi** *Ali BERKER* | **123** | **The Effects of the Gender Composition of Siblings on Educational Attainments** *Ali BERKER* |

## DERGİ'NİN BU SAYISINA BİLİMSEL KATKI SAĞLAYAN HAKEMLER-
## REFEREE WHO PROVIDE SCIENTIFIC CONTRIBUTIONS FOR THIS VOLUME

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | **Prof. Dr.** | **Aydın ERAR** | Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi |
| 2 | **Prof. Dr.** | **Ayşen APAYDIN** | Ankara Üniversitesi |
| 3 | **Yrd. Doç. Dr.** | **Barış SÜRÜCÜ** | Orta Doğu Teknik Üniversitesi |
| 4 | **Doç. Dr.** | **Birdal ŞENOĞLU** | Ankara Üniversitesi |
| 5 | **Doç. Dr.** | **Cem KADILAR** | Hacettepe Üniversitesi |
| 6 | **Dr.** | **Cevriye AYSOY** | TC Merkez Bankası |
| 7 | **Dr.** | **Ceylan YOZGATLIGİL** | Orta Doğu Teknik Üniversitesi |
| 8 | **Doç. Dr.** | **Elvan CEYHAN** | Koç Üniversitesi |
| 9 | **Yrd. Doç. Dr.** | **Fazıl GÖKGÖZ** | Ankara Üniversitesi |
| 10 | **Prof. Dr.** | **Fetih YILDIRIM** | Çankaya Üniversitesi |
| 11 | **Yrd. Doç. Dr.** | **Funda SEZGİN** | Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi |
| 12 | **Doç. Dr.** | **Galip YÜKSEL** | Gazi Üniversitesi |
| 13 | **Prof. Dr.** | **Gülay BAŞARIR KIROĞLU** | Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi |
| 14 | **Prof. Dr.** | **Hamza GAMGAM** | Gazi Üniversitesi |
| 15 | **Prof. Dr.** | **Hüseyin TATLIDİL** | Hacettepe Üniversitesi |
| 16 | **Yrd. Doç. Dr.** | **Işıl ÜREDİ** | Mersin Üniversitesi |
| 17 | **Yrd. Doç. Dr.** | **Nevin UZGÖREN** | Dumlupınar Üniversitesi |
| 18 | **Dr.** | **Özlem İLK** | Orta Doğu Teknik Üniversitesi |
| 19 | **Dr.** | **Özlem TÜRKER BAYRAK** | Çankaya Üniversitesi |
| 20 | **Prof. Dr.** | **Sadullah SAKALLIOĞLU** | Çukurova Üniversitesi |
| 21 | **Yrd. Doç. Dr.** | **Seza DANIŞOĞLU** | Orta Doğu Teknik Üniversitesi |
| 22 | **Yrd. Doç. Dr.** | **Suat KASAP** | Hacettepe Üniversitesi |
| 23 | **Prof. Dr.** | **Süleyman GÜNAY** | Hacettepe Üniversitesi |
| 24 | **Dr.** | **Vilda PURUTÇUOĞU** | Orta Doğu Teknik Üniversitesi |

Volume: 06 Number: 01 Category: 02 Page: 96-110 ISSN No: 1303-6319 Cilt: 06 Sayı: 01 Kategori: 02 Sayfa: 96-110

# AÇIKLAYICI VE DOĞRULAYICI FAKTÖR ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI: BİR UYGULAMA

**Bilge ACAR BOLAT***

*ÖZET*

*Çok Değişkenli İstatistik Yöntemlerden biri olan faktör analizi, aralarında ilişki bulunan çok sayıda değişkenin az sayıda faktörler şeklinde tanımlanmasını sağlamaktadır. Yöntem, çok sayıda değişkene ait özet bilgi vermekte ve boyut indirgeme ile sonuçların yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır. Yaygın olarak iki faktör analizi yaklaşımı kullanılmaktadır. Bunlardan biri; Açıklayıcı Faktör Analizi, diğeri ise Doğrulayıcı Faktör Analizi'dir. Çalışmada her iki yaklaşım karşılaştırılmakta amaca uygun yaklaşımın seçimiyle ilgili genel bilgi verilmektedir.*

**Anahtar Kelimeler: Açıklayıcı faktör analizi, Doğrulayıcı faktör analizi.**

## 1. GİRİŞ

Teorik olarak her değişkenin doğrudan gözlenememesi faktör analitik modelinin geliştirilmesine temel oluşturmuştur. Bu gözlenemeyen değişkenler faktör veya gizil değişken (factor-latent variable) olarak adlandırılmaktadır (Long, 1983). Faktör, doğrudan ölçülemeyen ancak bir veya birden fazla gözlenen değişken ile temsil edilebilen değişken olarak ifade edilmektedir. Örneğin, tüketicinin ürün alma davranışı kesin olarak ölçülememekte, ancak tüketiciye sorulacak sorularla değerlendirilebilmektedir (Hair vd., 1998, s.581). Zihinsel işleyiş test (IQ) sonucu, zeka faktörünü temsil etmek için kullanılabilmektedir.

Faktör analizi, faktörler ile bunları temsil eden gözlenen değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmaktadır. Yaygın olarak kullanılan temel iki faktör analizi yaklaşımı bulunmaktadır. Önce, genelde *faktör analizi* adıyla ifade edilen, Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA), daha sonra Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) geliştirilmiştir.

Spearman (1904, 1927), hangi değişkenler arasında korelasyon olduğunu ve hangi değişkenlerin birlikte hareket ettiğini belirleyerek faktör modelinin temelini atmıştır. Spearman, faktör analizi tanımını ilk kez zekanın teorisini iki faktör ile incelediği çalışmasında ortaya koymuştur. Lawley (1940) çok sayıdaki gözlenen değişkene ait faktörleri modeline dahil etmiş, Thurstone (1947) faktörler arasında ilişkinin olabileceğini ortaya çıkararak faktor analizi uygulamalarını geliştirmişlerdir. Teorik faktörlerin varlığını test eden DFA, Howe (1955), Anderson ve Rubin (1956), Lawley (1958) tarafından geliştirilmiştir. Jöreskog (1967-1969), Jöreskog ve Lawley (1968) yaptığı çalışmalarla değişken setlerinin faktörleri tanımlayıp tanımlamadığını test ederek analizin şekillenmesini sağlamıştır (Kaplan, 2000; Schumacker, 2004).

* Araştırma Görevlisi, İ.Ü. İşletme Fakültesi, Sayısal Yöntemler Ana Bilim Dalı, e-posta: bacar@istanbul.edu.tr

DFA, AFA'dan farklı olarak her bir faktörü temsil edecek gözlenen değişkenleri önceden belirleme olanağı vermektedir. Genellikle DFA'da bir gözlenen değişkenin bir faktöre ait faktör yükü bulunmaktadır[15]. Oysaki AFA'da tüm değişkenlerin küçük de olsa faktörler üzerinde etkisi bulunmaktadır.

Genelde literatürde yaygın olarak kullanılan faktör analizi yaklaşımı AFA olmakta, DFA'da araştırmacıya teorik modelle ilgili hipotezlerin sınanması ve model geliştirme olanaklarını sunmaktadır.

## 2. YÖNTEM

AFA ve DFA modellerinin her ikisi de Genel Doğrusal Modeller (General Linear Model-GLM) arasında yer almaktadır. AFA, DFA'ya temel oluşturmakta ancak aralarında önemli farklılıklarda bulunmaktadır. Örneğin DFA'yı uygulamadan önce faktör sayısının, hangi gözlenen değişkenlerin hangi faktörü temsil ettiğini ve hangi faktörler arasında korelasyon olduğuna karar verilmesi gerekmektedir. Bir başka ifadeyle modelin belirlenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda AFA'da yapılamayan bazı analizler DFA'da yapılabilmektedir. Örneğin hatalar arasında korelasyon DFA'da incelenebilmektedir. Ancak AFA'da yapılabilen faktör döndürmesi (factor rotation) DFA'da uygulanamamaktadır (Thompson, 2005).

Yöntemler ana hatlarıyla aşağıda açıklanmaktadır.

### *2.1 Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA)*

AFA matris formatında aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$X = FA' + E \qquad (1)$$

Burada:
X: Bileşenler vektörünü,
F: Faktör skorları matrisini,
A': Faktör yükü matrisini,
E: Hata matrisini göstermektedir (Tacq, 1999).

AFA 4 adımda gerçekleşmektedir:

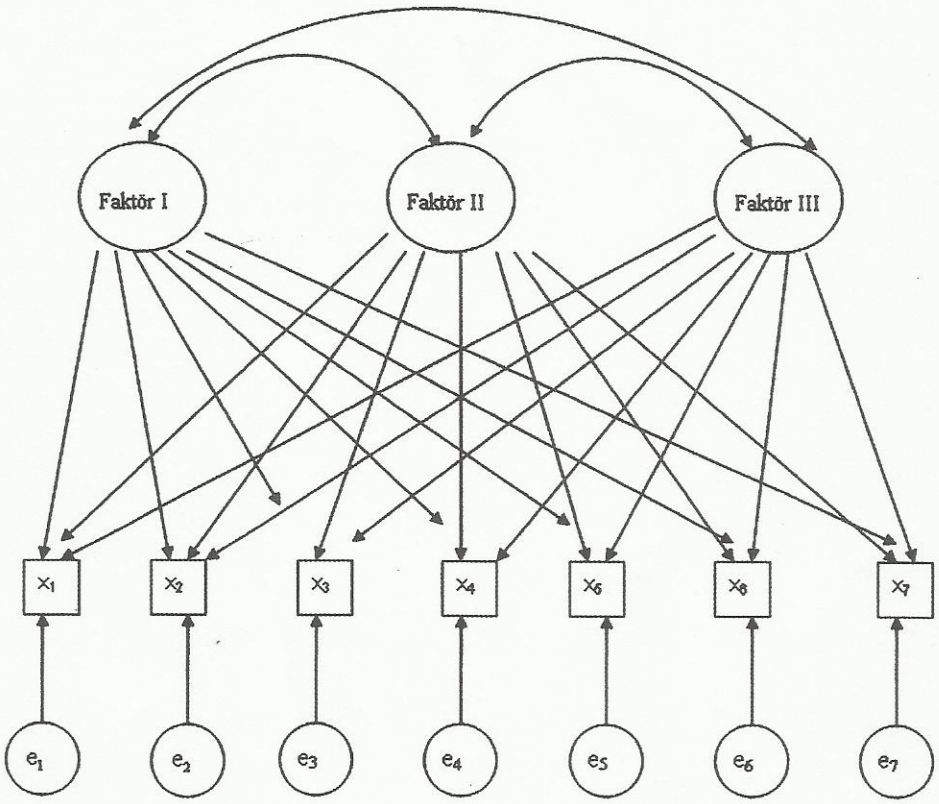
- *Korelasyon Matrisinin seçimi*: Korelasyon matrisi, orijinal değişkenlerden hesaplanıyorsa, gözlenen korelasyon matrisi (observed correlation matrix), faktörlerden hesaplanıyorsa, türetilmiş korelasyon matrisi (reproduced correlation matrix) adını almaktadır. İki korelasyon matrisi arasındaki farklılık hatalara ait korelasyon matrisini (residual correlation matrix) vermektedir. Hatalara ait matrisde korelasyonların küçük olması, her iki matris arasında uygunluğu göstermektedir (Tabachnick, Fidel,1996).

[15] Bir gözlenen değişkenin birden fazla faktörle de ilişkisi bulunabilmektedir. Ancak belirli teorik durumlar dışında uygulanması önerilmemektedir.

- *Faktör Sayısının Belirlenmesi*[Şekil 1]: Birden fazla karar kriteri olsa da yaygın olarak özdeğer (eigenvalues) istatistiği kullanılmakta, birden büyük öz değerler için faktörler anlamlı sayılmaktadır.
- *Faktör Döndürmesi*: Döndürme yapılmasındaki amaç elde edilen faktörlerin yorumlanmasını kolaylaştırmaktır. Faktör döndürmesinde genelde iki sınıflama yapılmaktadır. Bunlardan biri dik döndürme (orthogonal), ikincisi ise eğik döndürme (oblique) uygulanmasıdır. Dik döndürme uygulandığında, faktörler arasında korelasyon olmamakta, yük matrisi (loading matrix) türetilmektedir. Eğik döndürmede ise faktörler arasında korelasyon bulunmaktadır. Eğik döndürme iki farklı matrisi içermektedir. Bunlardan biri faktörler ve değişkenler arasındaki korelasyonları, faktör yüklerini gösteren yapı matrisi (structure mattrix) diğeride her bir faktörle her bir gözlenen değişkene ait tek bir ilişkiyi gösteren model matrisidir (pattern matrix). Dik döndürme yapıldığında her iki matris birbirine eşit olmaktadır. Eğik döndürme ile elde edilen model matrisinde faktörler isimlendirilmekte ve yorum yapılırken genelde bu matris kullanılmaktadır. Her iki döndürme türünde de faktör skor katsayı matrisi (factor-score coefficient matrix) elde edilmektedir (Stevens, 1996; Tabachnick ve Fidell, 1996; Rencher, 1995).

- *Sonuçların Yorumlanması*: Anlamlı faktörlerin türetilip türetilmediğine karar verilmesini ve faktörlerin isimlendirilmesini içermektedir.

Şekil 1'deki AFA modelinde (eğik döndürme yapıldığı varsayılmaktadır.), faktörler daire, gözlenen değişkenler ise kare şekliyle gösterilmiştir. Faktörden gözlenen değişkene doğru giden tek yönlü ok faktörün gözlenen değişken üzerindeki etkisini belirtmektedir. Faktörler arasındaki çift yönlü ok ise faktörler arasında korelasyon olduğunu belirtmektedir. Şekil'de 3 adet faktör bulunmakta, $x_1$'den $x_7$'ye kadar olan değişkenlerde gözlenen değişkenleri belirtmektedir. Gözlenen değişkenlere ait hatalar da (e) gösterimi ile şekilde yer almaktadır (Long, 1983; Thompson 2005).




**Şekil 1. Eğik döndürme yapıldığı varsayılan açıklayıcı faktör analizi**

AFA'da;

- Dik döndürme yöntemi seçilirse faktörler arasında korelasyon olmadığı, eğik döndürme yöntemi seçilirse korelasyon olduğu,
- Tüm gözlenen değişkenler ile faktörler arasında ilişki olduğu,
- Hatalar arasında korelasyon olmadığı,
- Her bir gözlenen değişkene ait hata terimi olduğu,
- Faktörler ile hatalar arasında ilişki olmadığı varsayılmaktadır.

### *2.2 Doğrulayıcı Faktör Analizi ( DFA)*

DFA'da, faktörlerle gözlenen değişkenler arasındaki ilişki matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

Faktör denklemi:

$$X = \Lambda\xi + \delta \qquad (2)$$

Kovaryans denklemi ise:

$$\Sigma = \Lambda\Phi\Lambda' + \Theta \qquad (3)$$

olarak formüle edilmektedir.

Burada:
X:Gözlenen değişkenlere ait vektörü (qx1),
$\xi$ : Faktörlere ait vektörü (sx1),
$\Lambda$ :Gözlenen değişkenlerin faktörler üzerindeki faktör yükleri matrisini (qxs),
$\delta$ :Ölçüm hatalarına ait vektörü belirtmektedir (qx1).

Gözlenen değişken sayısının faktör sayısından büyük olduğu varsayılmaktadır (q>s). Yukarıda belirtilen ifadeler özet olarak Tablo 1'de verilmektedir.

**Tablo 1. Doğrulayıcı faktör analizi modeline ait özet bilgiler**

| Matris | Boyut | Ortalama | Kovaryans | Boyut | Tanım |
|---|---|---|---|---|---|
| $\xi$ | (sx1) | 0 | $\Phi = E(\xi\xi')$ | (sxs) | Faktör |
| x | (qx1) | 0 | $\Sigma = (xx')$ | (qxq) | Gözlenen Değişken |
| $\Lambda$ | (qxs) | - | - | - | Faktör Yükü |
| $\delta$ | (qx1) | 0 | $\Theta = E(\delta\delta')$ | (qxq) | Hata terimi |

DFA'daki varsayımlar aşağıdaki biçimde özetlenebilir:
- Değişkenlerin ortalamaları sıfırdır. $E(\xi) = 0, E(x) = E(\delta) = 0$.
- Gözlenen değişken sayısının, faktör sayısından daha fazla olması gerekmektedir ( q>s).
- Faktörler ile hatalar arasında korelasyon bulunmamaktadır. $E(\xi\delta') = 0$ veya $E(\delta\xi') = 0$ ve $Kov(\delta\xi') = 0$ 'dır (Long, 1983, s.24-25).

DFA ise beş adımda gerçekleşmektedir.

1) Model belirleme

2) Model tanımlama

3) Model tahmini

4) Model uygunluğu

5) Modelin düzeltilmesi

*Model Belirleme*:

Model belirleme, araştırmanın yapılacağı konu ile ilgili önceden yapılmış çalışmalardan hareketle teorik modelin geliştirilmesini içermektedir. Teorik modelde, hangi değişkenlerin modelde yer alacağına karar verilmekte ve değişkenler arasındaki ilişkiler belirlenmektedir. Belirleme, modelin tespit edilmesinin ön çalışması olarak ifade edilebilir. Bu aşamada faktörlerin sayısı, faktörler arasındaki varyans-kovaryanslar, gözlenen değişken ile faktör arasındaki ilişkiler, gözlenen değişken ile hatalar arasındaki ilişkiler, faktörler arasındaki varyans-kovaryanslar belirlenmektedir. Bu aşamada parametrelerin büyüklüğü ve işaretleri belirlenirken, model parametreleri serbest parametre (free parameter) ve sabit parametre (fixed parameter) olarak belirlenmektedir.

*Model Tanımlama*:

DFA'da model tanımlama iki temele dayanmaktadır (Kline, 2005).

1) Varyans-kovaryans matrisindeki eleman sayısının serbest parametre sayısından daha fazla olması, bir başka ifade ile serbestlik derecesinin sıfıra eşit veya büyük olması ($df_m \geq 0$) gerekmektedir.

2) Her bir faktöre ait göstergelerin ve ölçüm hatalarının metrik olması gerekmektedir.

Standart DFA'da her faktörün en az 3 göstergesi varsa model tanımlanmış (identified), iki ve ikiden fazla faktörün olduğu modelde ise her bir faktör için en az 2 gösterge bulunması halinde model yine tanımlanmış olmaktadır. Ancak, küçük örneklem için gerçekleşecek modellerde iki göstergeli faktör tahmin aşamasında sorun yaratacağından genel olarak her bir faktör için en az üç göstergenin olması önerilmektedir.

Modelde q gözlenen değişken sayısını ifade etmek üzere, tahmin edilebilecek varyans-kovaryans sayısı en fazla;

$$[\, q(q+1)/2] \qquad (4)$$

kadardır. t, modelde tahmin edilen serbest parametre sayısını belirtmek üzere;

$t < q(q+1)/2 \Rightarrow$ modelin fazla tanımlanmış olduğu,

$t > q(q+1)/2 \Rightarrow$ tanımlanamadığı,

$t = q(q+1)/2 \Rightarrow$ tam tanımlanmış olduğu kabul edilmektedir (Kaplan, 2000).

İkisi arasındaki fark modelin serbestlik derecesini ($df_m$) vermektedir. Modelde en azından varyans-kovaryans matrisindeki eleman sayısının parametre sayısından fazla olması beklenmekte, bu durumda serbestlik derecesi de sıfırdan büyük olmaktadır ($df_m \geq 0$) (Kline, 2005).

*Model Tahmini*:

DFA'nın parametre tahmini için En Çok Olabilirlik Tahmini, Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi ve Ağırlıklandırılmamış En küçük Kareler Yöntemleri kullanılabilmektedir. DFA'da standardize edilmemiş tahminler aşağıdaki gibi yorumlanmaktadır. Faktör çiftleri veya ölçüm hataları arasındaki analiz edilemeyen önceki ilişkiler kovaryans olarak tanımlanmaktadır. Faktör yükleri, faktörün gösterge üzerindeki doğrudan etkisini gösteren standardize edilmemiş regresyon katsayıları gibi yorumlanmaktadır. Faktöre ait göstergelerin bire sabitlenmesi, ilgili faktörün standardize edilmemiş olduğunu ve standart hataları da olmadığından istatistiki anlamlılığının test edilemediğini belirtmektedir.

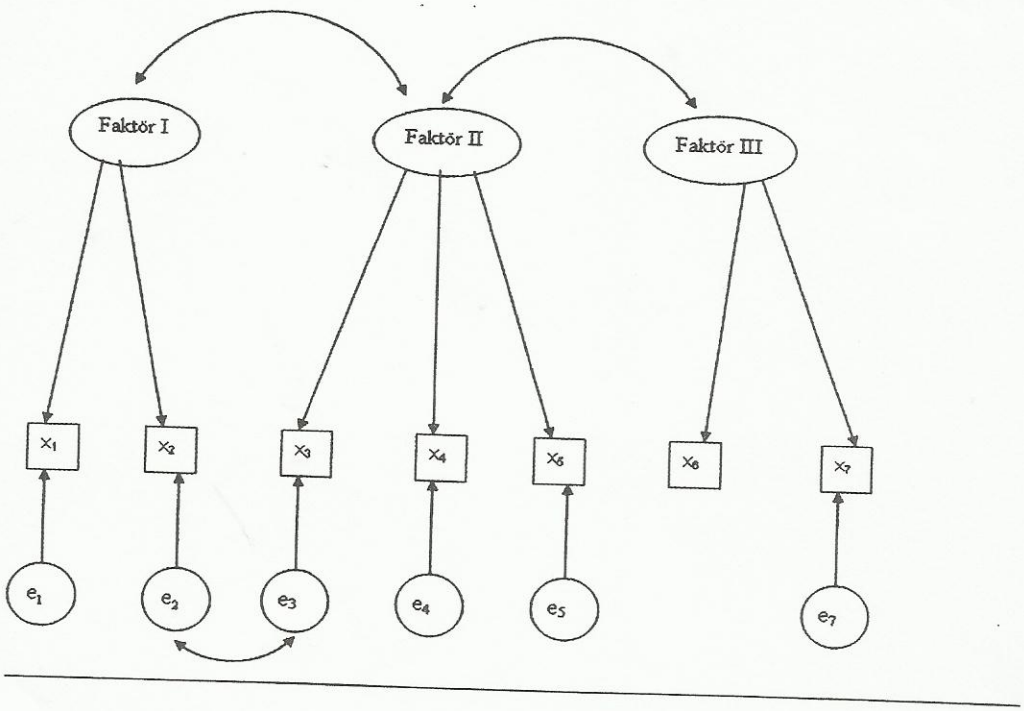
*Model Uygunluğu*:

DFA'da; Ki-Kare istatistiği, Uygunluk endeksi/Uyum iyiliği endeksi, Hata kareleri ortalamasının karekökü, Hata kareleri ortalaması yaklaşımı, Akaike bilgi kriteri Standartlaştırılmış uygunluk endeksi gibi birden çok uygunluk endeksi kullanılmaktadır. İyi uygun modeller farklı uygunluk endeksleri için benzer sonuçları vermektedir. Birçok endeks benzer sonucu veriyorsa, karar vermek için herhangi bir endeks tercih edilebilmektedir ancak genelde çoklu endeks sonuçlarına da yer verilmektedir. Uygunluk endeksleri sonuçları benzer değilse modelin yeniden incelenmesi gerekmektedir (Tabachnick, Fidell 1996).

*Modelin Düzeltilmesi:*

Modelin düzeltilmesi için iki neden vardır. Bunlardan biri modelin uygunluğunu arttırmak, diğeri de hipotezlerin test edilmesine olanak vermektedir. Modelin düzeltilmesi için serbest parametreler sabitlenerek veya sabit parametreler serbest parametreye dönüştürülerek uygun olmayan model yeniden belirlenmeye çalışılmaktadır (Hoyle, 1995).

DFA modeline ilişkin bir örnek Şekil 2'de gösterilmektedir.




**Şekil 2:Doğrulayıcı faktör analizi**

AFA'dan farklı olarak DFA'da:

- Hangi faktörler arasında ilişki (korelasyon) olduğu,
- Hangi faktörlerin hangi gözlenen değişkenden etkilendiği,
- Hangi gözlenen değişkenin hatadan etkilendiği,
- Hangi hatalar arasında ilişki olduğu belirlenebilmekte ve uygulanacak istatistik testler ile veri setinin uygunluğuna karar verilebilmektedir.
- AFA'da faktör yükleri için 0.30'dan büyük değerler anlamlı sayılırken, DFA'da her bir faktör yükünün anlamlılığı test edilebilmektedir.

AFA ve DFA arasındaki farklılıklar Şekil.1 ve Şekil.2 üzerinden rahatlıkla görülebilmektedir. DFA modeline örnek olarak gösterilen Şekil 2'deki modelde Faktör 1 ve Faktör 3 arasında korelasyon olmadığı varsayılmaktadır. Oysaki Şekil 1'deki AFA'da faktörler arasında ilişki olduğu varsayılmaktadır (alternatif olarak faktörler arasında ilişki olmadığı da varsayılabilmektedir). DFA'da bir gözlenen değişken sadece tek bir faktörü (örneğin $x_3$ değişkeni Faktör 1 ve Faktör 3'ten etkilenmemektedir) temsil etmektedir. DFA'da hatalar arasında ilişki olabilmekte, şekilde görüldüğü gibi $x_2$ ve $x_3$ gözlenen değişkenine ait hatalar arasında ($e_2$ ve $e_3$) ilişki görülmektedir. DFA'da bazı gözlenen değişkenler hataya sahip olmamaktadır. Örneğin $x_6$ değişkeni hataya sahip değildir. Oysaki AFA'da hatalar birbirinden bağımsız ve her gözlenen değişkene ait hata terimi bulunmaktadır.

## 3. BULGULAR

Bilindiği gibi finansal oranlar genel olarak karlılık, likitide, mali yapı ve faaliyet oranları olmak üzere dört ana başlık altında toplanmaktadır. Finansal oranları içeren çok değişkenli istatistik yöntemlerin uygulandığı bir çok çalışmada, yapılacak olan analizden önce genelde AFA yöntemine başvurulmaktadır. Bunun nedeni ise çok sayıda oran arasından veri seti için temsil gücü yüksek olan oranların tespit edilmesi olarak görülmektedir. Çalışmada İstanbul Menkul Kıymetler Borsasında (İMKB) işlem gören 280 firmaya ait Ek.1'de yer alan 11 adet oran[16] (gözlenen değişken) hesaplanmış ve bu veri setine AFA ile DFA ayrı ayrı uygulanarak sonuçlar yorumlanmıştır. Analizler SPSS ve LISREL paket programlarıyla gerçekleştirilmiştir.

### *3.1 AFA Sonuçları:*

AFA'da, faktörler arasındaki korelasyonun hesaplanmasına olanak veren eğik döndürme kullanılarak analiz uygulanmıştır. İyi uygunluk testi sonucuna göre veri setinin AFA için uygun olduğu ($p<0.05$), 4 adet faktörün elde edildiği ve bu faktörlerin toplam varyansı açıklama oranının yaklaşık % 71.76, birinci faktörün açıklama oranına katkısının ise %37.25 olduğu görülmektedir.

Model matrisi incelendiğinde birinci faktör mali yapı, ikincisi faaliyet, diğerleri ise sırasıyla likitide ve karlılık oranları olarak isimlendirilebilir.

Mali yapı faktörüne en çok etki eden oranın BORCOZS (0.987) olduğu görülmekte, bunu KALDIRAÇ oranı ve OZSAKT oranı izlemektedir.

[16] Yorumları kısaltmak amacıyla dört ana başlık altında yer alan oranlardan sadece Ek.1'de yer alanlar analize dahil edilmiştir.

Faaliyet faktöründe STOKDH (0.998), AKTDH ve ALCDH oranları dikkat çekmektedir.

Üçüncü faktör olan Likitide ise CARİ (0.988) ve ASIT oranları öne çıkmaktadır.

Dördüncü faktörde ise FVAKT (0.845), VKOZS, BKSAT oranları öne çıkmaktadır.

**Tablo 2. Model matrisine ait sonuçlar**

| | Faktör | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| VKOZS | | | | 0.658 |
| FVAKT | | | | 0.845 |
| BKSAT | | | | 0.653 |
| CARI | | | 0.988 | |
| ASIT | | | 0.882 | |
| BORCOZS | 0.987 | | | |
| OZSAKT | 0.756 | | | |
| KALDIRAC | -0.856 | | | |
| ALCDH | | 0.362 | | |
| AKTDH | | 0.470 | | |
| STOKDH | | 0.998 | | |

Tablo 3 incelendiğinde mali ve likitide faktörleri (0.458), kar ve likitide faktörleri arasında aynı yönde (0.275) bir ilişki olabileceği görülmektedir. Ancak AFA'da faktör yüklerinin anlamlığı ve faktörler arasındaki korelasyonun anlamlılığı test edilememektedir.

**Tablo 3. Faktör korelasyon matrisi**

| Factor | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0.111 | 0.458 | 0.094 |
| 2 | 0.111 | 1 | -0.083 | -0.165 |
| 3 | 0.458 | -0.083 | 1 | 0.275 |
| 4 | 0.094 | -0.165 | 0.275 | 1 |

### *3.2 DFA Sonuçları:*

DFA'da analize başlamadan önce teoriye dayanarak finansal oranlar 4 faktör şeklinde belirlenmiştir. Analiz sonucunda modele ait şemasal gösterime bakıldığında her bir gözlenen değişkenin tek bir faktörle ilişkisinin olduğu görülmektedir (Bkz. Ek.2).

Tablo 4 incelendiğinde, her bir orana ait faktör yükü ve hangi oranların modelde yer alacağına karar verilmesini sağlayan "t değerleri" görülmektedir. Faktör yükünün karesi her bir oranın ilgili faktörü açıklama oranını göstermektedir. Karlılık faktörü en çok FVAKT oranı ($R^2$=0.64), likitide faktörü CARİ oran ($R^2$=0.94), mali yapı faktörü BORCOZS oranı ($R^2$=0.98), faaliyet faktörü de STOKDH ($R^2$=0.63) oranı tarafından açıklanmaktadır.

**Tablo 4. Finansal oranlara ait faktör yükleri ve t değerleri**

| Faktör | Faktör Yükü | t değeri |
|---|---|---|
| ***Karlılık*** | | |
| VKOZS | 0.57 | 9.33 |
| | | (0.011) |
| FVAKT | 0.80 | 13.28 |
| | | (0.0048) |
| BKSAT | 0.79 | 13.05 |
| | | (0.0071) |
| ***Likitide*** | | |
| CARI | 0.97 | 20.45 |
| | | (0.043) |
| ASIT | 0.94 | 19.44 |
| | | (0.036) |
| ***Mali Yapı*** | | |
| BORCOZS | 0.99 | 22.74 |
| | | (0.0055) |
| KALDIRAC | 0.92 | 19.89 |
| | | (0.014) |
| ***Faaliyet*** | | |
| ALCDH | 0.44 | 6.07 |
| | | (0.35) |
| AKTDH | 0.58 | 7.43 |
| | | (0.72) |
| STOKDH | 0.79 | 8.71 |
| | | (0.044) |

Yukarıdaki tablo incelendiğinde ALCDH ve AKTDH oranlarının anlamsız olduğu görülmektedir ($p>0.05$).

**Tablo 5. Faktör korelayon matrisi**

| | Karlılık | Likitide | Mali Yapı | Faaliyet |
|---|---|---|---|---|
| Karlılık | 1 | | | |
| Likitide | 0,32 | 1 | | |
| | (0,06) | | | |
| MaliYapı | -0,11 | -0,55 | 1 | |
| | (0,07) | (0,04) | | |
| Faaliyet | -0,21 | 0,00 | 0,01 | 1 |
| | (0,08) | (0,07) | (0,07) | |

Tablo 5 incelendiğinde mali yapı ve likitide faktörleri arasında anlamlı ve ters yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir ($p<0.05$).

Modelin uygunluğuyla ilgili çok sayıda endeks değerinin hesaplandığı görülmekte bunlardan birkaçı değerlendirildiğinde GFI (0.91), CFI(0.89) değerleri bire yaklaşık olduğu için, RMSEA değeri de sıfıra yaklaşık bir değer (0.081) olduğu için modelin iyi uygun olduğuna karar verilebilmektedir. Ancak anlamsız oranlar modelden çıkarıldığında daha iyi uygun modelin elde edilebileceğinin de dikkate alınması gerekmektedir.

## 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Her iki faktör analizi yaklaşımı, çok sayıda değişkenin az sayıda faktörler şeklinde tanımlanmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte önemli farklılıkları bulunmaktadır. Bunlar kısaca şu şekilde özetlenebilir.

- AFA'da faktörler analizin sonunda isimlendirilebilmekte, DFA'da teoriye dayanarak analize başlamadan önce tanımlanmaktadır.
- AFA'da gözlenen değişkenlerin her faktörle ilişkisi bulunmakta, DFA'da ise gözlenen değişkenin sadece ilgili olduğu faktörle ilişkisi bulunmaktadır (Şekil.1 ve Şekil.2).
- AFA'da dik döndürme uygulanıyorsa faktörler arasında ilişki bulunmamakta, eğik döndürme yapılıyorsa Şekil 1'de görüldüğü gibi faktörler arasında ilişki bulunmaktadır. DFA'da ise faktörler arasında ilişki hesaplanmakta ancak hangi faktörler arasında ilişki olacağına teoriye dayanılarak karar verilmektedir.
- AFA ve DFA analizinin her ikisinde de hatalar hesaplanabilmekte ancak hatalar arasındaki ilişki sadece DFA'da incelenebilmektedir.
- AFA'da 0.30'dan büyük değerler için faktör yüklerinin anlamlı olduğu kabul edilmekte, DFA'da ise faktör yüklerinin anlamlılığı da test edilebilmektedir.
- DFA'da teorik modelle ilgili hipotezler sınanmakta ve model düzeltilerek modelin uygunluğu arttırılabilmektedir.

Uygulamada finansal oranlar için her iki faktör analizi yaklaşımına ait sonuçlar değerlendirilmiştir. AFA'da faktörler, analiz sonuçlarına göre isimlendirilmiş ve aynı zamanda teoriye de uygun olan model DFA ile yorumlanmıştır. AFA'da 4 faktör elde edilmiş ve faktör yükleri 0.30'dan büyük olduğu için model anlamlı kabul edilmiştir. Model, faktör yüklerinin ve faktörler arasındaki korelasyonların anlamlılığının test edilmesine olanak veren DFA kullanılarak yorumlandığında ALCDH ve AKTDH oranlarının anlamsız, mali yapı ve likitide faktörleri arasındaki ilişkinin ise anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Teorik model biliniyorsa DFA uygulaması daha kapsamlı bilgi vermektedir. Teorik modelle ilgili bilgi olmadığında ise genelde AFA kullanılmaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda ise AFA ile faktörler isimlendirilmekte daha sonra DFA ile modelin geçerliliği test edilmektedir. Bu nedenle amaca uygun yaklaşımın kullanılması önerilmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

Anderson T.W., Rubin H., 1956. Statistical inference in factor analysis, Proceedings of the third Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 5, 111-150, Berkeley: University of California Pres.

Hair, J., Anderson R.,Tatham R., Black W., 1998. Multivariate data analysis, Prentice Hall, New Jersey.

Hoyle, R., 1995. Structural equation modeling: Concepts, issues, and applications, Sage Publications,U.S.A.

Howe, W.G., 1955. Some contributions to factor analysis, Oak Ridge, Tennesee.

Joreskog, K.G., 1967. Some contributions to maximum likelihood factor analysis, Psychometrica, 32, 443-482.

Joreskog, K.G., 1969. A general approach to confirmatory maximum likelihood factor analysis, Psychometrica, 34, 183-202.

Joreskog, K.G., Lawley D.N., 1968. New methods in maximum likelihood factor analysis, British Journal of Mathematical and Statistical Psychology, 21, 85-96.

Kaplan, D., 2000. Structural equation modeling foundations and extensions, Sage Publications, U.S.A , 2000.

Kline R. B., 2005. Principles and practice of structural equation modeling, Second Edition (Methodology In The Social Sciences), The Guilford Press.

Lawley, D.N., 1940. The estimation of factor loadings by the method of maximum likelihood, Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 60, 64-82.

Lawley, D.N., 1958. Estimation in factor analysis under various initial assumptions, British Journal of Statistical Psychology,11,1-12.

Long, J.S., 1983. Confirmatory factor analysis, Sage publication, A.B.D.

Rencher, A., 1995. Methods of multivariate analysis, John Wiley & Sons, Kanada.

Schumacker, R.E., 2004. Beginner's guide to structural equation modeling, Lawrence Erlbaum Associates, A.B.D.

Spearman, C., 1904. General intelligence, objectively determined and measured, American Journal of Psychology,15,201-293.

Spearman, C., 1927. The abilities of man. London, Macmillan.

Stevens, J., 1996. Applied multivariate statistics for the social sciences, 3. baskı, Lawrence Erlbaum, New Jersey.

Tabachnick, B., Fidell L., 1996. Using multivariate statistics, Harper Collins, A.B.D.

Tacq, Jacques, 1999. Multivarate technique in social sciences, Sage Publications, Great Britain.

Thompson, Bruce, 2005. Exploratory and confirmatory factor analysis, American Psychological Association, A.B.D.

Thurstone, L.,1947. Multiple factor Analysis, Chicago, University of Chicago Press.

# COMPARISON OF EXPLORATORY AND CONFIRMATORY FACTOR ANALYSIS: AN APPLICATION

*ABSTRACT*

*Factor analysis is one of the multivariate statistical methods that can be used to analyze interrelationships among large number of variables and to explain these variables into smaller set of factors. The method summarizes a special information that belongs to a large number of variables and facilitates the interpretation of the results with data reduction. There are two factor analysis approaches that are widely used. One of them is Explanatory Factor Analysis and the other is Confirmatory Factor Analysis. The aim of this study is to compare two approaches and to give general information about the selection process.*

**Keywords: Exploratory factor analysis, Confirmatory factor analysis.**

## Ek.1 Finansal Oranlar

**1. Karlılık Oranları**
- Faiz ve Vergi Öncesi Kar/Kaynaklar Toplamı (FVAKT)
- Vergi Öncesi Kar/Öz Sermaye (VKOZS)
- Brüt Satış Karı/Net Satışlar (BKSAT)

**2. Likitide Oranları**
- Dönen Varlık/K.V Borc (CARI)
- (Dönen Varlık–Stoklar)/K.V. Borc (ASIT)

**3. Mali Oranlar**
- T. Borç/Öz Sermaye (BORCOZS)
- Öz Sermaye/Aktif Toplamı (OZSAKT)
- T. Borç/Aktif Toplamı (KALDIRAC)

**4. Faaliyet Oranları**
- Net Satışlar/Ortalama Ticari Alacaklar (ALCDH)
- Satılan Malın Maliyeti/Ortalama Stoklar (STOKDH)
- Net Satışlar/Aktif Toplamı (AKTDH)

## Ek. 2 Doğrulayıcı Faktör Analizi Sonuçları

