

**PATH ANALİZİ  
VE BİR UYGULAMA DENEMESİ:  
GELİŞMİŞLİK DÜZEYİNİ ETKİLEYEN  
FAKTÖRLERİN ANALİZİ**

**Kerim Ulaş DOKUZLAR  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Eskişehir - 2004**

**PATH ANALİZİ VE BİR UYGULAMA DENEMESİ:  
GELİŞMİŞLİK DÜZEYİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ANALİZİ**

**Kerim Ulaş DOKUZLAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İşletme Anabilim Dalı**  
**Danışman: Doç. Dr. Hasan DURUCASU**

**Eskişehir**  
**Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**  
**Şubat 2004**

## YÜKSEK LİSANS TEZ ÖZÜ

### PATH ANALİZİ VE BİR UYGULAMA DENEMESİ: GELİŞMİŞLİK DÜZEYİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ANALİZİ

Kerim Ulaş DOKUZLAR

İşletme Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Şubat 2004

Danışman: Doç. Dr. Hasan DURUCASU

Bu çalışma, gelişmişlik düzeyi üzerinde etkili olduğu düşünülen değişkenlerin etkilerini belirlemek amacıyla, Türkiye'deki 2000 yılının idari yapısı esas alınarak, 81 ile ilişkin verilerle yürütülmüştür. Gelişmişlik düzeyi bağımsız değişkeni olarak, gayri safi yurt içi hasıla değişkeni kullanılmıştır.

Çalışmada bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağıntı tespit edilmiş ve uygulamada path analizinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Çalışma sonucunda; ele alınan 17 adet bağımsız değişken arasından stepwise regresyon yöntemi kullanılarak, kişi başına elektrik tüketimi, onbin kişiye düşen motorlu kara taşıtı sayısı, doğurganlık hızı ve imalat sanayiinde yaratılan toplam katma değer değişkenleri gelişmişlik düzeyi üzerinde anlamlı bulunmuştur. Bu değişkenlerin, gelişmişlik düzeyi üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini belirlemek için de path analizi kullanılmıştır. Bundan sonra yapılacak benzeri araştırmalarda, söz konusu dört değişkenin kullanılmasının araştırmanın sağlıklı olarak yapılmasına katkı sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

## ABSTRACT

### PAHT ANALYSE AND ONE APPLICATION TEST: THE ANALYSE OF THE FACTORS WHICH EFFECT DEVELOPMENT LEVEL

This study, is being done to determine the effects of the variables which are thought to be effected on the development level, and executed on the base of administrative structure of TÜRKİYE at 2000 by the datas regarding of 81 cities. Gross National Product variables are used as independent variable of the development level.

In this study, multicollinearity is determined among the independent variables and the path analyse is been decided to be used on the application.

At the end of the study, by the use of stepwise regression method which is choosed among 17 independent variables is found significant on the use of the electricity per capita, motor vehicle per 10 000 person, the rate of fecundity and on the total supplemantery value variables of development level, which are obtained from the manufactured industries. The path analyse is also used to determine direct and indirect effects of these variables on the development level. It is concluded that, the use of these 4 variables on the similar research which are going to be executed after this study will make the research more accurate.

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Kerim Ulaş DOKUZLAR'ın "Path Analizi ve Bir Uygulama Denemesi: Gelişmişlik Düzeyini Etkileyen Faktörlerin Analizi" başlıklı tezi 18 Mart 2004 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, **İşletme (Sayısal Yöntemler)** Anabilim Dalında, yüksek lisans tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Doç.Dr.Hasan DURUCASU

Üye : Prof.Dr.Emel ŞIKLAR

Üye : Yrd.Doç.Dr.Fikret ER

Prof.Dr. Nurhan AYDIN  
Anadolu Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü



## ÖNSÖZ

Gelişme ve gelişmişlik düzeyi kavramları son yıllarda birçok araştırmaya konu olmuş ve geniş bir şekilde incelenmiştir. Günümüzde söz konusu kavramlardan daha fazla ilgi görmüş herhangi bir başka konu olmadığı söylenebilir.

Tez konusu olarak bu konunun seçilmesinde yardımcı olan ve tezin yazılması aşamasında ayrıntılı incelemeleri ve olumlu eleştirileri ile bana yol gösteren, başta danışman hocam Doç. Dr. Hasan DURUCASU olmak üzere, tezin hazırlanışı aşamasında fikirlerinden yararlandığım, Prof. Dr. Emel ŞIKLAR ve Yrd. Doç. Dr. Fikret ER'e, analiz tekniği ile ilgili materyali temin ettiğim Araşt. Gör. Dr. Cengiz BAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Kerim Ulaş Dokuzlar

## İÇİNDEKİLER

|                             | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------|--------------|
| ÖZ .....                    | ii           |
| ABSTRACT .....              | iii          |
| JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ..... | iv           |
| ÖNSÖZ .....                 | v            |
| ÖZGEÇMİŞ .....              | vi           |
| TABLolar LİSTESİ .....      | ix           |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....      | x            |
| GİRİŞ .....                 | 1            |

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### GELİŞMİŞLİK DÜZEYİ İLE İLGİLİ KAVRAMLAR

|  |   |
|--|---|
| 1. Gelişme, Kalkınma ve Büyüme Kavramlarının Açıklanması ..... | 2 |
| 2. Amaç .....  | 3 |
| 3. Kapsam .....  | 3 |
| 4. Materyal .....  | 3 |
| 4.1. Sosyal Değişkenler .....                                  | 3 |
| 4.1.1. Nüfus ile İlgili Değişkenler .....                      | 4 |
| 4.1.2. Eğitim ile İlgili Değişkenler .....                     | 4 |
| 4.1.3. Sağlık ile İlgili Değişkenler .....                     | 4 |
| 4.1.4. Altyapı ile İlgili Değişkenler .....                    | 5 |
| 4.1.5. Refah ile İlgili Değişkenler .....                      | 5 |
| 4.2. Ekonomik Değişkenler .....                                | 5 |
| 4.2.1. Tarım ile İlgili Değişkenler.....                       | 6 |
| 4.2.2. Mali Değişkenler.....                                   | 6 |
| 4.2.3. İmalat ile İlgili Değişkenler.....                      | 6 |

### İKİNCİ BÖLÜM

#### REGRESYON ANALİZİ

|   |    |
|---|----|
| 1. Regresyon Analizine Giriş .....                              | 7  |
| 2. Regresyon Modeli .....                                       | 8  |
| 3. Doğrusal Regresyon Modelinin Varsayımları .....              | 9  |
| 4. Doğrusal Regresyon Modelinin Varsayımlarından Sapmalar ..... | 14 |
| 4.1. Çoklu Doğrusal Bağntı .....                                | 14 |
| 4.2. Otokorelasyon .....  | 15 |
| 4.2. Değişen Varyanslılık .....                                 | 15 |
| 5. Korelasyon Analizi .....                                     | 15 |
| 6. Adımsal (Stepwise) Regresyon Yöntemi .....                   | 18 |

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### PATH ANALİZİ

|   |    |
|---|----|
| 1. Path Analizine Giriş .....   | 19 |
| 2. Path Analizinin İlkeleri .....                                     | 20 |
| 2.1. Yapısal Denklemler .....   | 20 |
| 2.2. Yapısal Model .....  | 21 |
| 2.3. Path Diyagramı .....   | 21 |
| 2.4. Path Katsayıları .....   | 24 |
| 3. Path Analizi Tekniği .....   | 27 |
| 3.1. Path Modelleri .....   | 28 |
| 3.2. Path Katsayılarının Hesaplanması .....                           | 30 |
| 3.3. Temel İlişki Sistemleri .....                                    | 33 |
| 3.3.1. Sebep Değişkenleri Arasında Korelasyonun Olmadığı Sistemler .. | 33 |
| 3.3.2. Korelasyonsuz (bağımsız) Sebepler Zinciri Sistemi .....        | 34 |
| 3.3.3. Sebepler Arasında Korelasyonun Olmadığı Ortak Sonuçlar Sistemi | 37 |
| 3.3.4. Korelasyonlu Ortak Sebep İçeren Sonuçlar Sistemi .....         | 39 |
| 3.3.5. Birbirine Bağımlı Sebepler Sistemi .....                       | 40 |
| 4. Path Analizinin Üstünlükleri ve Zayıflıkları .....                 | 44 |
| 4.1. Path Analizinin Üstünlükleri .....                               | 44 |
| 4.2. Path Analizinin Zayıflıkları .....                               | 46 |

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### PATH ANALİZİ VE BİR UYGULAMA DENEMESİ: GELİŞMİŞLİK DÜZEYİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ANALİZİ

|                |    |
|----------------|----|
| UYGULAMA ..... | 47 |
| SONUÇ .....    | 53 |
| KAYNAKÇA ..... | 55 |



**TABLolar LİSTESİ**

|  | <b><u>Sayfa</u></b> |
|--|---------------------|
| <b>Tablo 1.</b> Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler ..... | 47                  |
| <b>Tablo 2.</b> Bağımsız Değişkenlere Ait VIF Değerleri.....     | 48                  |
| <b>Tablo 3.</b> Değişkenlere Ait Korelasyon Katsayıları.....     | 50                  |
| <b>Tablo 4.</b> (4.1) No'lu Modele Ait Analiz Sonuçları.....     | 51                  |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Şekil 1. $u$ 'ların Normal Dağılımı .....  | 11           |
| Şekil 2. $u_i$ 'nin Eşit Varyanslı Olması Durumu .....   | 12           |
| Şekil 3. Artan korelasyon .....  | 16           |
| Şekil 4. Azalan korelasyon .....   | 17           |
| Şekil 5. Sıfır Korelasyon .....  | 17           |
| Şekil 6. Örnek Path Diyagramları .....   | 22           |
| Şekil 7. Path Diyagramı .....  | 23           |
| Şekil 8. Aralarında Korelasyon Olmayan $x_1$ ve $x_2$ Sebep Değişkenlerinin $y$ Sonuç Değişkenine Etkileri .....   | 25           |
| Şekil 9. Sebepler Arasında Korelasyonun Olduğu Durumda $k$ Adet Sebep Değişkeni, $X_u$ Hata Değişkeni ve $y$ Sonuç Değişkeni Arasındaki İlişkiyi Gösteren Path Diyagramı ..... | 30           |
| Şekil 10. $x_1$ , $x_2$ ve $x_3$ Gibi Birbirinden Bağımsız Sebep Değişkenlerinin $y$ Sonucuna Etkileri .....   | 33           |
| Şekil 11. Korelasyonsuz Sebepler Zincirini Gösteren Path Diyagramı .....   | 35           |
| Şekil 12. İki Ayrı Sonucun Birbirinden Bağımsız Ortak Sebepler Tarafından Etkilenmesini Gösteren Path Diyagramı .....  | 37           |
| Şekil 13. Sebepler Arasında Korelasyonun Olduğu Path Diyagramı .....   | 39           |
| Şekil 14. Birbirine Bağımlı Sebep Değişkenlerinin $y$ Sonuç Değişkenine Etkileri .....   | 40           |
| Şekil 15. Sebepler Arasındaki Korelasyonun Gerideki Bir Ortak Sebepden İleri Geldiği Sistem .....  | 42           |
| Şekil 16. Değişkenlere Ait Path Diyagramı .....  | 50           |

## GİRİŞ

Gelişmişlik düzeyi ve gelişmişlik düzeyine etki eden faktörler, günümüze kadar bir çok kurum ve bilim adamı tarafından çeşitli yönleriyle incelenmiş ve bu konuyla ilgili bir çok çalışma yapılmıştır.

Gelişmişlik düzeyine etkileri analiz etmeden önce, gelişmişliğin tanımlanması gerekir. Öte yandan, “gelişme”nin çok yönlü ve kapsamlı bir kavram olmasından ötürü, her türlü çözümlenme ve ölçme girişimi, sonuçları itibariyle görelilik arz etmektedir. Çalışmanın özü ve çerçevesinin daha iyi anlaşılması ve kullanılan deyimlerin açıklık kazanması amacıyla, önce “gelişme” kavramının kısaca tanımı yapılmıştır. Daha sonra, çalışmanın amacı, kapsamı ve uygulamada kullanılan değişkenler açıklanmıştır.

Çalışmada, analiz yapılırken, her il için öncelikle değişkenler arasında çoklu doğrusal bağıntı araştırılmıştır. Değişkenlere ait VIF (Variance Inflation Factors) değerleri bulunarak çoklu bağıntı tespit edilmiş ve path analizinin kullanılmasına karar verilmiştir. Daha sonra veriler standartlaştırılmıştır. Adımsal (Stepwise) Regresyon yöntemi kullanılarak bağımlı değişken üzerinde anlamlı olan bağımsız değişkenler tespit edilmiştir. Ayrıca, sebep değişkenleri arasındaki olası ilişkileri gösteren path diyagramı çizilerek, yorumlanmasına çalışılmıştır. Gelişmişlik düzeyi bağımlı değişkeni olarak, gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) değişkeni alınmış ve diğer 17 değişkenin bu değişken üzerine olan doğrudan ve dolaylı etkilerini belirlemek için Path Analizi uygulanmıştır. Daha sonra da, analiz sonuçlarına dayanarak yorumlar yapılmıştır.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### GELİŞMİŞLİK DÜZEYİ İLE İLGİLİ KAVRAMLAR

#### 1. Gelişme, Kalkınma ve Büyüme Kavramlarının Açıklanması

Son çeyrek yüzyıl içinde ekonomik gelişme konusunda yapılan çalışmalar ve araştırmalar sayılamayacak kadar çoktur. Günümüzde ekonomik gelişmeden daha çok ilgi görmüş herhangi bir başka konu olmadığı söylenebilir. Konunun bu kadar geniş bir şekilde işlenmiş olmasına rağmen, henüz genel ve tutarlı bir teorik model geliştirilememiş, konu ile ilgili terimler açık ve kesin anlamlara kavuşturulamamıştır<sup>1</sup>.

Aydınlığa kavuşturulması gereken ilk konu, “Gelişme”, “Büyüme” ve “Kalkınma” kavramları arasındaki farktır. Bu kavramlar, önceleri denk oluşumları içerdiği düşüncesiyle, eşanlamlarda kullanılmıştır. Fakat, özellikle 1970’li yıllardan sonra meydana gelen gelişmeler, söz konusu kavramların saydamlaşmasının yolunu açmıştır. Bugüne gelindiğinde, bu kavramların aynı kavramlar olmadığı gerçeği kabul görmektedir.

“Kalkınma” kavramı, 1970’ler öncesinde ulusal gelirdeki artışlarla eşit görülmekte idi. Kalkınmada temel amaç, tarımdan öte, sanayi ve hizmet sektörleri doğrultusunda üretim ve istihdam yapısını dönüştürmek olduğundan, bu yaklaşıma uygun olarak ülke refahındaki değişimlerin temel göstergesi, “kişi başına milli gelir” olarak kullanılmıştır. Ancak 1960’lardan sonra meydana gelen gelişmeler bu yaklaşımın yetersizliğini vurgularken, 1970’lerde “kalkınma” kavramının yeniden tanımlanması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Gelişmeyi beşeri boyutlarıyla da tanımlamayı amaçlayan yeni yaklaşımda, “sadece üretimin ve kişi başına milli gelirin artırılması”<sup>2</sup> olarak kabul edilen ekonomik büyüme kavramı yanında; yoksulluk, işsizlik, gelir dağılımı ve bölgesel dengesizliklerin de, gelişme tanımları içinde değerlendirilmesi öngörülmüştür<sup>3</sup>.

Gerçekten de, gelir artışlarıyla ölçülen “büyüme” kavramı, toplumsal gelişmişliği yeterince açıklayamamaktadır. “Gelişme” kavramı ise, gelir artışı ve fiziki

<sup>1</sup>Vural F. Savaş, **Kalkınma Ekonomisi** (Bursa: Bursa İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayın No:6, 1995), s.5.

<sup>2</sup>Vural F. Savaş, **İktisadi Kalkınma**, (Eskişehir: AÖF Yayınları No:604, Ünite 1-20), s.2.

<sup>3</sup>Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, **İllerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması** (Yayın No:DPT:2466, Aralık 1996), s.17.

kapasite büyüklüğü gibi ekonomik gelişmelerin yanında sosyo-kültürel gelişmeyi de, diğer bir ifade ile, toplumsal gelişme düzeyini de ifade etmektedir<sup>4</sup>.

Bütün bu tanımlamalar “gelişme” kavramının, ülke genelindeki toplumsal, siyasal, kültürel ve benzeri kurumlardaki yapısal değişimleri kapsayan çok boyutlu bir kavram olduğunu göstermektedir. Bu anlayışla “gelişme”; ülkenin ekonomik, sosyal, siyasal ve kültürel yapılarındaki ilerlemeyi kapsamakta ve bir bütün oluşturmaktadır.

## 2. Amaç

Bu çalışmanın amacı, gelişmişlik düzeyi üzerinde etkili olduğu düşünülen değişkenlerin ne kadarının gelişmişlik düzeyi üzerinde anlamlı olduğunu belirleyerek, anlamlı bulunan değişkenlerin etkilerini ayrıntılı biçimde ortaya koymaktır.

## 3. Kapsam

Araştırmada, 2000 yılındaki idari yapı esas alınarak 81 il incelemeye alınmıştır. Bu nedenle, kullanılan değişken değerleri 2000 yılına aittir.

## 4. Materyal

Çalışmada, gelişmişliğin mümkün olduğu kadar çok boyutunu hesaba katabilmek için, değişken sayısının geniş tutulmasına çalışılmıştır. Gelişmişlik düzeyi bağımlı değişkeni olarak, kişi başına GSYİH (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla) değişkeni kullanılmıştır. Üretilen tüm mal ve hizmetlerin toplam değeri olan GSYİH, gelişmişlik düzeyini yansıtan en önemli değişkendir. Çalışmamızda, illerin kişi başına GSYİH verileri, 2000 yılı esas alınarak, DİE (Devlet İstatistik Enstitüsü)’den alınmıştır.

Araştırmada kullanılan bağımsız değişkenler ise aşağıda verilmiştir:

### 4.1. Sosyal Değişkenler

Nüfus, eğitim, sağlık, altyapı ve refah ile ilgili değişkenler, sosyal değişkenler olarak sıralanmıştır.

<sup>4</sup>Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, a.g.e, s.17.

#### 4.1.1. Nüfus İle İlgili Değişkenler

Araştırmada, nüfus ile ilgili gelişmişlik değişkenlerini açıklamak için; yıllık nüfus artış hızı, doğurganlık hızı, şehirleşme oranı, nüfus yoğunluğu değişkenleri kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan nüfus değişkenlerinin tümü 2000 yılı Genel Nüfus Sayımı sonuçları esas alınarak, DİE'den temin edilmiştir.

Her il için;

- Yıllık nüfus artış hızı, 1990-2000 yılları arasında, nüfusun yıllık ortalama binde artış hızını,
- Doğurganlık hızı, 2000 yılındaki doğurganlık yaşında bulunan (15-49) kadınların yapabileceği yıllık ortalama doğum oranını,
- Şehirleşme oranı, 2000 yılı itibariyle, il ve ilçe merkezlerinde yaşayan nüfusun toplam nüfusa yüzde oranını,
- Nüfus yoğunluğu, illerin sahip oldukları yüzölçümün nüfusa oranlanması suretiyle elde edilen, kilometrekareye düşen kişi sayısını göstermektedir.

#### 4.1.2. Eğitim İle İlgili Değişkenler

Eğitim ile ilgili değişkenler, okuryazar oranı ve ortaöğretimde toplam okullaşma oranıdır.

Araştırmada kullanılan okuryazar oranı, illerde altı ve yukarı yaştaki toplam nüfusun içinde okuma ve yazma bilenlerin yüzde oranını göstermektedir. Ortaöğretimde toplam okullaşma oranı ise, ortaöğretim kademesindeki toplam öğrenci sayısının çağ nüfusuna oranını ifade etmektedir.

Eğitimle ilgili söz konusu değişkenler, Milli Eğitim Bakanlığı 2000-2001 yılı öğretim yılı istatistiklerinden sağlanmıştır.

#### 4.1.3. Sağlık İle İlgili Değişkenler

Araştırmada kullanılan sağlık ile ilgili değişkenler, hekim başına düşen kişi sayısı ve bebek ölüm oranı değişkenlerinden oluşmaktadır.

Hekim başına düşen kişi sayısı, il nüfusunun ildeki hekim sayısına bölümü ile elde edilen yüzde oranını göstermektedir.

Bebek ölüm oranı ise, sağlık hizmetlerinin yaygınlığı, eğitim ve kültür düzeyinin yüksekliği gibi çeşitli sosyo-ekonomik unsurlarla yakından ilgilidir. 2000 yılı itibariyle bir yaşını doldurmadan ölen bebeklerin binde oranı bebek ölüm oranı değişkeni olarak ele alınmıştır<sup>5</sup>.

Bebek ölüm oranı değişkeni DIE'den, hekim başına düşen kişi sayısı değişkeni ise 2000 yılı itibariyle Sağlık Bakanlığı'ndan temin edilmiştir.

#### **4.1.4. Altyapı İle İlgili Değişkenler**

Çalışmamızda, altyapı ile ilgili olarak, kırsal yerleşim yerlerinde asfalt yol oranı ve yeterli içme suyuna sahip kırsal yerleşim yerleri oranı değişkenleri kullanılmıştır.

Kırsal yerleşim yerlerinde asfalt yol oranı, her il için köylerdeki toplam asfalt yol uzunluğunun, toplam köy yolu uzunluğuna yüzde olarak oranını ifade eder. Yeterli içme suyuna sahip kırsal yerleşim yerleri oranı ise, her il için, yeterli içme suyuna sahip köy sayısının toplam köy sayısına oranını gösterir.

Söz konusu değişken değerleri, 2000 yılı itibariyle Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir.

#### **4.1.5. Refah İle İlgili Değişkenler**

Çalışmamızda refah ile ilgili değişkenler olarak, kişi başına elektrik tüketim miktarı ve on bin kişiye düşen motorlu kara taşıtı sayısı değişkenleri ele alınmıştır.

Söz konusu değişkenler ile ilgili veriler, 2000 yılı itibariyle DIE'den elde edilmiştir.

### **4.2. Ekonomik Değişkenler**

Çalışmada, ekonomik değişkenler; tarım ile ilgili değişkenler, mali değişkenler ve imalat sanayi ile ilgili değişkenler olmak üzere üç grupta ele alınmıştır.

---

<sup>5</sup>Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, a.g.e., s.23.

#### 4.2.1. Tarım İle İlgili Değişkenler

Çalışmada, tarım ile ilgili olarak, illerin toplam tarımsal üretim değerleri değişkeni kullanılmıştır. Söz konusu değişken, bitkisel, canlı hayvanlar ve hayvansal ürünler üretim değerleri toplamını ifade etmekte olup, verileri 2000 yılı itibariyle DİE'den sağlanmıştır.

#### 4.2.2. Mali Değişkenler

Mali göstergeler ile ilgili değişkenler, kişi başına banka mevduatı tutarı, kişi başına kamu yatırım harcamaları ve teşvik belgeli yatırım tutarıdır.

Söz konusu değişkenlerden, kişi başına banka mevduatı tutarı değişkeni, 2000 yılı itibariyle yurt içinde faaliyet gösteren, kamu ve özel sektöre ait tüm ticari bankaları kapsamakta olup, verileri Bankalar Birliği'nden temin edilmiştir.

Kişi başına kamu yatırım harcamaları değişkeninin değerleri 2000 yılına ait olup, DPT (Devlet Planlama Teşkilatı)'den temin edilmiştir.

#### 4.2.3. İmalat İle İlgili Değişkenler

Araştırmada, imalat sanayi ile ilgili olarak, imalat sanayinde yaratılan toplam katma değer değişkeni kullanılmıştır.

Söz konusu değişken için değerler, 2000 yılı itibariyle DİE'den alınmıştır.

Çalışmada kullanılan path analizi tekniğinin, ileri bir regresyon analizi tekniğidir. Bu sebeple, ikinci bölümde regresyon analizi açıklanmıştır.



## İKİNCİ BÖLÜM

### REGRESYON ANALİZİ

Bu bölümde, regresyon analizi başlığı altında öncelikle regresyon analizine kısa bir giriş yapılmış ve regresyon modeli tanımlanmıştır. Daha sonra, doğrusal regresyon modelinin varsayımları ortaya konmuş ve bu varsayımlardan bazı sapmalar açıklanmıştır. Ayrıca, korelasyon analizi de açıklanmış ve uygulamada kullanılan adımsal (stepwise) regresyon yöntemi tanıtılmıştır.

#### 1. Regresyon Analizine Giriş

Bilindiği gibi, regresyon analizi, istatistik biliminin en önemli konularından birini oluşturur. Regresyon analizi, günümüzde araştırma, matematik, finans, ekonomi, tıp gibi çeşitli bilim alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır.

Regresyon analizinin temelinde; gözlenen bir olayın değerlendirilirken, diğer hangi olayların etkisi altında olduğunun araştırılması yatmaktadır<sup>6</sup>.

Regresyon, bir değişken ile bir veya birden çok değişken arasında ilişki kurma işi olarak tanımlanır<sup>7</sup>. Diğer bir anlatımla, regresyon, bağımsız X ve bağımlı Y değişkeni gibi en az iki değişken arasındaki ortalama ilişkinin matematiksel bir fonksiyonla ifadesidir<sup>8</sup>.

Söz konusu ortalama ilişki  $E(Y/X)$  ile gösterilir ve X'in herhangi bir değeri için Y'nin ortalamasının beklenen değerini ifade eder<sup>9</sup>.

Regresyon analizi yapılırken, gözlem değerlerinin ve etkilenen değişkenlerin bir matematiksel gösterimle yani bir fonksiyon yardımıyla ifadesi gerekir. Söz konusu matematik ifadeye regresyon modeli denir<sup>10</sup>.

<sup>6</sup><http://www.ekonometrist.com/egitim/regresyon.htm>, Erişim Tarihi: 02.01.2003

<sup>7</sup>Emel Şıklar, **Regresyon Analizine Giriş** (Eskişehir:Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi, 2000), s.1.

<sup>8</sup>Şahin Akkaya ve M. Vedat Pazarlıoğlu, **Ekonometri 1** (4. Baskı. İzmir:1998), s.47.

<sup>9</sup>Aynı, s.48.

<sup>10</sup><http://www.ekonometrist.com/egitim/regresyon.htm>, Erişim Tarihi: 02.01.2003

## 2. Regresyon Modeli

Regresyon modelinin, regresyonun matematiksel olarak ifade edilmesi olduğu bilinmektedir. Söz konusu regresyon modelleri, Basit Doğrusal regresyon modeli için,

$$Y=b_0+b_1X+u_i \quad \dots(2.1)$$

biçiminde ifade edilir. Çoklu doğrusal regresyon modeli için de,

$$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+\dots+u_i \quad \dots(2.2)$$

olarak yazılır. Burada;

Y: Bağımlı değişken,

$X_1, X_2, X_3, \dots$ : Bağımsız değişkenler,

$b_0, b_1, b_2, b_3, \dots$ : Katsayılar,

$u_i$ : Hata Terimidir.

Yukarıdan da görülebileceği gibi, regresyon analizinde bağımsız değişken sayısı bir olduğunda basit regresyon modelinden, iki yada daha çok olduğunda ise çoklu regresyon modelinden söz edilir. Regresyon modellerinde, değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmadığı da önem arz eder. Değişkenler arası ilişki doğrusal olduğunda doğrusal regresyon modeli, doğrusal olmadığına ise doğrusal olmayan regresyon modeli söz konusudur<sup>11</sup>.

Yukarıdaki (2.1) nolu denklemde belirtilen basit doğrusal regresyon modelinde  $b_0$ , sabit terimdir ve  $X=0$  olduğunda regresyon doğrusunun dikey eksen Y'yi kestiği noktanın başlangıca olan uzaklığını göstermektedir.  $b_1$  ise doğrusal modelin eğimini göstermektedir. Yani bağımsız değişken X'deki 1 birimlik değişiminin, bağımlı değişken Y'de ne kadarlık bir değişmeye yol açacağını gösteren regresyon katsayısıdır<sup>12</sup>. (2.2) nolu denklemde belirtilen çoklu doğrusal regresyon modelinde ise  $b_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  ve diğer bağımsız değişken değerleri aynı kaldığında,  $X_1$  değişkeninin bağımlı değişken Y'ye etkisini gösterir. Yani  $b_2$ , diğer bağımsız değişkenlerin etkisi

<sup>11</sup>Şıklar, a.g.e., s.5

<sup>12</sup>Aynı, s.6.

arındırıldığında sonra,  $X_2$  bağımsız değişkenindeki bir birimlik değişimin, bağımlı değişkende yaratacağı değişim miktarını verir<sup>13</sup>.

Basit doğrusal regresyon modelinde yer alan  $u$  hata teriminin gözlenmesi hiçbir zaman olası değildir. Dolayısıyla  $u$  hata terimi hakkında bazı varsayımların ortaya konması gerekir<sup>14</sup>.

### 3. Doğrusal Regresyon Modelinin Varsayımları

Regresyon analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren parametrelerin kestirimleri yapılırken, bazı varsayımlar göz önünde tutulur. Söz konusu varsayımlar; hata terimi ile ilgili varsayımlar, bağımsız değişken  $X$  ile ilgili varsayımlar ve diğer varsayımlar olmak üzere üç grupta toplanabilir<sup>15</sup>.

Hata terimi ile ilgili varsayımlar:

- Hata terimi  $u_i$ , ortalaması 0'a eşit rassal bir değişkendir.
- Hata terimi  $u_i$ 'nin dağılımı normaldir.
- Hata terimi  $u_i$ 'nin değerleri arasında ilişki yoktur.
- Hata terimi  $u_i$ 'nin varyansı her  $X_i$  değeri için eşittir.

Bağımsız değişken  $X$  ile ilgili varsayımlar:

- $X$  bağımsız değişkeni, hata terimi  $u$  ile ilişkili değildir.
- $X$  bağımsız değişkeni tekrar eden örneklem değerlerine göre sabittir.

Diğer varsayımlar:

- Model, belirleme hatası taşımamaktadır.
- Bağımsız değişkenler arasında ilişki yoktur.

**1. Varsayım:** Hata terimi  $u_i$ , ortalaması 0'a eşit rassal bir değişkendir.

i- Hata terimi  $u_i$ 'nin rassal bir değişken olması.

Hata terimi  $u$  pozitif, negatif her iki yöndeki çok sayıda sebebin toplam etkisini gösterir. Bu nedenle, hata terimi  $u$ ,  $X$ 'in her değeri için şansa bağlı olarak pozitif,

<sup>13</sup>Şıklar, a.g.e., s.50.

<sup>14</sup>Akkaya ve Pazarlıoğlu, a.g.e., s.92.

<sup>15</sup>Şıklar, a.g.e., s.6.

negatif veya 0 değerlerini belli bir olasılıkla alabilir. Yani  $u$ , rassal bir değişken olup, değerleri önceden kesin olarak bilinmemektedir<sup>16</sup>.

Hata terimi  $u$ 'nun modele alınmasının en önemli nedeni, çeşitli hataların etkilerini modelde dikkate alabilmektir. Bu hatalar, bazı bağımsız değişkenlerin modele alınmaması, modelin matematiksel biçiminin yanlış seçilmiş olması, değişkenlerdeki ölçme hataları olarak sıralanabilir. Modele dahil edilmeyen değişkenlerin etkisi, bazen  $Y$ 'yi gözlenebilecek olan değerden daha büyük, bazen de daha küçük değerli yapabilecektir. . Bu durumlar  $u$ 'nun pozitif değerler alabileceği gibi negatif değer de alabileceğini gösterir. Bu durumlar,  $u$ 'nun pozitif değerler alabileceği gibi negatif değer de alabileceğini gösterir. Bu da  $u$ 'nun rassal olması anlamına gelir<sup>17</sup>.

ii- Hata terimi  $u$ 'nun ortalamasının 0 olması.

$X$ 'in her bir değeri için hata terimi  $u$ 'nun pozitif, negatif veya 0 değerlerini belli olasılıklarla alabileceği daha önce belirtilmişti. Bu özellikten hareketle  $u$ 'nun ortalamasının 0 olduğu varsayımı yapılmaktadır. Bu varsayım matematik olarak,

$$E(u_i)=0 \quad i=1,2,\dots,N$$

biçiminde yazılır.

Yukarıdaki matematik ifade,  $E(u_i/X_i)=0$  koşullu beklenen değeri şeklinde de ifade edilebilir. Bu son ifade, “verilen bir  $X_i$  değeri için  $u_i$ 'nin ortalaması 0'a eşittir” varsayımıyla özdeştir<sup>18</sup>.

Bu varsayım sayesinde,  $E(Y_i/X_i)=b_1+b_2X_i$  sonucuna erişilir.

$Y_i= b_1+b_2X_i+u_i$  ifadesinin iki tarafının verilen bir  $X_i$  değeri için beklenen değeri ele alındığında, önce  $E(Y_i/X_i)=E(b_1+b_2X_i+u_i)$ , sonra  $E(Y_i/X_i) =E(b_1+b_2X_i)+E(u_i)$  ve nihayet  $E(Y_i/X_i) = b_1+b_2X_i$  olarak yazılır.

Bu son eşitlik,  $E(u_i/X_i)=0$  varsayımına denktir<sup>19</sup>.

<sup>16</sup>Akkaya ve Pazarlıoğlu, a.g.e., s.93.

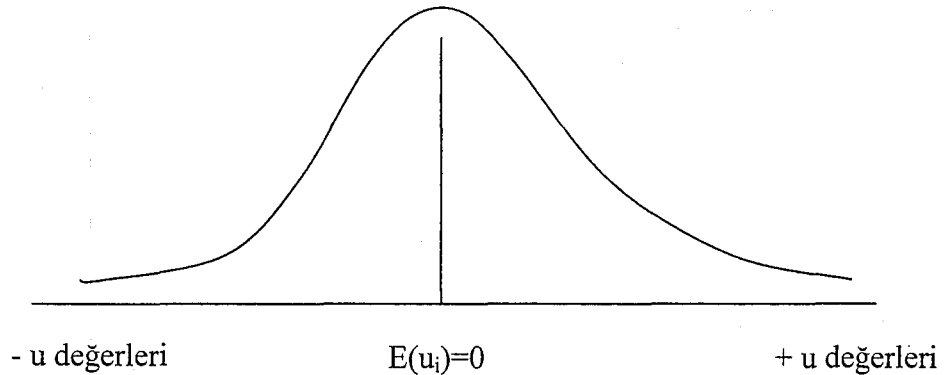
<sup>17</sup>Aynı, s.94.

<sup>18</sup>Aynı, s.95.

<sup>19</sup>Aynı, s.95.

**2. Varsayım:** Hata terimi  $u$ 'nun dağılımı normaldir.

Her bir  $X_i$  değeri için, hata terimi  $u$ 'nun değerleri kendi ortalamaları etrafında çan eğrisi oluşturacak şekilde simetrik bir dağılım gösterir<sup>20</sup>.



Şekil 1.  $u$ 'ların normal dağılımı

**3. Varsayım:** Hata terimi  $u_i$ 'nin değerleri arasında ilişki yoktur.

Bu varsayım, hata terimi  $u$ 'nun ardışık değerlerinin birbirinden bağımsız olduğunu ortaya koyar. Yani herhangi bir  $u_i$  değeri, kendisinden önce gelen  $u_j$  değeri ile ilişkili değildir. Bu varsayım,  $u_i$  ve  $u_j$ 'nin kovaryanslarının da 0'a eşit olmasını gerektirir<sup>21</sup>.

$$\text{Kov}(u_i, u_j) = E[(u_i) - E(u_i)][(u_j) - E(u_j)]$$

1. varsayıma göre,  $E(u_i) = E(u_j) = 0$ 'dır. O halde;

$$\text{Kov}(u_i, u_j) = E(u_i, u_j) = 0 \quad i \neq j \text{ için.}$$

**4. Varsayım:** Hata terimi  $u_i$ 'nin varyansı her  $X_i$  değeri için eşittir.

Bu varsayımda, hata terimi  $u_i$ 'nin varyansı, her  $X_i$  değeri için değişmeyip, sabit kalmaktadır.  $u_i$ 'nin varyansının her  $X_i$  değeri için eşit olduğu varsayımı, matematik olarak aşağıdaki biçimde ifade edilir:

$$\text{Var}(u_i/X_i) = E[u_i - E(u_i)]^2$$

1. varsayıma göre  $E(u_i) = 0$  olduğundan,

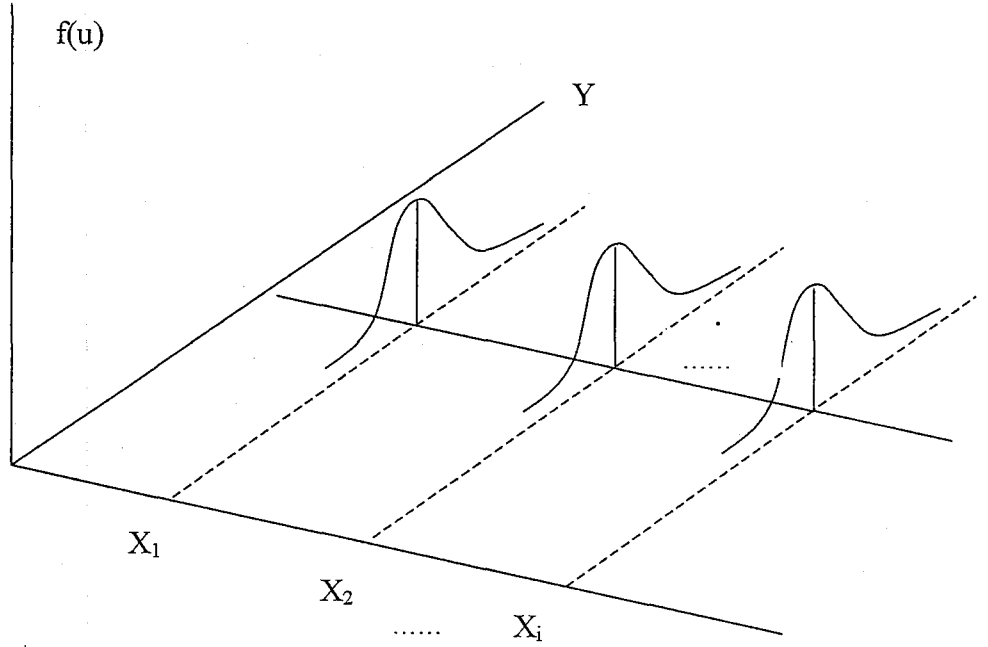
$$\text{Var}(u_i/X_i) = E[u_i^2]$$

$$\text{Var}(u_i/X_i) = \delta^2 \text{ yada}$$

<sup>20</sup>Şıklar, a.g.e., s.8.

<sup>21</sup>Akkaya ve Pazarlıoğlu, a.g.e., s.98.

$\text{Var}(u_i) = \delta^2$  olarak gösterilir<sup>22</sup>.



Şekil 2.  $u_i$ 'nin eşit varyanslı olması durumu

**5. Varsayım:** X bağımsız değişkeni, hata terimi u ile ilişkili değildir.

$\text{Kov}(u_i) = 0$  olarak matematik biçimde ifade edilen bu varsayıma göre, bağımsız  $X_i$  değişkeni ile hata terimi  $u_i$  arasında ilişki yoktur, yani kovaryansları 0'a eşittir<sup>23</sup>.

X değişkeninin birden fazla olduğu çoklu modellerde de,  $u_i$  ile her  $X_i$  değişkeni arasındaki kovaryans 0'a eşit olmalıdır<sup>24</sup>.

Bu sonuncu ifade,  $\text{Kov}(u_i, X_1) = \text{Kov}(u_i, X_2) = 0$  olarak yazılır.

Bağımsız değişken X'in ölçme hatası içermesi durumunda (örneğin; bir değişkenle ilgili olarak doğrudan veri olmaması halinde ilgili değişkene yakın başka bir bağımsız değişken alınması gibi) hata terimiyle ilgili bu varsayımın gerçekleşmemesi söz konusudur<sup>25</sup>.

<sup>22</sup>Şıklar, a.g.e., s.9.

<sup>23</sup>Aynı, s.10.

<sup>24</sup>Akkaya ve Pazarlıoğlu, a.g.e., s.102.

<sup>25</sup>Şıklar, a.g.e., s.12.

**6. Varsayım:** X bağımsız değişkeni, tekrar eden örneklem değerlerine göre sabittir.

$X_i$  ile  $u_i$  arasında ilişki olmaması yani  $Kov(u_i, X_i)=0$  varsayımı, X'in stokastik bir değişken olmamasını gerektirir. Yani, anakütleden seçilmesi mümkün tüm örneklem için  $X_i$  değerleri aynıdır, fakat  $u_i$  ve  $Y_i$  değerleri farklı rassal sebeplerle örneklemden örnekleme değişir<sup>26</sup>. Dolayısıyla X'ler sabit iken,

$$Kov(u_i, X_i)=E[(u_i-E(u_i)) (X_i-E(X_i))]$$

1. varsayıma göre  $E(u_i)=0$  olduğundan;

$$\begin{aligned} Kov(u_i, X_i) &= E[u_i(X_i-E(X_i))] \\ &= E[u_i X_i - u_i E(X_i)] \end{aligned}$$

ve

$$E[E(X_i)]=E(X_i)$$

$$Kov(u_i, X_i)=E(u_i X_i)-E(u_i).E(X_i)$$

1. varsayıma göre  $E(u_i)=0$  olduğundan;

$$\begin{aligned} Kov(u_i, X_i) &= E(u_i X_i) \\ &= 0 \text{ (5. varsayım gereği)} \end{aligned}$$

yazılır.

**7. Varsayım:** Model, belirleme hatası taşımamaktadır.

Doğrusal regresyon modelinin varsayımlarından birisi de modelin belirlenmesinin doğru yapıldığı, modelin belirleme hatası taşımadığıdır. Bu varsayımın uygulamada sağlanması oldukça güçtür<sup>27</sup>. Modelin belirlenmesinde:

- Modele hangi değişkenlerin alınacağı,
- Modelin fonksiyonel şeklinin nasıl olacağı,
- Y, X ve u ile ilgili varsayımların ne olması gerektiği

soruları cevaplandırılmalıdır.

Modele alınması gereken bazı değişkenlerin alınmaması, modelin fonksiyonel şeklinin yanlış belirlenmesi, model değişkenleri ile ilgili hatalı varsayımlar yapılması halinde tahmin edilen fonksiyon güvenilir olmayıp, belirleme hatası taşıyacaktı<sup>28</sup>.

<sup>26</sup>Şıklar, a.g.e., s.11.

<sup>27</sup>Aynı, s.12.

<sup>28</sup>Akkaya ve Pazarlıoğlu, a.g.e., s.104.

**8. Varsayım:** Bağımsız değişkenler arasında ilişki yoktur.

Birden fazla bağımsız değişkene sahip çoklu modellerde geçerli olan söz konusu varsayımına göre, bağımsız değişkenler arasında ilişki yoktur<sup>29</sup>.

#### 4. Doğrusal Regresyon Modelinin Varsayımlarından Sapmalar

Uygulamalarda, doğrusal regresyon varsayımlarından çeşitli sapmalar meydana gelmektedir. Bu çalışmada söz konusu sapmalardan, çoklu doğrusal bağıntı, otokorelasyon ve değişen varyanslılık açıklanacaktır.

##### 4.1. Çoklu Doğrusal Bağıntı

Çoklu doğrusal bağıntı, çoklu regresyon modelinde bağımsız değişkenler arasında tam ve güçlü bir ilişki olması demektir<sup>30</sup>. Söz konusu durum, çeşitli sakıncaları beraberinde getirdiği için uygulamalarda istenmez. Çoklu bağıntının pratikte ortaya çıkardığı sakıncalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Regresyon katsayılarının değerlerinin belirsiz olması,
- Regresyon katsayılarının varyanslarının ve dolayısıyla güven aralıklarının büyümesi,
- Hesaplanan t değerlerinin küçülmesi,
- Belirlilik katsayısının büyümesi,
- b tahminçileri ve standart hataların, verilerdeki küçük değişikliklerden önemli derecede etkilenmeleri<sup>31</sup>.

İki değişkenli modellerde çoklu doğrusal bağıntının tespiti oldukça kolaydır. Bunun için, değişkenlere ait korelasyon katsayısı ( $r_{ij}$ ) değerlerine bakmak yeterli olur. Fakat çalışmamızda olduğu gibi, çok değişkenli uygulamalarda  $r_{ij}$  değerleri, çoklu bağıntının ortaya çıkarılmasında yetersiz kalmaktadır<sup>32</sup>. Bu durumda, Varyans Şişme Faktörü (Variance Inflation Factors) adı verilen bir ölçüt kullanılır<sup>33</sup>.

<sup>29</sup> Akkaya ve Pazarlıoğlu, a.g.e., s.105.

<sup>30</sup> Herbert B. Asher, **Causal Modelling** (Iowa City: Sage Publications, Inc, 1983), s.50.

<sup>31</sup> Akkaya ve Pazarlıoğlu, a.g.e., s.383.

<sup>32</sup> T.P. Ryan, **Modern Regression Methods** (Kanada: Jhon Wiley & Sons, Inc, 1997), s.133.

<sup>33</sup> Aynı, s.133.



$$VIF_{(i)} = \frac{1}{1 - R_{(i)}^2} \quad \dots(2.3)$$

(2.3) denkleminde görüldüğü gibi VIF değerleri ile çoklu belirlilik katsayısı ( $R^2$ ) arasında bir ilişki söz konusudur. Bu da,  $R^2$  değeri arttıkça VIF değerinin de artacağı anlamına gelir.

#### 4.2. Otokorelasyon

Doğrusal regresyon modelinin varsayımları başlığı altında 3. Varsayım olarak ele alınan varsayıma göre,  $u_i$  hata terimleri arasında ilişki olmaması gerekir. Ancak bazı durumlarda hata teriminin birbirini takip eden değerleri arasında ilişki olabilir. Bu durum, otokorelasyon olarak adlandırılır<sup>34</sup>.

Otokorelasyon uygulamalarda istenmeyen bir durumdur ve bunu meydana getiren çeşitli sebepler vardır. Bu sebeplerden bazıları; modele dahil edilmeyen bağımsız değişkenlerin etkisi, modelin fonksiyonel şeklinin yanlış alınması ve bağımlı değişkenin ölçme hatası olarak verilebilir<sup>35</sup>.

#### 4.3. Değişen Varyanslılık

Doğrusal regresyon modelinin varsayımları başlığı altında 4. Varsayım olarak ele alınan varsayıma göre, hata terimi  $u_i$ 'nin varyansı her  $X_i$  değeri için eşit olmalıdır. Buna rağmen, bazı durumlarda, bağımsız değişken değerleri arttıkça, bağımlı değişkenin varyansının da arttığı görülmektedir. Yani bağımlı değişkenin varyansı aynı kalmamaktadır. Bu durum değişen varyanslılık olarak adlandırılmaktadır.

#### 5. Korelasyon Analizi

Korelasyon iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkinin derecesi olarak tanımlanır. İki değişken arasındaki ilişkinin derecesine basit korelasyon denir. Üç yada daha çok değişkeni tanımlayan ilişkinin derecesi ise çoklu korelasyon adını alır<sup>36</sup>.

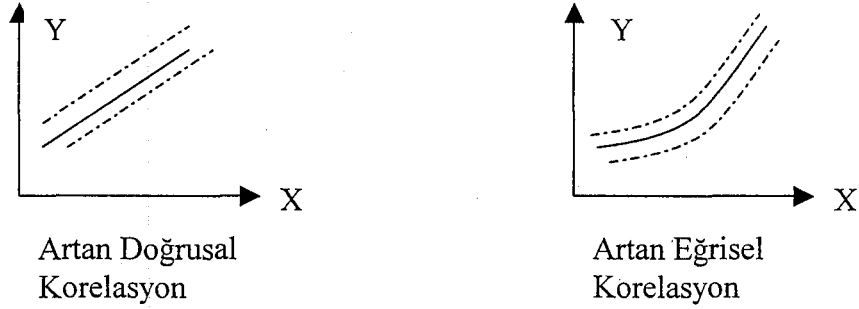
<sup>34</sup> Akkaya ve Pazarlıoğlu, a.g.e., s.445.

<sup>35</sup> Aynı, s. 445.

<sup>36</sup> Aynı, s.83-248.

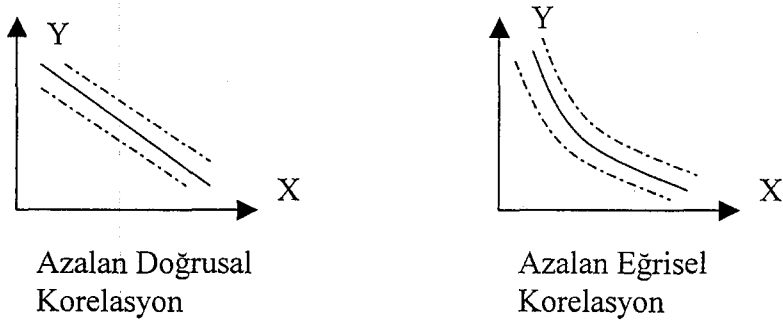
İki değişken arasında artan veya azalan korelasyon sözkonusu olabilir. Ya da hiç korelasyon olmayabilir. Bu, hem doğrusal hem de doğrusal olmayan korelasyon için geçerlidir.

İki değişken aynı yönde birlikte değişiyorsa, yani birlikte artıp birlikte azalıyorsa aralarında artı korelasyon var demektir. Aralarında artı korelasyon olan iki değişkenin serpilme diyagramı aşağıdaki gibidir.



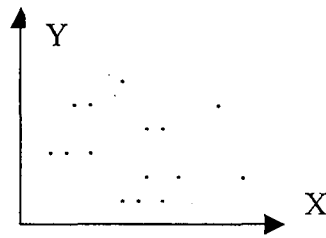
Şekil 3. Artan korelasyon

Yukarıdaki diyagramlardaki bütün gözlemler pozitif eğimli bir doğrunun yada bir eğrinin etrafında toplanmaktadır. Eğer tüm gözlemler bu doğrunun tam üzerinde yer alırlarsa, korelasyonun tam ve pozitif değerde olduğu söylenir. İki değişken ters yönlerde değişme eğilimi gösteriyorsa, azalan korelasyonlu oldukları söylenir (X artarken Y azalırsa yada tersi). Örneğin; bir maldan talep edilen miktar ile o malın fiyatı azalan korelasyonludur. Fiyat arttığında mala olan talep azalır. Fiyat düştüğünde talep artar. Aşağıda görülen serpilme diyagramında gözlemler negatif eğimli bir doğruya (ya da eğriye) yakın yerlerde toplanmaktadır. Eğer bütün gözlemler bu doğrunun (ya da eğrinin) tam üzerinde sıralanırlarsa korelasyonun tam ve eksi değerde olduğundan söz edilir.



Şekil 4. Azalan korelasyon

İki değişken aralarında hiçbir ilişki yokmuşçasına değişme eğiliminde iseler, bağlantısızlardır. Bu durumun serpilme diyagramı aşağıdaki gibidir.



Şekil 5. Sıfır Korelasyon

Sıfır korelasyonda noktalar, XY düzleminin her yerine dağılmıştır. Örneğin; bir ülkede yaşayanların boyları ile o ülkenin çelik üretimi arasında yada öğrencilerin kiloları ile saçlarının rengi arasında 0 korelasyon bulunması beklenir.

Y ile X değişkenleri arasındaki ilişkinin derecesini gösteren korelasyon katsayısı simetrik bir ölçüdür, yani  $(r_{YX})$  ile gösterilen Y ile X arasındaki korelasyon katsayısı,  $(r_{XY})$  ile gösterilen X ile Y arasındaki korelasyon katsayısına eşittir.

Korelasyon katsayısının değeri -1 ile +1 arasında değişir. Korelasyon katsayısı 1'e yaklaştığı ölçüde ilişkinin kuvvetli olduğu, sıfıra yaklaştığı ölçüde ilişkinin zayıf olduğu anlaşılır. Ancak korelasyon katsayısının hangi sınırın üstüne çıktığında ilişkinin kuvvetli sayılacağına dair kesin bir ölçüt yoktur.

## 6. Adımsal (Stepwise) Regresyon Yöntemi

Adımsal (Stepwise) regresyon yöntemi, çoklu doğrusal regresyonda en iyi regresyon denklemi seçim yöntemleri içinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Adımsal regresyon yönteminde, hem bağımlı değişken üzerinde tek başına etkin olan nedensel etkilerin ayırılması, hem de yeterli sayıda bağımsız değişken kullanılarak en yüksek kestirim değeri elde edilmesi amaçlanır. Bu yöntem birkaç biçimde kullanılabilir. Bunlardan biri Toplu Giriş (Enter) yöntemidir. Bu yöntemde önce bağımlı değişken üzerinde etkili olduğu düşünülen tüm bağımsız değişkenlerin yer aldığı bir çoklu regresyon modeli kurulur. Sonuçta, modelin yanı sıra her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkilemedeki anlamlılık düzeyleri de elde edilir. Böylece anlamlı olanların gerçek nedensel öğeler olduğu, diğerlerinin ise bağımlı değişkeni etkilemedikleri anlaşılır. Bu aşamadan sonra, sadece anlamlı değişkenler kullanılarak, en az değişkenle en yüksek kestirimlerin yapılabileceği regresyon modelinin arayışına geçilebilir. Bunun için, İleri Doğru Seçim (Forward Selection) ve Geriye Doğru Eleme (Backward Elimination) olarak adlandırılan iki yöntem kullanılır. İleri Doğru Seçim yönteminde, modele önce bağımlı değişken ile en yüksek korelasyonlu tek bir bağımsız değişken alınır. İşlem, kestirim düzeyinin anlamlı olarak artması koşulu ile birden fazla değişkenin bulunduğu, ancak genellikle tüm değişkenleri içine almayan bir modelin bulunmasıyla sonlanır. Geriye Doğru Eleme yönteminde ise, önce tüm değişkenler modelde bulunur. Sonra, en düşük korelasyonlu değişken modelden çıkartılarak yeniden inceleme yapılır. Eğer yeni modelin kestirimi eskiye göre anlamlı olarak arttı ise, sırası gelen düşük korelasyonlu değişken elenerek işlem sürdürülür. Böylece en iyi regresyon modeli elde edilmiş olur.

İleri bir regresyon analizi tekniği olan path analizi izleyen bölümde ayrıntılı biçimde ele alınacaktır.

# ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

## PATH ANALİZİ

Bu bölümde öncelikle path analizine kısa bir giriş yapılmış ve path analizi tanımlanmaya çalışılmıştır. Sonra path analizinin ilkeleri ve path analizi tekniği tanıtılmış ve path analizinin üstünlükleri ve zayıflıkları açıklanmıştır.

### 1. Path Analize Giriş

Korelasyon Analizi, her zaman değişkenler arasındaki sebep sonuç ilişkisinin tam olarak belirlenebilmesi için yeterli değildir. Çünkü, iki değişken arasındaki ilişki üçüncü bir değişkene ya da değişkenlere bağlı olabilir. Çoklu Regresyon Analizi'nde ise, her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerine doğrudan etkisi söz konusudur. Ancak bazı durumlarda, bağımlı değişken ile bağımsız değişken yada değişkenler arasındaki doğrudan ilişkilerin yanı sıra dolaylı ilişkilerin varlığı da söz konusu olabilir. Bu durumda, klasik Regresyon Analizi ve Korelasyon Analizi yetersiz kalmaktadır<sup>37</sup>.

Regresyon Analizi ve Korelasyon Analizi'nin yetersiz kaldığı durumlarla sıkça karşılaşılması, "Path Analizi" adı verilen istatistiksel tekniğin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Path Analizi'nde amaç, değişken grupları arasındaki nedensel ilişkilerin önemini ve büyüklüğünü tahmin etmektir<sup>38</sup>.

Path Analizi'ni çoklu regresyondan ayıran temel fark, Çoklu Regresyon Analizi'nde dikkate alınan varsayımlar altında, bir bağımlı değişkenin tüm bağımsız değişkenler üzerinden analiz edilmesidir. Path Analizi'nde ise, her bağımlı değişken her bir bağımsız değişken üzerinden analiz edilmekte, yani birden fazla Regresyon Analizi yapılmaktadır<sup>39</sup>.

Path Analizi, ilk defa 1921 yılında Amerikalı evren genetikçisi Dr. Sewall Wright tarafından bir dizi denemede geliştirilmiş ve sosyal bilimlerde ilk olarak O. Duncan tarafından kullanılmıştır. Path sözcüğünün Türkçe karşılığı iz, patika, yol olarak

<sup>37</sup>Cengiz Bal, "Path Analizi ve Bir Uygulama", 5.Biyostatistik Kongresi Bildirileri,(Eskişehir:OGÜ Basımevi,2000), s.376.

<sup>38</sup><http://www.exeter.ac.uk/~SEGL/Lea/multvar2/pathanal.html>, Erişim Tarihi:02.01.2003.

<sup>39</sup>Bal,a.g.e., s.376.

verilse de, bu analiz tekniği Türkçe kaynaklara bu isimle girdiği için, bu çalışmada Path Analizi olarak adlandırılması benimsenecektir. İki değişken arasındaki sebep sonuç ilişkisinde, hangi değişkenin yada değişkenlerin sebep değişkeni, hangi değişkenin yada değişkenlerin ise sonuç değişkeni olarak ele alınması gerektiği önemli bir konu olduğundan, söz konusu ilişkinin araştırıcı tarafından belirlenip, analiz de buna göre yapılması gerekir. Wright tarafından geliştirilen Path Analizi yöntemi, yalnızca sebep-sonuç değişkenleri arasındaki ilişkiler dizisine uygulanmaktadır<sup>40</sup>.

Path Analizi, çoğunlukla toplum bilimlerinde nedensel ilişkileri istatistiksel tekniklerden yararlanarak inceleyip yorumlamak için kullanılır. Bu nedenle, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini açıklamak gerekmektedir.

Eğer X değişkeni, Y değişkeninin bir nedeni ise; X değişkenindeki bir değişim, Y değişkeninde de bir değişim gerektirir<sup>41</sup>

Ayrıca, X ile Y arasında nedensel bir ilişki olabilmesi için aşağıdaki üç şart sağlanmalıdır:

1. X ile Y arasında birlikte değişim olmalıdır.
2. X ile Y arasında zaman sıralaması olmalıdır. (X, Y'nin bir nedeni ise; Y, X'in bir nedeni olmamalı veya belli bir süre geçtikten sonra olmalıdır).
3. X ile Y arasında nedensel bir ilişki olabilmesi için, X ve Y'yi sebep-sonuç ilişkisi bakımından daha önce etkilemiş olan değişkenlerin etkisi çıkarıldığında, X ve Y arasındaki kovaryans 0 olmamalıdır.<sup>42</sup>

## 2. Path Analizinin İlkeleri

Bu alışmada Path analizi, yapısal denklemler, yapısal model, Path diyagramı ve Path katsayıları başlıkları altında incelenecektir.

### 2.1. Yapısal Denklemler

Değişkenler arasında sebep-sonuç ilişkisini gösteren denklemler, yapısal denklemler olarak adlandırılır. Yapısal denklemlerin değişkenler ve parametreler olmak

<sup>40</sup>Hülya Pek, "Nedensel Modeller" (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999), s.4.

<sup>41</sup>Aynı, s.4.

<sup>42</sup>Aynı, s.4.

üzere iki temel elemanı vardır. Yapısal denklemde her yapısal parametre bir değişken ile çarpılır. Yapısal denklem,

$$Y_i = b_1 X_i + b_2 Z_i \quad \dots(3.1)$$

biçiminde yazılır. (3.1) eşitliğinde,  $Y_i$ ,  $X_i$  ve  $Z_i$  değişkenler,  $b_1$  ve  $b_2$  ise yapısal parametrelerdir. Eşitliğin sağ tarafında, bu parametreler ile çarpılmış  $X_i$  ve  $Z_i$  değişkenlerinin toplamı etki değişkenine karşılık gelir<sup>43</sup>.

(3.1) eşitliği, yapısal bir denklem örneğidir. Etki, denklemin sol tarafına, nedenler sağ tarafına yazılmaktadır. Ekonometride nedenler, egzojenik (bağımsız) değişkenler, etkiler de endojenik (bağımlı) değişkenler olarak adlandırılmaktadır. Nedenler her zaman bağımsız değişken olmasına karşın, bir denklem sisteminde yer alan bir eşitlikte bağımsız (neden) değişken durumundaki bir değişken, diğer bir eşitlikte bağımlı (sonuç) değişken olabilmektedir<sup>44</sup>.

Yapısal denklemler sadece matematiksel bir ilişkiyi ifade etmekle kalmayıp, aynı zamanda neden ile etki arasındaki teorik ilişkiyi de gösterdikleri için diğer denklemlerden farklıdır<sup>45</sup>.

$$\text{Örneğin, } -b_1 X_i = b_2 Z_i - Y_i \quad \dots(3.2)$$

(3.2) eşitliği, matematiksel olarak (3.2) eşitliği ile eşdeğerdir, fakat nedensel olarak (3.2) eşitliği ile eşdeğer değildir. Çünkü (3.2) eşitliğinde  $Y_i$  bağımlı değişken iken (3.2) eşitliğinde bağımsız değişken olmuştur.

## 2.2. Yapısal Model

Yapısal model, dikkate alınan değişkenler arasında ele alınan sebep-sonuç ilişkilerini ifade eden yapısal denklemler dizisidir<sup>46</sup>.

## 2.3. Path Diyagramı

Path analizinde, birbirleriyle sebep-sonuç ilişkisi içinde olduğu düşünülen değişkenler arasındaki ilişkiler Path Diyagramı ile gösterilir. Basit olarak Path

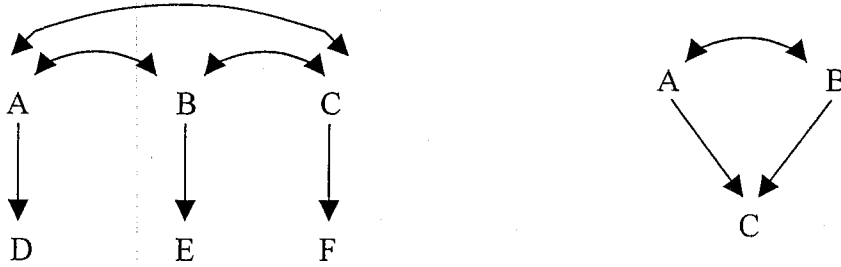
<sup>43</sup>Pek, a.g.e., s.5.

<sup>44</sup>Aynı, s.5.

<sup>45</sup>Aynı, s.5.

<sup>46</sup>Aynı, s.6.

diyagramında yapılan iş, birbirleriyle ilişkili olduğu düşünülen değişkenlerin ismini yazmak ve bu değişkenler arasındaki etki biçimlerini oklar yardımı ile göstermektir<sup>47</sup>. Aşağıda Path Diyagramına ilişkin değişik örnekler verilmiştir.



Şekil 6. Örnek Path Diyagramları

Path diyagramları, girdi path diyagramları ve çıktı path diyagramları olmak üzere ikiye ayrılır. Girdi path diyagramları tahmin edilen bağlantıları, çıktı path diyagramları ise istatistiksel analiz sonuçlarını göstermektedir<sup>48</sup>.

Diyagramlarda tek yönlü oklar ile iki değişken arasındaki nedensel ilişki; iki yönlü oklar ile ise basit korelasyon sembolize edilir. Path diyagramlarındaki değişkenler, bağımsız (ekzojenik) değişkenler ve bağımlı (endojenik) değişkenler olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır<sup>49</sup>.

Bağımsız (ekzojenik) değişken, diyagramda bulunan herhangi bir değişkenden nedensel girdi almayan değişkendir. Tersine, bağımlı (endojenik) değişken ise, bir yada birden fazla değişkenden nedensel girdi alan değişkendir. Bu kavramlar şekil 7 yardımıyla grafik olarak gösterilmeye çalışılmıştır<sup>50</sup>.

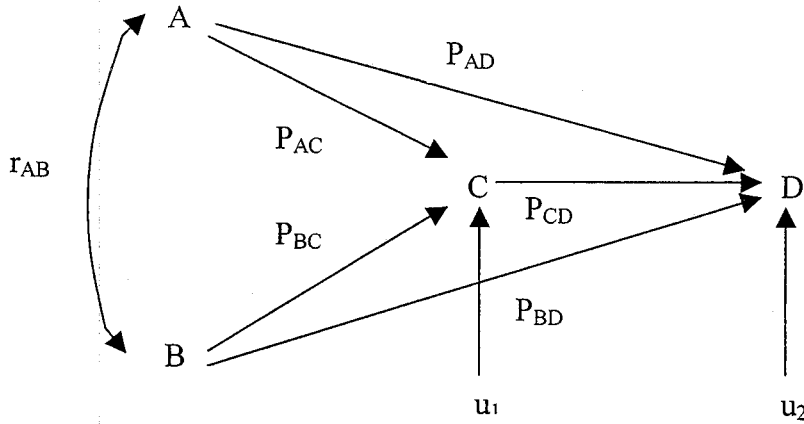
<sup>47</sup>Bal, a.g.e., s.376.

<sup>48</sup><http://as60016.pc.nus.sg/swk/courses/P1320/path/basics.htm>, Erişim Tarihi:02.01.2003.

<sup>49</sup>Bal, a.g.e., s.376.

<sup>50</sup> <http://as60016.pc.nus.sg/swk/courses/P13201/path/intro.htm>, Erişim Tarihi:02.01.2003.





Şekil 7. Path Diyagramı

Burada;

A,B : Bağımsız (egzojenik) değişkenler,

C,D : Bağımlı (endojenik) değişkenler,

$u_1, u_2$  : Hata terimleri,

$P_{ij}$  : i. ve j. değişkenler arasındaki nedensel ilişki yada path katsayısı,

$r_{ij}$  : i. ve j. bağımsız değişkenler arasındaki basit korelasyon katsayısıdır.

Yukarıda verilen bir biçimde bir path diyagramının oluşturulması sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar,

1. Düzenli ve tam bir path diyagramında tüm bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler eğriler ile gösterilmelidir.
2. Bağımlı değişkenler hiçbir zaman eğrilerle birleştirilmemelidir.
3. Nedenlerin bölünmez olduğu varsayılır. Yani bir değişken, birkaç değişkeni etkileyebilir.
4. Doğrularla gösterilen nedensel ilişkilerin doğrusal olduğu varsayılır.

olarak sıralanır<sup>51</sup>.

<sup>51</sup>Bal, a.g.e., s.376.

## 2.4. Path Katsayıları

Bir sebep-sonuç sisteminde, sebep (bağımsız) değişkenlerinin sonuç (bağımlı) değişkenlerine etkilerinin belirlenmesinde “Path Katsayıları” kullanılmaktadır. Herhangi bir sebep değişkeni ile sonuç değişkeni arasındaki path katsayısı; ele alınan sebep değişkeni gözlenen sınırlar içinde değiştiğinde ve diğer bütün sebep değişkenleri sabit tutulduğunda, sonuç değişkeninin standart sapmasının ( $\sigma_{YX}$ ), bütün sebep değişkenleri etkiliyken standart sapmasına ( $\sigma_Y$ ) oranı olarak tarif edilir<sup>52</sup>.

Buna göre path katsayısı, herhangi bir değişkenin, etkili olan değişkenlerden her birine bağlı olarak değişme miktarını gösterir<sup>53</sup>.

Path katsayısı kısaca;

$$P_{YX} = \frac{\sigma_{YX}}{\sigma_Y} \quad \dots(3.3)$$

olarak gösterilir. Burada;

$P_{YX}$  : X sebep değişkeni ile Y sonuç değişkeni arasındaki path katsayısı,

$\sigma_{YX}$  : Y’de yalnızca X sebep değişkenine bağlı olarak meydana gelen değişim,

$\sigma_Y$  : Y’de tüm sebep değişkenleri etkili iken gözlenen değişim miktarıdır.

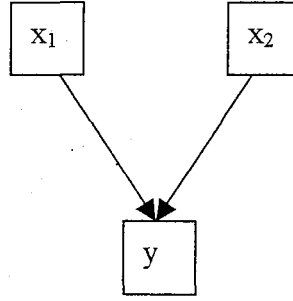
Şematik gösterimde, Path katsayısı, sebep değişkeninden sonuç değişkenine giden bir yön ifade etmekte olup, bu yön path diyagramında sebep değişkeninden sonuç değişkenine giden tek yönlü bir okla gösterilir<sup>54</sup>.

Herhangi bir y değişkeni,  $x_1$  ve  $x_2$  gibi birbirinden bağımsız (aralarında korelasyon olmayan) iki değişken tarafından tam olarak açıklanabiliyorsa, bu değişkenlere ait path diyagramı Şekil 8’deki gibi gösterilir.

<sup>52</sup>Duygu Kaşıkçı, “Path Katsayısı, Kısmi Regresyon Katsayısı ve Korelasyon Katsayılarının Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi”, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,2000),s.28.

<sup>53</sup>Sıddık Keskin, “Path (İz) Katsayıları ve Path Analizi”, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,1998) s.3.

<sup>54</sup>Aynı, s.3.



Şekil 8. Aralarında Korelasyon Olmayan  $x_1$  ve  $x_2$  Sebep Değişkenlerinin  $y$  Sonuç Değişkenine Etkileri

$Y$  değişkenine ait doğrusal regresyon denklemi,

$$Y = b_1X_1 + b_2X_2 \quad \dots(3.4)$$

şeklinde yazılabilir.

Eşitlik (3.4), bu değişkenlerin kendi ortalamalarından sapmaları şeklinde yazılırsa;

$$d_Y = b_1d_{X_1} + b_2d_{X_2} \quad \dots(3.5)$$

ifadesi elde edilir. Burada;

$$d_Y = (Y_i - \bar{Y}), \quad d_{X_1} = (X_{1i} - \bar{X}_1) \quad \text{ve} \quad d_{X_2} = (X_{2i} - \bar{X}_2) \text{ dir.}$$

(3.5) no'lu eşitlikte her iki tarafın karesi alındığında ve bu eşitlik evrendeki  $N$  adet birim için yazılıp toplandığında;

$$\sum d_Y^2 = \sum (b_1d_{X_1} + b_2d_{X_2})^2 \quad \dots(3.6)$$

ifadesi elde edilir.

Denklemin her iki tarafı  $N$ 'ye bölünür ve sabitler  $\sum$  işaretinin dışına alınırsa;

$$\frac{\sum d_Y^2}{N} = \frac{b_1^2 \sum d_{X_1}^2}{N} + \frac{b_2^2 \sum d_{X_2}^2}{N} + \frac{2b_1b_2 \sum d_{X_1} d_{X_2}}{N} \quad \dots(3.7)$$

eşitliği yazılır.

Her değişken için, evrendeki bütün birimlerin kendi ortalamalarından olan sapmalarının kareleri toplamlarının, birim sayısına bölümü varyansın tanımı olduğundan,

$$\sigma_Y^2 = b_1^2 \sigma_{X_1}^2 + b_2^2 \sigma_{X_2}^2 + 2b_1 b_2 \Sigma d_{X_1} \Sigma d_{X_2} / N \quad \dots(3.8)$$

ifadesi yazılabilir.

Öte yandan,  $x_1$  ve  $x_2$  değişkenleri arasındaki korelasyon katsayısı;

$$r_{X_1 X_2} = \frac{\Sigma d_{X_1} d_{X_2}}{\sqrt{\Sigma d_{X_1}^2 \Sigma d_{X_2}^2}} \quad \dots(3.9)$$

formülü ile ifade edilebilir.

(3.9) no'lu ifadenin pay ve paydası N'ye bölünür ve paydadaki terimler karekök dışına alınır;

$$r_{X_1 X_2} = \frac{\Sigma d_{X_1} d_{X_2}}{N} \text{ 'den}$$

$$r_{X_1 X_2} \sigma_{X_1} \sigma_{X_2} = \frac{\Sigma d_{X_1} d_{X_2}}{N} \quad \dots(3.10)$$

yazılır.

(3.8) no'lu eşitlikte, sağ taraftaki üçüncü terim olan  $\Sigma d_{X_1} d_{X_2} / N$  'nin yerine eşiti yazılarak;

$$\sigma_Y^2 = b_1^2 \sigma_{X_1}^2 + b_2^2 \sigma_{X_2}^2 + 2b_1 b_2 r_{X_1 X_2} \sigma_{X_1} \sigma_{X_2} \quad \dots(3.11)$$

eşitliği elde edilir.

Başlangıçta,  $x_1$  ve  $x_2$  değişkenlerinin birbirinden bağımsız oldukları varsayıldığından, (3.11) no'lu eşitlikteki üçüncü terimin değeri sıfır olacaktır ( $r_{X_1 X_2} = 0$ ). Bu nedenle, (3.11) no'lu eşitlik;

$$\sigma_Y^2 = b_1^2 \sigma_{X_1}^2 + b_2^2 \sigma_{X_2}^2 \quad \dots(3.12)$$

halini alır.

Path katsayısının tanımından, Y'ye etkili olan  $x_2$  değişkeni sabit tutulduğunda,

$$\sigma_{x_2}^2 = 0$$

olacağından (3.12) no'lu eşitlikten, önce

$$\sigma_y^2 = b_1^2 \sigma_{x_1}^2$$

yazılır. Son denklemde bir tek  $x_1$  bağımsız değişkeni kaldığından son olarak,

$$\sigma_{yx_1}^2 = b_1^2 \sigma_{x_1}^2$$

yazılır. Buradan, eşitliğin her iki tarafının karekökü alınırsa,

$$\sigma_{yx_1} = b_1 \sigma_{x_1}$$

olur. Buradaki  $\sigma_{yx_1}$  terimi, y değişkeninin yalnız  $x_1$  değişkenine bağlı olarak değişimini

ifade etmektedir.  $\sigma_{yx_1}$ 'nin buradaki eşiti (3.3) no'lu formülde yerine yazılırsa,

$$P_{YX_1} = b_1 \frac{\sigma_{x_1}}{\sigma_Y} \quad \dots(3.13)$$

ifadesi elde edilir.

(3.13) no'lu ifade aslında, y değişkeni ile  $x_1$  değişkeni arasındaki korelasyon katsayısıdır. Buna göre diğer bütün sebep değişkenleri sabit tutulduğunda, başka bir ifade ile diğer bütün sebep değişkenlerinin etkileri elendiğinde, sadece bir sebep değişkeni ile y sonuç değişkeni arasındaki path katsayısı, bu iki değişken arasındaki korelasyon katsayısına eşittir<sup>55</sup>.

### 3. Path Analizi Tekniği

Path analizi tekniği, path diyagramlarının oluşturulması, korelasyon katsayılarının analiz edilmesi ve analiz sonuçlarının doğru bir şekilde yorumlanması işlemlerini kapsar.

Path analizi tekniği, birbirleriyle ilişkili olduğu düşünülen değişkenlerin tam olarak bir diyagramla gösterilmesi işlemiyle başlar ve sistemin yorumlanması hesaplanacak path katsayıları ile yapılır. Ayrıca bu katsayıların matematiksel olarak

<sup>55</sup>Kaşıkçı, a.g.e., s.28.

belirlenebilmesi, değişkenler arasındaki sebep-sonuç ilişkiler sistemini bir matematiksel model ile belirlemeyi gerekli kılmaktadır. Araştırmacı, kuracağı sebep sonuç ilişkisini belirlerken konuyla ilgili olarak yapılmış araştırmalardan yararlanabileceği gibi uygulama konusunda uzman kişilerle birlikte de sebep-sonuç ilişkisine ait path diyagramını oluşturabilir. Path analizinin sonuçlarının yorumlanmasının kurulan diyagrama göre olduğu unutulmamalıdır. Bunun için eğer kurulan diyagram yanlış ise, elde edilen sonuçların hatalı olmasının sebebi Path analizi tekniğinden değil, kurulan diyagramın yanlış olmasından kaynaklanan bir durumdur.

Bilindiği gibi, değişkenler arasında, doğrusal ilişkilerin dışında doğrusal olmayan ilişkiler de mevcuttur. Doğrusal olmayan ilişkilerin analizlerinin zor olmasının yanı sıra sistemin yorumlanmasının da zor olması nedeniyle, bütün ilişki sistemlerinin doğrusal olduğu kabul edilmiş ve path analizi tekniğinin ilkeleri doğrusallık varsayımına göre ele alınmıştır. İlişkilerin doğrusal olmadığı durumlarda, belirli bir dönüşümle ilişki, doğrusal hale getirilmeye çalışılır. İlişkilerin doğrusal olmadığı bir sistemde, ilişkileri doğrusal hale getirip yaklaşık değerler bulunarak yapılan analiz, doğrudan yapılacak bir analizden daha sade olur. Buna bağlı olarak, yapılan yorumlar da daha anlamlı olur<sup>56</sup>.

### 3.1. Path Modelleri

$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+.....+b_kX_k+X_u$  şeklinde verilen çoklu doğrusal regresyon modeli, değişken gözlem değerlerinden hareketle geliştirilmiştir. Ele alınan değişkenler bakımından her bir gözlem değeri, kendi bulunduğu grubun ortalamasından çıkarılıp, standart sapmasına bölünürse, değişkenler bakımından söz konusu gözlemlerin standardize edilmiş değerleri elde edilir<sup>57</sup>.

Söz konusu değerler,

$$x_i = \frac{X_i - \mu_X}{\sigma_X}, \quad y_i = \frac{Y_i - \mu_Y}{\sigma_Y}, \quad x_u = \frac{X_u - \mu_u}{\sigma_u} \quad \dots(3.14)$$

formülleri yardımıyla hesaplanır.

Bu değerlere uygulanan regresyon analizi sonucunda elde edilen b katsayıları “standartlaştırılmış regresyon katsayıları” olur.

<sup>56</sup>Kaşıkcı, a.g.e., s.31.

<sup>57</sup>Keskin, a.g.e., s.7-8.

(3.14) no'lu ifadelerde, standardize edilmiş gözlem değerleri küçük harflerle gösterilmiştir. Standartlaştırılmış değerlere ait ortalama 0, varyans ise 1'dir.

$$E(x_i) = 0, \quad E(y_i) = 0, \quad E(x_u) = 0$$

$$\sigma_{x_i}^2 = \text{Var}(x_i) = E(x_i^2) = 1, \quad \sigma_{y_i}^2 = \text{Var}(y_i) = E(y_i^2) = 1, \quad \sigma_{x_u}^2 = \text{Var}(x_u) = E(x_u^2) = 1$$

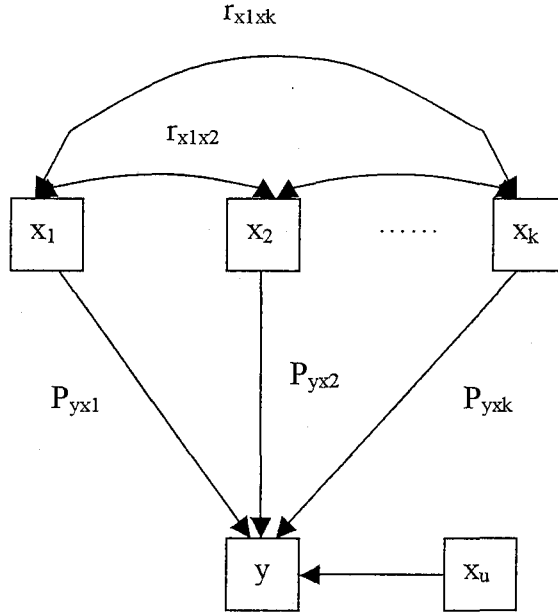
Buna karşılık, Path Analizi Tekniği, standartlaştırılmış değişkenler arasındaki ilişkileri incelediğinden;  $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k + X_u$  doğrusal modelindeki değişkenler standartlaştırılır ve standartlaştırılmış değişkenler için doğrusal regresyon modeli yeniden yazılırsa;

$$y = P_{yx_1} x_1 + P_{yx_2} x_2 + \dots + P_{yx_k} x_k + P_{yx_u} x_u \quad \dots (3.15)$$

eşitliği elde edilir ki burada,  $x_i$  ve  $y$  değişkenleri standartlaştırılmış değişkenleri,  $x_u$  ise hata terimini göstermektedir. Regresyon katsayıları tanım gereği path katsayılarıdır<sup>58</sup>. Bu durumda, sebep-sonuç sisteminde, standartlaştırılmış değişkenler arası ilişkileri inceleyen analize "Regresyon Analizi" yerine "Path Analizi" adı verilmektedir.

Aşağıda sebepler arasında korelasyon olduğu durumda,  $x_i$  sebep değişkenleri,  $x_u$  hata değişkeni ve  $y$  sonuç değişkeni arasındaki ilişkiyi gösteren path diyagramı görülmektedir.

<sup>58</sup>Keskin, a.g.e., s.8.



Şekil 9. Sebepler Arasında Korelasyonun Olduğu Durumda k Adet Sebep Değişkeni,  $x_u$  Hata Değişkeni ve  $y$  Sonuç Değişkeni Arasındaki İlişkiyi Gösteren Path Diyagramı

### 3.2. Path Katsayılarının Hesaplanması

$k$  adet sebep değişkeni, sonuç değişkeni ve hata değişkeni arasındaki ilişkileri gösteren Şekil 9'daki path diyagramında, örneğin,  $x_1$  sebep değişkeninin  $y$  sonuç değişkeni üzerine olan doğrudan etkisinin yanı sıra,  $x_1$  sebep değişkeninin diğer sebep değişkenleri ile olan korelasyonundan dolayı, dolaylı etkisi de söz konusudur. Herhangi sebep-sonuç değişkeni çifti arasındaki korelasyon katsayısı, bir sebep değişkeninin doğrudan etkisi ile diğer sebep değişkenlerinin dolaylı etkilerinin toplamına eşittir. Bu nedenle örneğin,  $x_1$ 'in doğrudan etkisinin ve dolaylı etkilerinin toplamı  $\Gamma_{yx_1}$ 'e eşit olur.

Bu bağlamda çoklu regresyon analizindeki eşitliklere benzer şekilde aşağıdaki eşitlikleri yazmak mümkündür.



$$\begin{aligned}
P_{yx_1} + r_{x_1x_2} P_{yx_2} + \dots + r_{x_1x_k} P_{yx_k} &= r_{yx_1} \\
r_{x_2x_1} P_{yx_1} + P_{yx_2} + \dots + r_{x_2x_k} P_{yx_k} &= r_{yx_2} \\
\dots & \\
r_{x_kx_1} P_{yx_1} + r_{x_kx_2} P_{yx_2} + \dots + P_{yx_k} &= r_{yx_k}
\end{aligned}
\tag{3.16}$$

(3.16) no'lu eşitlikte;

$P_{yx_1}$  :  $x_1$ 'in  $y$  üzerindeki doğrudan etkisini,

$r_{x_1x_2} P_{yx_2}$  :  $x_1$ 'in  $x_2$  üzerinden olan dolaylı etkisini göstermektedir<sup>59</sup>.

Bu eşitliklerde, sebep değişkenleri arasındaki korelasyonlar ve sebep değişkenleri ile sonuç değişkeni arasındaki korelasyonlar bilindiğinden, bilinmeyen path katsayıları çözülebilir. Bu eşitlik matris formuna dönüştürüldüğünde; sebep değişkenlerine ait korelasyon matrisi  $A$ , path katsayıları vektörü  $P$  ve sebep değişkenlerinin sonuç değişkeni ile olan korelasyonlarından oluşan sütun vektörü de  $B$  ile gösterilirse (3.16) no'lu eşitlik kısaca;

$$P = A^{-1}B \tag{3.17}$$

şeklinde yazılabilir<sup>60</sup>.

(3.17) eşitliği matris şeklinde gösterilirse;

$$\begin{bmatrix} P_{yx_1} \\ P_{yx_2} \\ \vdots \\ P_{yx_k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & r_{x_1x_2} & \dots & r_{x_1x_k} \\ r_{x_2x_1} & 1 & \dots & r_{x_2x_k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{x_kx_1} & r_{x_kx_2} & \dots & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} r_{yx_1} \\ r_{yx_2} \\ \vdots \\ r_{yx_k} \end{bmatrix}
\tag{3.18}$$

olarak yazılır.

Sebep değişkenlerine ait doğrudan etki miktarlarından hareketle, söz konusu değişkenlerin dolaylı etki miktarları da bulunabilir. Bunun için; köşegen öğeleri path

<sup>59</sup>Suat Şahinler ve Özkan Görgülü, "Path Analizi ve Bir Uygulama", MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 5(1-2): 87-102, 2000, s.91.

<sup>60</sup>Bal, a.g.e., s.376.

katsayıları, diğer öğeleri sıfır olan  $k \times k$  boyutlu  $K$  matrisi ile sebep değişkenlerine ait korelasyon matrisi  $A$  çarpılır.

$$\underbrace{\begin{bmatrix} P_{yx_1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & P_{yx_2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & P_{yx_k} \end{bmatrix}}_K \underbrace{\begin{bmatrix} r_{x_1x_1} & r_{x_1x_2} & \dots & r_{x_1x_k} \\ r_{x_2x_1} & r_{x_2x_2} & \dots & r_{x_2x_k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{x_kx_1} & r_{x_kx_2} & \dots & r_{x_kx_k} \end{bmatrix}}_A = \underbrace{\begin{bmatrix} P_{yx_1} r_{x_1x_1} & P_{yx_1} r_{x_1x_2} & \dots & P_{yx_1} r_{x_1x_k} \\ P_{yx_2} r_{x_2x_1} & P_{yx_2} r_{x_2x_2} & \dots & P_{yx_2} r_{x_2x_k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{yx_k} r_{x_kx_1} & P_{yx_k} r_{x_kx_2} & \dots & P_{yx_k} r_{x_kx_k} \end{bmatrix}}_D$$

....(3.19)

Yukarıdaki (3.19) eşitliğinde elde edilen  $k \times k$  boyutlu  $D$  matrisinde, köşegen üzerindeki değerler path katsayıları, köşegen dışındaki değerler ise sebep değişkeninin birbirleri üzerinden olan dolaylı etki miktarlarıdır.  $D$  matrisi simetrik değildir. Söz konusu  $D$  matrisi elde edilirken, " $D=K \cdot A$ " şeklinde yazılmış ise bu durumda,  $i$ . satır  $j$ . sütundaki değerler  $j$ . sebep değişkeninin  $i$ . sebep değişkeni üzerinden olan dolaylı etki miktarıdır. Eğer  $D$  matrisi " $D=A \cdot K$ " şeklinde elde edilmiş ise bu durumda,  $i$ . satır  $j$ . sütundaki değer  $i$ . sebep değişkeninin  $j$ . sebep değişkeni üzerinden olan dolaylı etki miktarıdır.

y sonuç değişkenine ait belirlenme katsayısı genel olarak,

$$r_{yy} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k P_{yx_i} P_{yx_j} r_{x_i x_j} + P_{yx_c}^2 = 1 \quad \text{....(3.20)}$$

şeklinde yazılır.

(3.20) no'lu eşitlikten anlaşılacağı gibi eğer sebep değişkenleri arasında korelasyon tanımlanmamış ise, bu durumda sonuç değişkeni ile sebep değişkenleri arasındaki korelasyonlar, doğrudan adı geçen sebep değişkenlerine ait path katsayılarına eşit olur.

$$r_{yy} = \sum_{i=1}^k P_{yx_i}^2 + P_{yx_c}^2 = 1 \quad \text{....(3.21)}$$

$k$  adet sebep değişkeni için yazılmış olan bu genel eşitlikler, dallanmış path diyagramları için de rahatlıkla kullanılabilirler.

### 3.3. Temel İlişki Sistemleri

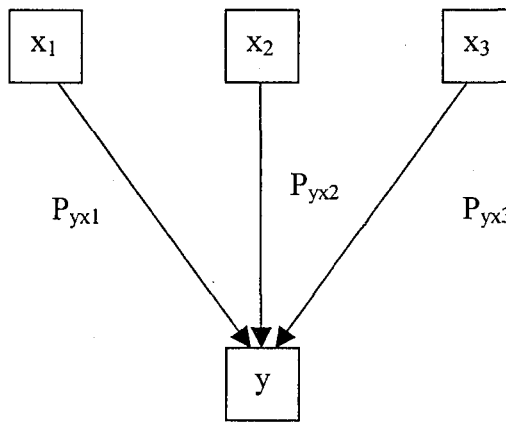
Değişkenler arası ilişkilerin çok çeşitli olması, değişik tipte ilişki sistemlerinin oluşmasına yol açar. Belli başlı ilişki sistemleri aşağıda açıklanırken, path analizinin dayandığı temel ilkelere de ilgili ilişki sistemleri içerisinde yer verilmiştir.

#### 3.3.1. Sebep Değişkenleri Arasında Korelasyonun Olmadığı Sistemler

Y sonuç değişkeni, Şekil 10'da görüldüğü gibi üç adet sebep değişkeni tarafından tam olarak belirlenebiliyorsa, bu durumda Y sonuç değişkenine ait doğrusal regresyon denklemi;

$$y = P_{yx_1} x_1 + P_{yx_2} x_2 + P_{yx_3} x_3 \quad \dots(3.22)$$

eşitliği ile verilir.



Şekil 10.  $x_1$ ,  $x_2$  ve  $x_3$  Gibi Birbirinden Bağımsız Sebep Değişkenlerinin  $y$  Sonucuna Etkileri

Y sonuç değişkenindeki değişim  $E(y^2)$ 'ye eşit olduğuna göre,

$$E(y^2) = E\left[\left(P_{yx_1} x_1 + P_{yx_2} x_2 + P_{yx_3} x_3\right)\left(P_{yx_1} x_1 + P_{yx_2} x_2 + P_{yx_3} x_3\right)\right] \quad \dots(3.23)$$

eşitliği yazılabilir.

Buradan da;

$$E(y^2) = P_{yx_1}^2 E(x_1^2) + P_{yx_2}^2 E(x_2^2) + P_{yx_3}^2 E(x_3^2) + P_{yx_1} P_{yx_2} E(x_1 x_2) + P_{yx_1} P_{yx_3} E(x_1 x_3) + P_{yx_2} P_{yx_3} E(x_2 x_3) \quad \dots(3.24)$$

eşitliği elde edilir.

$E(x_i x_j)$  terimi,  $i=j$  için  $i$ . değişkene ait varyans olduğundan değeri 1'e,  $i \neq j$  için ise  $i$ . ve  $j$ . değişkenler arasındaki korelasyon katsayısına eşit olacaktır. Sebep değişkenleri arasında korelasyon olmadığından (3.24) no'lu ifadede,  $i \neq j$  için  $E(x_i x_j)$  çarpanını içeren terimler sıfır olacaktır. Buna göre (3.24) no'lu eşitlik;

$$E(y^2) = P_{yx_1}^2 + P_{yx_2}^2 + P_{yx_3}^2 = 1 \quad \dots(3.25)$$

şeklını alır.

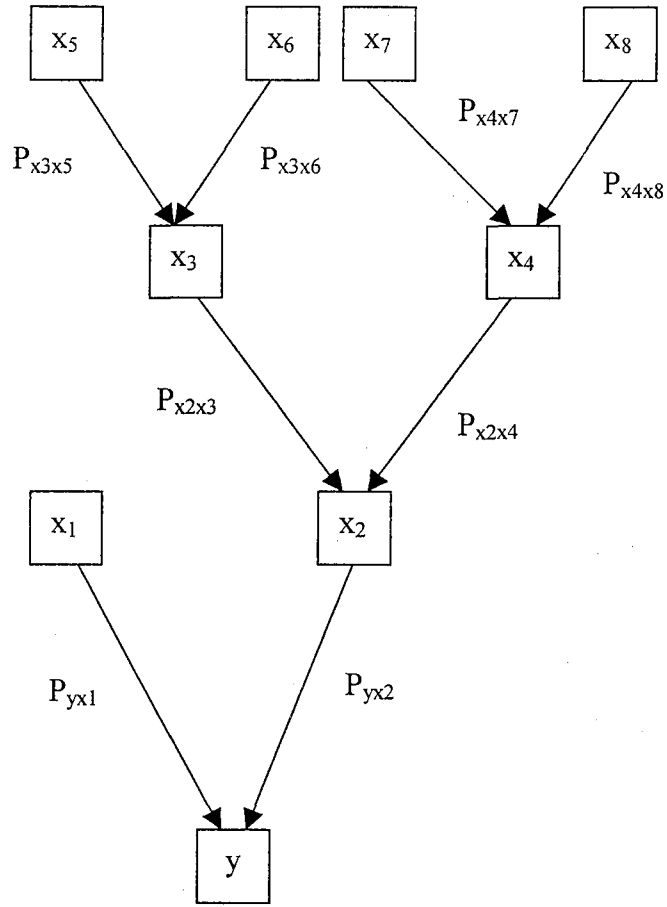
(3.23) no'lu eşitlikten hareketle, birbirinden bağımsız sebepler sisteminde (sebepler arasında korelasyonun olmadığı durumlarda) sonuç değişkenine ait belirlenme katsayısı, sebep değişkenleri ile sonuç değişkenleri arasındaki path katsayılarının kareleri ( $P_{yx_i}^2$ ) toplamına eşitir.

Birbirinden bağımsız sebepler sisteminde, sebep değişkeni ile sonuç değişkeni arasındaki path katsayısı söz konusu değişkenler arasındaki korelasyon katsayısına eşit olurken, sebep değişkenlerine ait etki payları ise korelasyon katsayılarının karesine eşitir<sup>61</sup>.

### 3.3.2. Korelasyonsuz (Bağımsız) Sebepler Zinciri Sistemi

Bu tür ilişki sistemlerinde, sebep değişkenleri arasında korelasyon yoktur ve değişkenlerden bazıları hem sebep değişkeni hem de sonuç değişkenidir. Aşağıda Şekil 11'de verilen path diyagramında  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$  değişkenleri hem sebep değişkeni hem de sonuç değişkeni durumundadır.

<sup>61</sup>Keskin, a.g.e., s.27.



Şekil 11. Korelasyonsuz Sebepler Zincirini Gösteren Path Diyagramı

Şekil 11'deki diyagrama göre  $y$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  ve  $x_4$  değişkenlerine ait denklemler aşağıdaki (3.26) no'lu eşitliklerde verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 y &= P_{yx_1} x_1 + P_{yx_2} x_2 & x_2 &= P_{x_2x_3} x_3 + P_{x_2x_4} x_4 \\
 x_3 &= P_{x_3x_5} x_5 + P_{x_3x_6} x_6 & x_4 &= P_{x_4x_7} x_7 + P_{x_4x_8} x_8
 \end{aligned}
 \quad \dots(3.26)$$

$x_3$  ve  $x_4$  değişkenlerinin eşiti,  $x_2$  değişkenini belirleyen modelde yerine yazılırsa;

$$x_2 = P_{x_2x_3} [P_{x_3x_5} x_5 + P_{x_3x_6} x_6] + P_{x_2x_4} [P_{x_4x_7} x_7 + P_{x_4x_8} x_8]
 \quad \dots(3.27)$$

eşitliğinden,

$$x_2 = P_{x_2x_3} P_{x_3x_5} x_5 + P_{x_2x_3} P_{x_3x_6} x_6 + P_{x_2x_4} P_{x_4x_7} x_7 + P_{x_2x_4} P_{x_4x_8} x_8
 \quad \dots(3.28)$$

ifadesi elde edilir.

Eşitlik (3.28)'deki ifade, eşitlik (3.26)'daki  $y$ 'yi belirleyen denklemde yerine yazılırsa,

$$y = P_{yx_1} x_1 + P_{yx_2} P_{x_2x_3} P_{x_3x_5} x_5 + P_{yx_2} P_{x_2x_3} P_{x_3x_6} x_6 + P_{yx_2} P_{x_2x_4} P_{x_4x_7} x_7 + P_{yx_2} P_{x_2x_4} P_{x_4x_8} x_8 \dots (3.29)$$

eşitliği elde edilir.

(3.29) no'lu eşitliğin sağındaki birinci terimin katsayısı,  $x_1$  sebep değişkeni ile  $y$  sonuç değişkeni arasındaki path katsayısıdır ve söz konusu değişkenler arasındaki korelasyon katsayısına eşittir. Eşitliğin sağındaki diğer terimlerin katsayıları ise sırasıyla  $x_5$ ,  $x_6$ ,  $x_7$  ve  $x_8$  sebep değişkenlerinin  $y$  sonuç değişkenine olan etki miktarlarını göstermektedir. Bu katsayılar aynı zamanda, söz konusu sebep değişkenlerine ait bileşik path katsayıları olarak da isimlendirilir. Bu katsayılardan örneğin  $P_{yx_2}P_{x_2x_3}P_{x_3x_5}$  katsayısı,  $x_5$  sebep değişkeninin  $y$  sonuç değişkenine,  $x_2$  ve  $x_3$  ara değişkenleri üzerinden etki miktarını gösteren  $x_5$ 'e ait bileşik path katsayısıdır ve değeri  $r_{yx_5}$ 'e eşittir<sup>62</sup>. Yani kısaca;

$$r_{yx_5} = P_{yx_2} P_{x_2x_3} P_{x_3x_5} \dots (3.30)$$

olarak yazılır.

Diğer değişkenlere ( $x_6$ ,  $x_7$  ve  $x_8$ ) ait bileşik path katsayıları da benzer şekilde ifade edilmekte olup, bu katsayılar söz konusu değişkenler ile  $y$  sonuç değişkeni arasındaki korelasyonlara eşittir.

$y$  sonuç değişkenine ait (3.29) no'lu denklem,  $y$ 'nin değişimi için yazıldığında;

$$E(y^2) = [yIy] \dots (3.31)$$

biçimine girer.

(3.31) eşitliğinden elde edilecek olan çarpanlarda;  $x_1, x_5$ ,  $x_6$ ,  $x_7$  ve  $x_8$  değişkenleri arasında korelasyon olmadığından, kovaryanslı terimler (kovaryans çarpanı içeren terimler) sıfır olacak ve sonuçta, (3.26) no'lu denklemdeki katsayıların karelerinden oluşan eşitlik elde edilecektir.

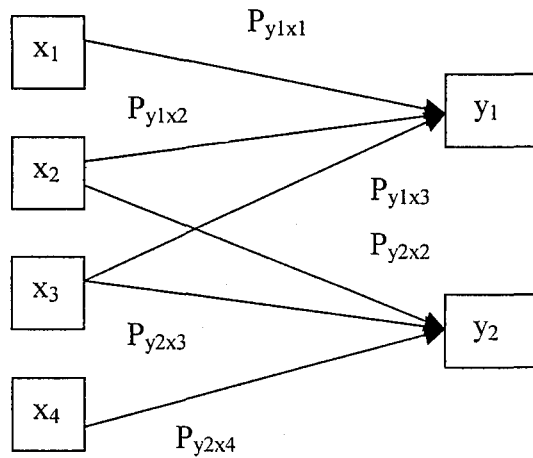
Bu sonuçlara göre birbirinden bağımsız sebepler zincirinde; (sebeb değişkenleri arasında korelasyonun olmadığı durumda) diğer bir sebep değişkeni ile sonuç değişkeni

<sup>62</sup>Keskin, a.g.e., s.28.

arasındaki path katsayısının değeri (bileşik path katsayısı), bu değişkenleri birbirine bağlayan path katsayılarının çarpımına eşittir. Örneğin;  $x_5$  sebep değişkeni ile  $y$  sonuç değişkeni arasındaki path katsayısı olan  $P_{yx5}$ 'in değeri;  $x_5$  ile  $x_3$  sebep değişkenleri arasındaki path katsayısı olan  $P_{x3x5}$ ,  $x_3$  ile  $x_2$  sebep değişkenleri arasındaki path katsayısı olan  $P_{x2x3}$  ve  $x_2$  sebep değişkeni ile  $y$  sonuç değişkeni arasındaki path katsayısı olan  $P_{yx2}$  katsayılarının çarpımına eşittir ( $P_{yx5} = P_{yx2} P_{x2x3} P_{x3x5}$ ).

### 3.3.3. Sebepler Arasında Korelasyonun Olmadığı Ortak Sonuçlar Sistemi

Bu tür sistemlerde, bir sebep değişkeni aynı anda birden fazla sonuç değişkenini etkilemektedir. Şekil 12'de gösterilen sistemde  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  ve  $x_4$  sebep değişkenleri birbirinden bağımsız olduğundan,  $i \neq j$  için  $r_{x_i x_j} = 0$ 'dır ve  $y_1$ ,  $y_2$  sonuç değişkenleri,  $x_2$  ve  $x_3$  sebep değişkenleri tarafından ortak olarak etkilenmektedir.



Şekil 12. İki Ayrı Sonucun Birbirinden Bağımsız Ortak Sebepler Tarafından Etkilenmesini Gösteren Path Diyagramı

Şekil 12 göz önüne alınarak,  $y_1$  ve  $y_2$  değişkenlerine ait denklemler yazılırsa;

$$y_1 = P_{y1x1} x_1 + P_{y1x2} x_2 + P_{y1x3} x_3$$

$$y_2 = P_{y2x2} x_2 + P_{y2x3} x_3 + P_{y2x4} x_4$$

....(3.32)

eşitlikleri elde edilir.

Öte yandan,  $y_1$  ve  $y_2$  sonuç değişkenleri arasındaki korelasyon katsayısı,

$$r_{y_1y_2} = \frac{\sum (y_1 - \bar{y}_1)(y_2 - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum (y_1 - \bar{y}_1)^2 \sum (y_2 - \bar{y}_2)^2}} \quad \dots(3.33)$$

olarak ifade edilir. (3.33) no'lu eşitliğin pay ve paydası N'ye bölünürse,

$$r_{y_1y_2} = \frac{\frac{\sum (y_1 - \bar{y}_1)(y_2 - \bar{y}_2)}{N}}{\frac{\sqrt{\sum (y_1 - \bar{y}_1)^2 \sum (y_2 - \bar{y}_2)^2}}{N}} \quad \dots(3.34)$$

eşitliği elde edilir. Bu ifade,

$$r_{y_1y_2} = \frac{\sum (y_1 - \bar{y}_1)(y_2 - \bar{y}_2)/N}{\sigma_{y_1} \sigma_{y_2}} \quad \dots(3.35)$$

şeklinde yazılabilir.

(3.35) no'lu eşitlikte paydaki ifade aynı zamanda  $\text{kov}(y_1y_2)$ 'ye eşittir. Öte yandan kovaryansın, iki değişkene ait gözlem değerlerinin, bu değişkenlere ait aritmetik ortalamadan farklarının çarpımlarının ortalaması olduğu bilinmektedir<sup>63</sup>. Standartlaştırılmış değerlere ait varyansın 1'e eşit olduğu bilindiğine göre, (3.35) no'lu eşitlik,

$$r_{y_1y_2} = \text{kov}(y_1y_2) = E(y_1y_2) \quad \dots(3.36)$$

olarak ta yazılabilir. Diğer taraftan;

$$E(y_1y_2) = \left[ \left( P_{y_1x_1} x_1 + P_{y_1x_2} x_2 + P_{y_1x_3} x_3 \right) \left( P_{y_2x_2} x_2 + P_{y_2x_3} x_3 + P_{y_2x_4} x_4 \right) \right] \quad \dots(3.37)$$

dir.

Eşitliğin sağ tarafındaki parantez açılırsa, elde edilen terimlerden sadece ortak sebeplere ait terimler kalır. Çünkü, sebep değişkenleri arasında korelasyon olmadığından korelasyon çarpanı içeren terimler sıfır olur. Buna göre (3.37) no'lu eşitlik,

$$E(y_1y_2) = P_{y_1x_2} P_{y_2x_2} + P_{y_1x_3} P_{y_2x_3} = r_{y_1y_2} \quad \dots(3.38)$$

<sup>63</sup> Yaşar Baykul, *İstatistik Metodlar ve Uygulamalar* (3. Basım, Ankara: Ana Yayıncılık, 1999), s.142.

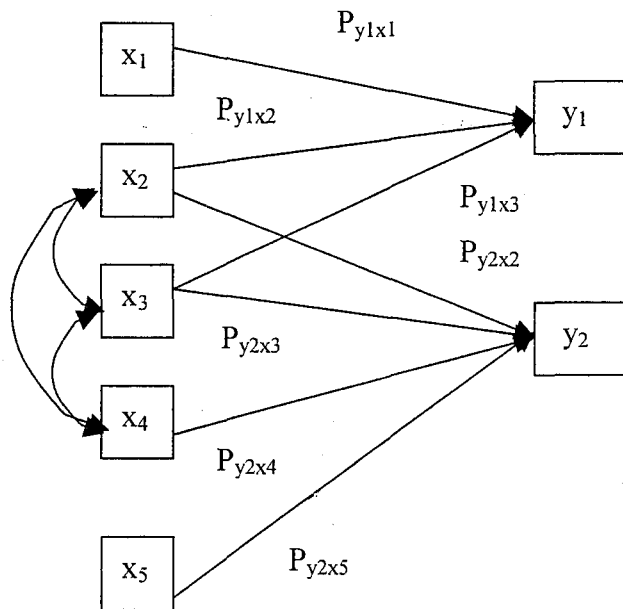


halini alır.

(3.38) no'lu eşitliğe göre; aralarında korelasyon olmayan ortak sebep içeren iki sonuç değişkeni arasındaki korelasyon katsayısı, bunları her bir sebepten geçerek birbirine bağlayan Path katsayılarının çarpımlarının toplamına eşittir.

### 3.3.4. Korelasyonlu Ortak Sebep İçeren Sonuçlar Sistemi

Bu tür ilişki sistemlerinde, sebep değişkenleri arasında korelasyon vardır ve sebep değişkenlerinden bir kısmı veya hepsi, iki sonuç değişkenine ortak olarak etki etmektedir.



Şekil 13. Sebepler Arasında Korelasyonun Olduğu Path Diyagramı

Şekil 13'deki diyagrama göre  $y_1$  ve  $y_2$  sonuç değişkenleri için denklemler;

$$\begin{aligned} y_1 &= P_{y_1x_1} x_1 + P_{y_1x_2} x_2 + P_{y_1x_3} x_3 \\ y_2 &= P_{y_2x_3} x_3 + P_{y_2x_4} x_4 + P_{y_2x_5} x_5 \end{aligned} \quad \dots(3.39)$$

olarak yazılabilir. Burada  $y_1$  ve  $y_2$  sonuç değişkenleri arasındaki korelasyon;

$$E(y_1y_2) = E\left[\left(P_{y_1x_1} x_1 + P_{y_1x_2} x_2 + P_{y_1x_3} x_3\right)\left(P_{y_2x_3} x_3 + P_{y_2x_4} x_4 + P_{y_2x_5} x_5\right)\right] \quad \dots(3.40)$$

eşitliğinden,

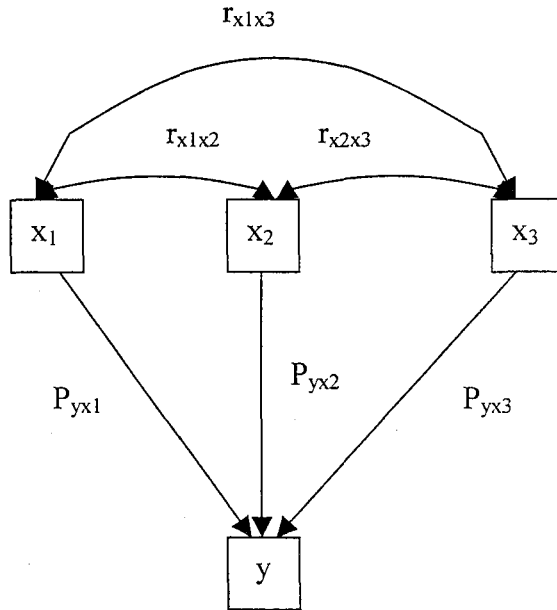
$$r_{y_1y_2} = P_{y_1x_2} P_{y_2x_3} r_{x_2x_3} + P_{y_1x_2} P_{y_2x_4} r_{x_2x_4} + P_{y_1x_3} P_{y_2x_3} + P_{y_1x_3} P_{y_2x_4} r_{x_3x_4} \quad \dots(3.41)$$

şeklinde yazılır.

Bu durumda, aralarında korelasyon bulunan ortak sebepleri içeren iki ayrı sonuç değişkeni arasındaki korelasyon katsayısı; söz konusu değişkenleri her bir ortak sebepten geçerek birbirine bağlayan path katsayılarının çarpımları toplamına, ortak sebeplere ait korelasyon katsayılarını da içeren pathlerin çarpımları toplamı eklenerek bulunur<sup>64</sup>.

### 3.3.5. Birbirine Bağımlı Sebepler Sistemi

Bu tür sistemlerde, sebep değişkenleri arasında tam bir bağımlılık vardır. Yani sebep değişkenlerinin birlikte değişimi söz konusudur.  $r_{x_i x_j} \neq 0$  olduğundan, sebep değişkenlerinin sonuç değişkeni üzerine doğrudan etkilerinin yanında, birbirleri üzerinden dolaylı etkileri de mevcuttur. Aşağıdaki Şekil 14’de söz konusu ilişki sistemi görülmektedir.



Şekil 14. Birbirine Bağımlı Sebepler Değişkenlerinin y Sonuç Değişkenine Etkileri

y sonuç değişkeni, aralarında korelasyon bulunan x1, x2 ve x3 sebep değişkenleri tarafından tam olarak açıklanabiliyorsa, y'ye ait eşitlik;

<sup>64</sup>Keskin, a.g.e., s.32.

$$y = P_{y x_1} x_1 + P_{y x_2} x_2 + P_{y x_3} x_3 \quad \dots(3.42)$$

şeklinde yazılır.

y değişkeninin kendisi ile olan korelasyonu  $r_{yy}$ 'dir.  $r_{yy}$  de  $E(yy)=E(y^2)$  olduğundan,

$$E(y^2) = E(yy) = E\left[(P_{y x_1} x_1 + P_{y x_2} x_2 + P_{y x_3} x_3)(P_{y x_1} x_1 + P_{y x_2} x_2 + P_{y x_3} x_3)\right] \quad \dots(3.43)$$

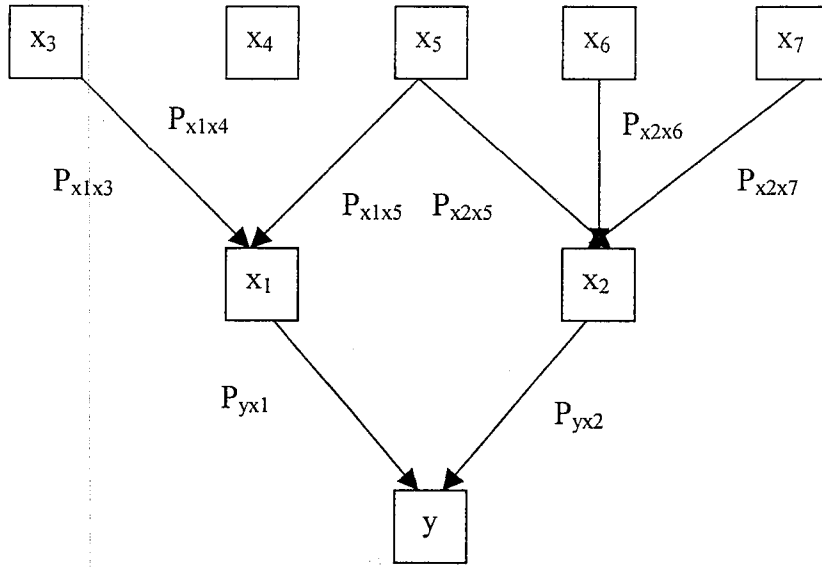
eşitliği yazılır. Eşitliğin sağ tarafındaki terim açılırsa;

$$1 = P_{y x_1}^2 + P_{y x_2}^2 + P_{y x_3}^2 + 2P_{y x_1} P_{y x_2} r_{x_1 x_2} + 2P_{y x_1} P_{y x_3} r_{x_1 x_3} + 2P_{y x_2} P_{y x_3} r_{x_2 x_3} \quad \dots(3.44)$$

eşitliği elde edilir.

(3.44) no'lu eşitliğin sağındaki ilk üç terim;  $x_1$ ,  $x_2$  ve  $x_3$  sebep değişkenlerinin y sonuç değişkenini tek başına belirleme katsayılarını gösterirken, diğer üç terim bu değişkenlerin ikili olarak birlikte belirleme katsayılarını göstermektedir.

Eğer sebep değişkenleri arasındaki korelasyon, bu sebep değişkenlerine etkili olan gerideki bir diğer sebep değişkeni tarafından meydana getiriliyorsa, bu durumda sebepler arasındaki korelasyon, bu sebeplere etkili olan gerideki sebep değişkenlerinden gelen path katsayılarının çarpımı ile bulunabilir. Bu şekildeki ilişki sistemine ait örnek diyagram, Şekil 15' te verilmiştir.



Şekil 15. Sebepler Arasındaki Korelasyonun Gerideki Bir Ortak Sebepten İleri Geldiği Sistem

Şekil 15'teki diyagrama göre,  $x_1$  ve  $x_2$  sebep değişkenleri ile  $y$  sonuç değişkenine ait eşitlikler aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} x_1 &= P_{x_1x_3} x_3 + P_{x_1x_4} x_4 + P_{x_1x_5} x_5 \\ x_2 &= P_{x_2x_5} x_5 + P_{x_2x_6} x_6 + P_{x_2x_7} x_7 \\ y &= P_{yx1} x_1 + P_{yx2} x_2 \end{aligned} \quad \dots(3.45)$$

$x_1$  ve  $x_2$  sebep değişkenleri arasındaki korelasyon katsayısı (3.46) no'lu eşitlikteki gibidir.

$$E(x_1x_2) = E\left[\left(P_{x_1x_3} x_3 + P_{x_1x_4} x_4 + P_{x_1x_5} x_5\right)\left(P_{x_2x_5} x_5 + P_{x_2x_6} x_6 + P_{x_2x_7} x_7\right)\right] \quad \dots(3.46)$$

Şekil 15'teki path diyagramında, gerideki  $x_3$ ,  $x_4$ ,  $x_5$ ,  $x_6$  ve  $x_7$  sebep değişkenleri arasında herhangi bir korelasyon tanımlanmamıştır. Bu nedenle,  $x_1$  ve  $x_2$  sebep değişkenleri arasındaki korelasyonu veren (3.46) no'lu eşitlikten,

$$r_{x_1x_2} = P_{x_1x_5} P_{x_2x_5} \quad \dots(3.47)$$

ifadesi elde edilir.

Buna göre,  $x_1$  ve  $x_2$  sebep değişkenleri arasındaki korelasyonu, gerideki sebep değişkeni olan  $x_5$  sebep değişkeni belirlemektedir.

(3.45) no'lu eşitliklerde  $y$  sonuç değişkenine ait eşitlikten,  $y$ 'ye ait varyans,

$$E(y^2) = P_{yx_1}^2 + P_{yx_2}^2 + 2P_{yx_1} P_{yx_2} r_{x_1x_2} \quad \dots(3.48)$$

eşitliği ile verilebilir.

(3.47) no'lu eşitlikteki  $r_{x_1x_2}$  'nin değeri (3.43) no'lu eşitlikte yerine yazılırsa,

$$E(y^2) = P_{yx_1}^2 + P_{yx_2}^2 + 2P_{yx_1} P_{yx_2} P_{x_1x_5} P_{x_2x_5} \quad \dots(3.49)$$

eşitliği elde edilir.

Aynı şekilde,  $y$  sonuç değişkeni ile  $x_1$  ve  $x_2$  sebep değişkenleri arasındaki korelasyonlar da,

$$\begin{aligned} r_{yx_1} &= P_{yx_1} + r_{x_1x_2} P_{yx_2} = P_{yx_1} + P_{x_1x_5} P_{x_2x_5} P_{yx_2} \\ r_{yx_2} &= P_{yx_2} + r_{x_1x_2} P_{yx_1} = P_{yx_2} + P_{x_1x_5} P_{x_2x_5} P_{yx_1} \end{aligned} \quad \dots(3.50)$$

olarak ifade edilir.

(3.50) no'lu denklem sistemi, matris şeklinde gösterilirse,

$$(r_{yx_1}, r_{yx_2}) = \begin{bmatrix} 1 & r_{x_1x_2} \\ r_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{yx_1} & P_{yx_2} \end{bmatrix} \quad \dots(3.51)$$

şeklini alır.

Buradan hesaplanması gereken path katsayılar vektörü;

$$\begin{bmatrix} P_{yx_1} & P_{yx_2} \end{bmatrix} = (r_{yx_1}, r_{yx_2}) \begin{bmatrix} 1 & r_{x_1x_2} \\ r_{x_2x_1} & 1 \end{bmatrix}^{-1} \quad \dots(3.52)$$

eşitliğinde, korelasyon katsayılarının değeri yazılıp gerekli işlemler yapılarak bulunur.

Bu durumda, herhangi bir sebep değişkeni ile sonuç değişkeni arasındaki korelasyon katsayısı; söz konusu sebep değişkeni ile sonuç değişkeni arasındaki path katsayısı ile bu sebep değişkenini korelasyonlu diğer sebep değişkenleri üzerinden

sonuç değişkenine bağlayan path katsayılarının çarpımları (veya path katsayıları ile söz konusu sebep değişkenleri arasındaki korelasyonların çarpımları) toplamına eşittir.

Dallanmış yapıdaki path diyagramlarında, sebep değişkenlerine ait dolaylı etki miktarları bulunurken; birden fazla path katsayısı içeren terimler birbirleri ile çarpılabildiği halde, birden fazla korelasyon içeren terimler birbirleri ile çarpılamaz. Yani hiçbir zaman  $P_{yxi} r_{xixj} r_{xjxk} P_{yxx}$  gibi bir terim bulunamaz<sup>65</sup>.

Şimdiye kadar yapılan açıklamalarda y sonuç değişkeninin verilen sebep değişkenleri tarafından tam olarak açıklanabildiği varsayıldı ve verilen kurallar da bu varsayıma dayanılarak açıklandı. Eğer sonuç değişkeni veya sonuç değişkenleri, verilen sebep değişkenleri tarafından tam olarak belirlenemiyorsa, sisteme hata değişkeni veya hata değişkenleri de ilave etmek gerekir. Hata değişkenlerinin normal dağılım gösterdiği ve diğer sebep değişkenleri ile korelasyon halinde olmadığı kabul edilmiş olduğuna göre, sistemlere bu değişkenlerin eklenmesi açıklamalarda herhangi bir değişikliğe yol açmaz, sadece modellere  $P_{yxu}$  terimi eklenir ve y değişkeninin kendisiyle olan korelasyonunda ise verilen terimlere ek olarak  $P_{yxu}^2$  terimi bulunur. Hata değişkenine ait varyans, sonuç değişkeni olarak kabul edilen değişkene ait belirleme katsayısının 1' den çıkarılmasıyla bulunur ( $P_{yxu}^2 = 1-R^2$ ). Hata değişkenine ait path katsayısının bulunmasında ise, bulunan  $P_{yxu}^2$  değerinin karekökü alınır.

## 4. Path Analizinin Üstünlükleri ve Zayıflıkları

### 4.1. Path Analizinin Üstünlükleri

1. İki değişken için hesaplanan korelasyon katsayısının içerisinde, daha önce de belirtildiği gibi, değişkenlerin tek başına etkisi ve diğer değişkenlerle olan birlikte etkileri yani dolaylı etkiler bulunmaktadır. Bu nedenle, değişkenler arasındaki ilişkilerin tümünün basit korelasyon katsayıları ile açıklanabilmesi olanaklı değildir. Bu bakımdan, doğrudan ve dolaylı etkilenme şekillerinin birbirinden ayrılması ve söz konusu ilişkilerin ayrıntılı bir biçimde ortaya konulması gerekmektedir. Bu amaçla, Path Analizi Tekniği kullanılır<sup>66</sup>.

2. İki değişken arasında hesaplanan korelasyon katsayısına bakarak, bu iki değişkeni birlikte etkileyen ortak bir sebep olup olmadığı konusunda hüküm vermek

<sup>65</sup>Keskin, a.g.e., s.38.

<sup>66</sup>Şahinler ve Görgülü, a.g.e., s.91.

doğru değildir. Eğer iki değişken arasında hesaplanan korelasyon katsayısı sıfır olarak bulunmuşsa, bu iki değişkenin ortak sebep içermediği konusunda yorum yapmak yanıltıcı olur. Bir çok durumda, negatif yönlü korelasyonlar pozitif yönlü korelasyonlar kadar olup, birbirini dengelemektedir<sup>67</sup>. Bu nedenle, path katsayılarını ve path analizi tekniğini kullanmak, araştırmacıya daha doğru sonuca ulaşma imkanı verecektir.

3. Sonuç değişkenindeki değişimi açıklayabilmede, modele girebilecek sebep değişkenlerinin seçiminde de path katsayılarından yararlanılabilir. Çoklu doğrusal regresyon modeli, daha çok Y'deki değişimi açıklamada etkili X bağımsız değişkenlerinin bulunmasına dayanır. Değişkenler arasındaki ilişkilerin mantıklı bir biçimde tartışılması için pek düşünülmez. Aynı zamanda path analizinin nedensel ilişkileri açıklayabilme bakımından, doğrusal regresyon modeli yaklaşımından daha üstün olduğu görülür.

4. Korelasyon katsayıları -1 ile +1 arasında değişirken, path katsayıları bu sınırların dışına çıkabilmektedir. Yani, path katsayılarının negatif yönlü olanları ve pozitif yönlü olanları birbirlerini dengelemekte ve korelasyon katsayılarını bu sınırlar içinde tutmaktadır.

5. Aynı korelasyona sahip olan değişkenler arasında, farklı path diyagramları çizilebilmekte ve bunlar arasındaki doğrusal ilişkiler farklı şekillerde yorumlanabilmektedir.

6. Araştırmacı, bağımlı değişkenin tahminindeki hatayı mümkün olduğu kadar küçük tutarak, modele girebilecek bağımsız değişkenlerin sayısını azaltmaya çalışır. Bu amaçla, bağımsız değişkenlerin seçiminde bazı istatistik ölçütleri geliştirilmiştir. Bu kriterlerden birisi ise "mümkün olan bütün kombinasyonlar"dır. Bu yöntemde, modele girebilecek bağımsız değişkenlerin hepsinin bütün kombinasyonları belirlenir. Bu kombinasyonlardan hangisinin uygun olduğunun belirlenmesinde kullanılan ölçütlerden birisi de path katsayılarıdır. Path analizi ve path katsayıları ile bağımlı değişkendeki değişimin açıklanabilen kısmı ( $R^2$ ) unsurlarına ayrılarak, bunda bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı ve birlikte olan etki payları belirlenebildiği için, bütün bağımsız değişkenleri içeren regresyon denklemi analiz edilerek, hangi değişkenin ya da hangi değişkenlerin denkleme girebileceğine karar verilebilir. Bu durumda, path analizi tekniği ile mümkün

<sup>67</sup>Keskin, a.g.e. , s.10.

olan bütün kombinasyonları denemeye gerek kalmaz. Bütün bağımsız değişkenlerin bulunduğu modelden, uygun olan kombinasyon doğru bir şekilde seçilebilir.

#### **4.2. Path Analizinin Zayıflıkları**

Daha önceden de belirtildiği gibi, path analizi tekniği aynı veri setine değişik path diyagramları çizerek bunları yorumlama imkanı verir. Ancak aynı veri seti için kurulan farklı path diyagramlarından, hangisinin ya da hangilerinin kullanılabileceği konusundaki veya hangi diyagramların avantajlı olduğu konusundaki belirsizlikler ve bunun yanı sıra path analizi sonucunda elde edilen path katsayılarından 1'den büyük çıkan değerlerin ve buna bağlı olarak da negatif değerli birlikte belirleme katsayılarının yorumlanabilmesindeki güçlükler, path analizi tekniğinin zayıflıkları olarak görülebilir.



## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### PATH ANALİZİ VE BİR UYGULAMA: GELİŞMİŞLİK DÜZEYİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ANALİZİ

#### UYGULAMA

Gelişmişlik düzeyine etki eden faktörleri incelerken, 81 il için 17 bağımsız değişkene ait veriler kullanılmıştır. Tablo 1’de uygulamada kullanılan ve gelişmişlik düzeyini etkilediği düşünülen bağımsız değişkenler ve bunlara ait tanımlayıcı istatistikler verilmiştir.

Tablo1. Değişkenler ve Değişkenlere ait Tanımlayıcı İstatistikler

| Değişken Adı   | N  | Ortalama     | Standart Sapma | Ölçü Birimi |
|--|----|--------------|----------------|-------------|
| GSYİH (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla) (Y)                                     | 81 | 1416124,39   | 94108,30       | Milyon TL   |
| Yıllık Nüfus Artış Hızı (X <sub>1</sub> )                                  | 81 | 10,95        | 1,52           | %           |
| Hekim Başına Düşen Kişi Sayısı (X <sub>2</sub> )                           | 81 | 1369,64      | 77,19          | Kişi        |
| Kişi Başına Elektrik Tüketimi (X <sub>3</sub> )                            | 81 | 1229,31      | 121,34         | kWh         |
| Kişi Başına Banka Mevduat Tutarı (X <sub>4</sub> )                         | 81 | 396,84       | 53,82          | Milyon TL   |
| Kişi Başına Kamu Yatırım Harcamaları (X <sub>5</sub> )                     | 81 | 37,58        | 9,42           | Milyon TL   |
| Teşvik Belgeli Yatırım Tutarı (X <sub>6</sub> )                            | 81 | 96779,88     | 25698,18       | Milyar TL   |
| On Bin Kişiye Düşen Motorlu Kara Taşıtı Sayısı (X <sub>7</sub> )           | 81 | 823,75       | 53,36          | Adet        |
| Şehirleşme Oranı (X <sub>8</sub> )   | 81 | 55,56        | 1,32           | %           |
| Kırsal Yerleşim Yerlerinde Asfalt Yol Oranı (X <sub>9</sub> )              | 81 | 51,48        | 2,87           | %(km)       |
| Ortaöğretimde Toplam Okullaşma Oranı (X <sub>10</sub> )                    | 81 | 33,93        | 1,18           | %           |
| Toplam Tarımsal Üretim Değerleri (X <sub>11</sub> )                        | 81 | 330251241,91 | 29441009,89    | Milyon TL   |
| Bebek Ölüm Oranı (X <sub>12</sub> )  | 81 | 43,68        | 0,99           | %           |
| Doğurganlık Hızı (X <sub>13</sub> )  | 81 | 2,8856 ,13   | 0,13           | %           |
| Okur Yazar Oranı (X <sub>14</sub> )  | 81 | 84,75        | 0,80           | %           |
| Yeterli İçme Suyuna Sahip Kırsal Yerleşim Yerleri Oranı (X <sub>15</sub> ) | 81 | 85,62        | 1,48           | %           |
| İmalat Sanayinde Yaratılan Toplam Katma Değer (X <sub>16</sub> )           | 81 | 348394289,57 | 95399472,13    | Milyon TL   |
| Nüfus Yoğunluğu (X <sub>17</sub> )   | 81 | 104,73       | 94108,30       | Kişi/km     |

Yukarıdaki Tablo 1’de verilen ve daha önce tanımlanan bağımsız sosyo-ekonomik değişkenler arasında, öncelikle çoklu doğrusal bağıntı tespit edilmeye çalışılmıştır. Daha önce de açıklandığı gibi, bağımsız değişkenler arasında tam ve güçlü bir ilişkinin varlığı olarak tanımlanan çoklu doğrusal bağıntının büyük bir değer çıkması, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki net etkisini gösteren regresyon katsayısı değerinin elde edilememesi sonucunu doğurur<sup>68</sup>.

Çoklu doğrusal bağıntı, her değişken için eşitlik (2.3)’te verilen,

$$VIF_{(i)} = \frac{1}{1 - R_{(i)}^2}$$

formülü ile elde edilen değerler yardımıyla tespit edilmiştir.

Söz konusu değerlerin hesabının elle yapılması çok fazla işlem gerektirmekte ve zaman almaktadır. Bu yüzden hesaplamalar, SPSS 11.5 paket programı yardımıyla yapılmıştır.

Aşağıdaki Tablo 2’de bağımsız değişkenlere ait VIF değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Bağımsız Değişkenlere Ait VIF Değerleri

| Değişkenler    | VIF Değerleri | Değişkenler     | VIF Değerleri |
|----------------|---------------|-----------------|---------------|
| X <sub>1</sub> | 2,715         | X <sub>10</sub> | 3,116         |
| X <sub>2</sub> | 3,732         | X <sub>11</sub> | 2,289         |
| X <sub>3</sub> | 1,947         | X <sub>12</sub> | 2,344         |
| X <sub>4</sub> | 3,470         | X <sub>13</sub> | 10,954        |
| X <sub>5</sub> | 1,626         | X <sub>14</sub> | 9,764         |
| X <sub>6</sub> | 3,270         | X <sub>15</sub> | 1,589         |
| X <sub>7</sub> | 3,784         | X <sub>16</sub> | 6,252         |
| X <sub>8</sub> | 2,518         | X <sub>17</sub> | 5,495         |
| X <sub>9</sub> | 2,459         |                 |               |

Çoklu doğrusal bağıntının olduğuna karar verebilmek için, VIF değerlerinin 10’a yakın olması gerekmektedir<sup>69</sup>. Yukarıdaki Tablo 2’de görüldüğü gibi, X<sub>13</sub>, X<sub>14</sub>, X<sub>16</sub>

<sup>68</sup>Akkaya ve Pazarlıoğlu, a.g.e., s.381.

<sup>69</sup>Ryan, a.g.e., s.133.

ve  $X_{17}$  bağımsız değişkenlerine ait VIF değerleri 10'a yakındır. Buna göre söz konusu değişkenler çoklu doğrusal bağıntıya sahiptir.

Eğer bir problemde çoklu doğrusal bağıntı varsa, söz konusu sorunun giderilmesi, path katsayıları ile mümkündür<sup>70</sup>. Başka bir deyişle, çoklu doğrusal bağıntının olduğu bir problemde, path analizinin uygulanmasında bir sakınca yoktur<sup>71</sup>.

Sonraki aşamada, değişkenlere ait hata terimleri arasında otokorelasyon tespit edilmeye çalışılmıştır. Bunun sonucunda, söz konusu hata terimleri arasında otokorelasyon olmadığı anlaşılmıştır.

Daha sonra veriler standartlaştırılmıştır. Standartlaştırma işlemi, Tablo 1'de verilen, değişkenlere ait ortalama ve standart sapma değerleri kullanılarak yapılmıştır. Daha önce de açıklandığı gibi, standartlaştırılmış değerler eşitlik (3.14)'te verilen formüller yardımıyla hesaplanmıştır. Ancak, işlemlerin elle yapılmasının uzun zaman almasından dolayı, hesaplamalar SPSS 11.5 paket programı aracılığıyla yapılmıştır.

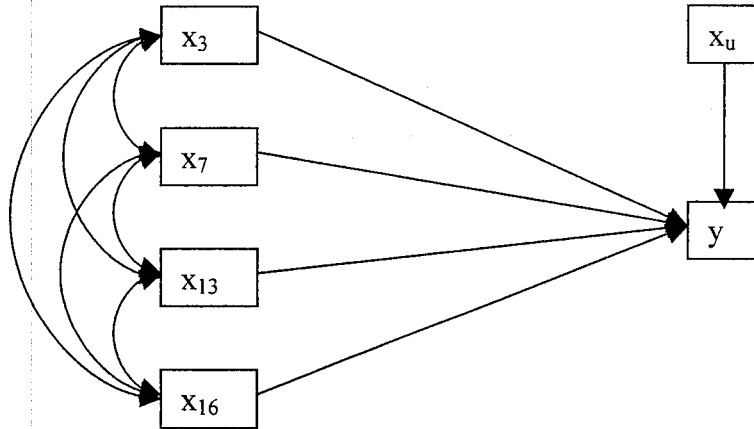
Standartlaştırılmış değerlere ait varyans 1 olduğundan, ele alınan değişkenler sabit varyanlıdır. Başka bir ifadeyle, değişen varyanslılık söz konusu değildir.

Son aşamada, ele alınan 17 bağımsız değişkenden hangilerinin gelişmişlik düzeyi üzerinde anlamlı oldukları tespit edilmeye çalışılmıştır. Bunun için, daha önce açıklanan adımsal (stepwise) regresyonun geriye doğru eleme yöntemi kullanılmıştır. Adımsal regresyon analizi sonucunda, dört değişken modele girmiştir. Söz konusu değişkenler, kişi başına elektrik tüketimi ( $X_3$ ), on bin kişiye düşen motorlu kara taşıtı sayısı ( $X_7$ ), doğurganlık hızı ( $X_{13}$ ), imalat sanayinde yaratılan toplam katma değer ( $X_{16}$ ) değişkenleridir.

Araştırmamızda yer alan gelişmişlik düzeyi (Y) sonuç değişkeni ile bu değişkene etki eden sebep değişkenleri arasındaki ilişkiler aşağıdaki path diyagramındaki gibi çizilebilir.

<sup>70</sup> Asher, a.g.e., s.46.

<sup>71</sup> <http://luna.cas.usf.edu/~mbrannic/files/regression/Collinearity.html>, Erişim Tarihi: 02.01.2003



Şekil 16. Değişkenlere Ait Path Diyagramı

Şekil 16'daki Path diyagramında Y'ye ait model,

$$y = P_{yX_3} X_3 + P_{yX_7} X_7 + P_{yX_{13}} X_{13} + P_{yX_{16}} X_{16} + P_{X_u} X_u \quad \dots(4.1)$$

şeklinde yazılır.

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları aşağıdadır.

Tablo 3. Değişkenlere Ait Korelasyon Katsayıları

|                 | X <sub>3</sub> | X <sub>7</sub> | X <sub>13</sub> | X <sub>16</sub> | y       |
|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|---------|
| X <sub>3</sub>  | 1,0000         | 0,4058         | -0,3998         | 0,3971          | 0,7586  |
| X <sub>7</sub>  | 0,4058         | 1,0000         | -0,5735         | 0,3219          | 0,6394  |
| X <sub>13</sub> | -0,3998        | -0,5735        | 1,0000          | -0,2495         | -0,5877 |
| X <sub>16</sub> | 0,3971         | 0,3219         | -0,2495         | 1,0000          | 0,5262  |

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar için formüller aşağıdaki gibi türetilmiştir.

$$\begin{aligned}
r_{yX_3} &= P_{yX_3} + P_{yX_7} r_{X_3X_7} + P_{yX_{13}} r_{X_3X_{13}} + P_{yX_{16}} r_{X_3X_{16}} \\
r_{yX_7} &= P_{yX_3} r_{X_3X_7} + P_{yX_7} + P_{yX_{13}} r_{X_7X_{13}} + P_{yX_{16}} r_{X_7X_{16}} \\
r_{yX_{13}} &= P_{yX_3} r_{X_3X_{13}} + P_{yX_7} r_{X_7X_{13}} + P_{yX_{13}} + P_{yX_{16}} r_{X_{13}X_{16}} \\
r_{yX_{16}} &= P_{yX_3} r_{X_3X_{16}} + P_{yX_7} r_{X_7X_{16}} + P_{yX_{13}} r_{X_{13}X_{16}} + P_{yX_{16}}
\end{aligned}
\tag{4.2}$$

Tablo 3'te yer alan değişkenlere ait korelasyon katsayılarının değerleri, (4.2) no'lu eşitlikte yerine yazılırsa,

$$\begin{aligned}
0,7586 &= P_{yX_3} + P_{yX_7} 0,4058 + P_{yX_{13}} -0,3998 + P_{yX_{16}} 0,3971 \\
0,6394 &= P_{yX_3} 0,4058 + P_{yX_7} + P_{yX_{13}} -0,5735 + P_{yX_{16}} 0,3219 \\
-0,5877 &= P_{yX_3} -0,3998 + P_{yX_7} -0,5735 + P_{yX_{13}} + P_{yX_{16}} -0,2495 \\
0,5262 &= P_{yX_3} 0,3971 + P_{yX_7} 0,3219 + P_{yX_{13}} -0,2495 + P_{yX_{16}}
\end{aligned}
\tag{4.3}$$

denklem sistemi elde edilir.

Tablo 3'te verilen korelasyon matrisinden hareketle, daha önce açıklanan D matrisi, Microsoft Excel paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. Analiz sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. (4.1) no'lu Modele Ait Analiz Sonuçları

|                 | X <sub>3</sub> | X <sub>7</sub> | X <sub>13</sub> | X <sub>16</sub> | y       | D.B.K  | B.B.K  | T.B.K  |
|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|---------|--------|--------|--------|
| X <sub>3</sub>  | 0,4977         | 0,2020         | -0,1990         | 0,1976          | 0,7586  | 0,2477 | 0,1299 | 0,3776 |
| X <sub>7</sub>  | 0,1085         | 0,2674         | -0,1534         | 0,0861          | 0,6394  | 0,0715 | 0,0995 | 0,1710 |
| X <sub>13</sub> | 0,0745         | 0,1069         | -0,1864         | 0,0465          | -0,5877 | 0,0347 | 0,0748 | 0,1095 |
| X <sub>16</sub> | 0,0778         | 0,0631         | -0,0489         | 0,1960          | 0,5262  | 0,0384 | 0,0647 | 0,1031 |
|                 |                |                |                 |                 |         |        |        |        |
|                 |                |                |                 |                 | toplam  | 0,3923 | 0,3689 | 0,7612 |

D.B.K : Doğrudan Belirleme Katsayısı

B.B.K : Birlikte Belirleme Katsayısı

T.B.K : Toplam Belirleme Katsayısı

Yukarıdaki tablo 4'te verilen doğrudan belirleme katsayısı, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki doğrudan etki payını gösterir ve path katsayısının karesine

eşittir. Birlikte belirleme katsayısı, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki dolaylı etki payını gösterir. Toplam belirleme katsayısı ise doğrudan ve birlikte belirleme katsayılarının toplamını gösterir.

Tablo 4'te yer alan diğer değişkenlere ait etki payları incelendiği zaman, en yüksek doğrudan etki payının, yaklaşık %25 değeri ile kişi başına elektrik tüketimi ( $X_3$ )'ne ait olduğu, ikinci olarak %7 değeri ile on bin kişiye düşen motorlu kara taşıtı sayısı ( $X_7$ )'na ait olduğu görülmektedir.

Gelişmişlik düzeyindeki açıklanabilen değişimin yaklaşık %50'sini kişi başına elektrik tüketimindeki değişim oluştururken, yaklaşık %22,5'ini on bin kişiye düşen motorlu kara taşıtı sayısındaki, yaklaşık %14'ünü doğurganlık hızındaki, yaklaşık %13,5'ini de imalat sanayinde yaratılan toplam katma değerdeki değişim oluşturmaktadır.

(4.1) no'lu modelde, hataya ait path katsayısı değeri 0,4887 olarak bulunmuştur. Bu durumda, gelişmişlik düzeyinde gözlenen değişimin yaklaşık %24'üne modelde yer almayan değişkenlerin sebep olduğu söylenebilir.

## SONUÇ

Sonuç olarak, kişi başına elektrik tüketimi, on bin kişiye düşen motorlu kara taşıtı sayısı, doğurganlık hızı ve imalat sanayiinde yaratılan toplam katma değer değişkenleri, gelişmişlik düzeyi üzerinde anlamlı bulunmuştur. Bundan sonra yapılacak buna benzer araştırmalarda söz konusu dört değişkenin kullanılması araştırmanın sağlıklı olarak yapılmasına katkıda bulunacaktır.

Araştırmamızda ortaya çıkan sonuçlardan da görüldüğü gibi, elektrik tüketimi ile gelişmişlik düzeyi arasında önemli bir ilişki vardır. Yaşam standardının yükselmesi ve gelişen teknolojinin insanlara sunduğu konfor her geçen gün daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulmasına sebep olmuştur. Evlerde kullanılan buzdolabı, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, ütü, elektrikli su ısıtıcısı, bilgisayar vb. elektrikle çalışan araçların yaygınlaşması doğal olarak elektrik tüketimini arttırmıştır. Elektrik enerjisi hem sanayinin temel girdisi olması hem de kaynaklarının kısıtlılığı nedeniyle, hem sanayileşme açısından hem de ülkede gelişmişlik göstergesi olarak önemini korumaktadır.

Kullanım kolaylığı, temizliği ve atık bırakmaması nedeniyle diğer enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi tüketiminin genel enerji tüketimi içindeki payı yıllar itibari ile artmaktadır. Dünyada genel enerji tüketimi içinde elektrik enerjisinin payı, 1999 yılında yüzde 35 civarında iken, 2001 yılında bu oran yüzde 50'ye yükselmiştir. Bu artış trendi elektrik enerjisinin bugün ne denli önemli olduğunu ve gelecekte daha da önemli olacağını göstermektedir.

Çalışmada, gelişmişlik düzeyine etki eden bir diğer önemli değişken olarak, on bin kişiye düşen motorlu kara taşıtı sayısı bulunmuştur. Kişilerin refah düzeyi arttıkça, sahip oldukları motorlu taşıt sayısında artış meydana gelmektedir. 2002 yılında 4,6 milyon olan taşıt sayısının, 2023 yılında 27,3 milyon olacağı tahmin edilmektedir.

Diğer taraftan, doğurganlık hızı değişkeninin de gelişmişlik düzeyi üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Ülkemizde Cumhuriyet'in kuruluşundan 1965 yılına kadar nüfus artış hızını destekleyici politikalar benimsenmiş ve uygulanmıştır. 1965 yılında çıkartılan 557 sayılı Nüfus Planlaması Hakkında Kanun ile aile planlaması yöntem kullanımı serbest bırakılmıştır.

Günümüzde aile planlaması hizmeti ülke genelinde sunulmaktadır. Hizmetin ulaşılabilirliği, yaygınlığı, çeşitliliğine göre modern yöntemlerin kullanım düzeyi düşüktür. 1983 yılında yürürlüğe giren, halen konusunda dünyadaki en kapsamlı yasalar arasında bulunan, 2827 sayılı aile planlaması hizmetlerini düzenleyen ikinci yasada, getirdiği diğer yeniliklerin yanı sıra sektörler arası işbirliğinin gerekliliği vurgulanmıştır. Bütün bu çabalardan ve aile plânlaması konusundaki başarılı uygulamalardan sonra, 15-49 yaş grubundaki kadınların doğurgan çağın sonuna geldiklerinde sahip olacakları çocuk sayısını gösteren toplam doğurganlık hızı, Türkiye'de 1983'teki düzeyine göre önemli oranlarda düşüş göstermiştir.

Çalışmada, gelişmişlik düzeyine etki eden diğer bir değişken olarak, imalat sanayinde yaratılan toplam katma değer değişkeni bulunmuştur. Bilindiği gibi imalat, başlangıç malzemesini ürüne dönüştürerek, katma değer oluşturma eylemidir. Genelde imalat terimi ile uygun bir tesiste döküm, kesme, plastik şekillendirme, birleştirme gibi işlemler vasıtasıyla malzemelerin ürüne dönüşümü ile bağlantılı dar bir kapsam anlaşılır. Fakat günümüz işletmelerinde bu temel süreçlerden daha fazlası gerçekleştirildiğinden imalatın tanımı oldukça genişlemiştir. İmalatın malzeme, para, zaman, mekan, işgücü gereksinimini ve çevre kirliliğini en az düzeyde tutarak, en verimli şekilde gerçekleştirilmesi beklenir. Bu hedeflere ulaşmanın ancak iyi tasarlanmış imalat işlem ve süreçleri ile mümkün olacağı açıktır.

Öte yandan, bilindiği gibi katma değer, bir mal veya hizmetin her aşamasında o mal veya hizmete yapılan eklemelerdir. Bir mal veya hizmetin girdi değeri ile çıktı değeri arasındaki farktır. Üretimin her aşamasında üretilen mal veya hizmete eklenen 4 üretim faktörü, kira, ücret, faiz ve kâr paylarıdır. Türkiye'de imalat sanayinde yaratılan katma değerlerin yükseltilmesinin, ülkenin gelişmişlik düzeyi üzerinde olumlu etki yapacağı söylenebilir.



## KAYNAKÇA

- Akkaya, Şahin ve M. Vedat Pazarlıoğlu. **Ekonometri 1**. 4. Basım. Dumlupınar Cad. No:45/7 35030 Bornova/İzmir, 1999.
- Asher, Herbert B. **Causal Modelling**. Iowacity: Sage Publications Inc, 1983.
- Bal, Cengiz. "Path Analizi ve Bir Uygulama", 5. Biyoistatistik Kongresi Bildirileri. Eskişehir: OGÜ Basımevi, 2000.
- Baykul, Yaşar. **İstatistik Metotlar ve Uygulamalar**. 3. Basım. Ankara:Ana Yayıncılık, 1999.
- Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı. **İllerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması**. Ankara: DPT 2466, 1996.
- Düzgüneş O. ve N. Akman. **Varyasyon Kaynakları**. Ankara: A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 954,151
- Kaşıkçı, Duygu. "Path Katsayısı, Kısmi Regresyon Katsayısı ve Korelasyon Katsayılarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi". Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi FBE, 2000.
- Keskin, Sıddık. "Path (İz) Katsayıları ve Path Analizi". Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi FBE, 1998.
- Pek, Hülya. "Nedensel Modeller". Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi FBE, 1999.
- Ryan, T. P. **Modern Regression Methods**. Canada: Jhon Wiley & Sons. Inc, 1997.
- Savaş, Vural F. **Kalkınma Ekonomisi**. Bursa: Bursa İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayın No:6, 1974.
- \_\_\_\_\_. **İktisadi Kalkınma**. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları. Yayın No:830 1994-1995.
- Şahinler, Suat. ve Özkan Görgülü. "Path Analizi ve Bir Uygulama", **Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi** 5(1-2):87-102, 2000.
- Şıklar, Emel. **Regresyon Analizine Giriş**. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi, 2000.

<http://www.exeter.ac.uk/~SEGLea/multvar2/pathanal.html>, 02.01.2003

<http://as60016.pc.nus.sg/swk/courses/P13201/path/intro.htm>, 02.01.2003

<http://as60016.pc.nus.sg/swk/courses/P1320/path/basics.htm>, 02.01.2003

<http://luna.cas.usf.edu/~mbrannic/files/regression/Collinearity.html>, 02.01.2003

<http://www.ekonometrist.com/egitim/regresyon.htm>, 02.01.2003