

T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



**TÜRKİYE’DE BİNEK OTOMOBİLİ ENDÜSTRİSİNİN  
TALEBİNE KANTİTATİF BİR YAKLAŞIM**

**DOKTORA TEZİ  
Uğur ŞENER**

**İşletme Ana Bilim Dalı  
İşletme Doktora Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. İlker BİRDAL**

**Nisan, 2015**



T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



**TÜRKİYE'DE BİNEK OTOMOBİLİ ENDÜSTRİSİNİN  
TALEBİNE KANTİTATİF BİR YAKLAŞIM**

**DOKTORA TEZİ**  
**Uğur ŞENER**  
**(Y1012.640007)**

**İşletme Bilim Dalı**  
**İşletme Doktora Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. İlker BİRDAL**

**Nisan, 2015**





14/04/2015

T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ  
DOKTORA TEZ ONAY BELGESİ

Enstitümüz İşletme Ana Bilim Dalı, İşletme Doktora Programı Y1012.640007 numaralı öğrencisi Uğur ŞENER'in "TÜRKİYE'DE BİNEK OTOMOBİLİ ENDÜSTRİSİNİN TALEBİNE KANTİTATİF BİR YAKLAŞIM" adlı doktora tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 26/03/2015 tarih ve 2015/07 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından .*Qy.b.c.g.* ile Doktora tezi olarak .*ka.w.l.* edilmiştir.

	Unvan- Ad-Soyad	İmza
Danışman	Prof. Dr. İlker BİRDAL	<i>İlker Birdal</i>
Üye (TİK)	Prof. Dr. Ahmet Hamdi İSLAMOĞLU	<i>Ahmet Hamdi İslamoğlu</i>
Üye (TİK)	Prof. Dr. Mustafa Nafiz DURU	<i>Mustafa Nafiz Duru</i>
Üye	Prof. Dr. Cevat GERNİ	<i>Cevat Gerni</i>
Üye	Prof. Dr. Okan TUNA	<i>Okan Tuna</i>

Tezin Savunulduğu Tarih :14/04/2015

Sosyal Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
onaylanmıştır.

tarih ve  sayılı kararı ile

Prof. Dr. Zafer UTLU

Enstitü Müdürü



## **YEMİN METNİ**

Doktora tezi olarak sunduğum “Türkiye’de Binek Otomobili Endüstrisinin Talebine Kantitatif Bir Yaklaşım” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (23/03/2015)

Uğur ŞENER





## **ÖNSÖZ**

Beni koşulsuz destekleyen anneme, babama, ağabeyime ve tez danışmanıma; akademik katkılarından ötürü Prof. Dr. Ahmet Hamdi İslamoğlu'na teşekkür ederim.

Nisan 2015

Uğur ŞENER



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>V</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>XI</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>Xiii</b>
<b>GRAFİK LİSTESİ</b> .....	<b>XV</b>
<b>KISALTIMA LİSTESİ</b> .....	<b>XVII</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>XIX</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XXI</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>1 TALEP KAVRAMI, TALEP FONKSİYONUNU AÇIKLAYAN TEORİK YAKLAŞIMLAR (TALEP TEORİLERİ) VE BİNEK OTOMOBİLİ TALEP FONKSİYONUNUN TANIMLANMASI</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1 TALEP KAVRAMI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2 TALEP FONKSİYONUNU AÇIKLAYAN TEORİK YAKLAŞIMLAR (TALEP TEORİLERİ)</b>	<b>8</b>
1.2.1 Geleneksel Talep Teorileri (Fayda Fonksiyonunu Esas Alan Talep Teorileri) .....	9
1.2.1.1 Tüketicinin fayda fonksiyonunu esas alan talep teorileri.....	10
1.2.1.1.1 Faydayı kardinal ekseninde ölçen talep teorileri.....	13
1.2.1.1.2 Faydayı ordinal ekseninde ölçen talep teorileri .....	19
1.2.1.2 Açığa vurulmuş tüketici tercihlerini esas alan talep teorisi.....	28
1.2.2 Çağdaş Talep Teorileri (Beklenen Fayda Fonksiyonunu Esas Alan Talep Teorileri) .....	30

1.2.2.1	<i>Rasyonel tüketici davranışını esas alan çağdaş talep teorileri.....</i>	<i>31</i>
1.2.2.2	<i>İrrasyonel tüketici davranışlarını inceleyen çağdaş talep teorileri .....</i>	<i>42</i>
1.2.3	<i>Dinamik Talep Yaklaşımı.....</i>	<i>61</i>
<b>1.3</b>	<b><i>BİNEK OTOMOBİLİ TALEP FONKSİYONUNUN TANIMLANMASI.....</i></b>	<b><i>65</i></b>
1.3.1	<i>Binek Otomobili Talebinin Özellikleri Ve Çağdaş Talep Teorileri İle Dinamik Talep Yaklaşımı Açılımlarından Değerlendirilmesi.....</i>	<i>65</i>
1.3.2	<i>Talep Teorileri Bağlamında Binek Otomobili Talep Fonksiyonunun Tanımlanması.....</i>	<i>66</i>
<b>2</b>	<b><i>TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ.....</i></b>	<b><i>69</i></b>
<b>2.1</b>	<b><i>TALEP TEORİLERİ VE TALEP TAHMİN TEKNİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ.....</i></b>	<b><i>70</i></b>
<b>2.2</b>	<b><i>TALEP TAHMİN METODOLOJİSİ.....</i></b>	<b><i>71</i></b>
<b>2.3</b>	<b><i>TALEP TAHMİN STRATEJİLERİ.....</i></b>	<b><i>82</i></b>
<b>2.4</b>	<b><i>YARGISAL TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ.....</i></b>	<b><i>84</i></b>
2.4.1	<i>Uzmanlara Danışma (Unaided Judgement).....</i>	<i>85</i>
2.4.2	<i>Büyüme Eğrileri (Growing Curves).....</i>	<i>86</i>
2.4.3	<i>Oyun Teorisi.....</i>	<i>86</i>
2.4.4	<i>Yapısal Analoglar (Structured Analogies) .....</i>	<i>86</i>
2.4.5	<i>Senaryo Yazma (Scenario Writing).....</i>	<i>88</i>
2.4.6	<i>Yargısal Ayırıştırma (Judgmental Decomposition).....</i>	<i>88</i>
2.4.7	<i>Conjoint Analizi (Conjoint Analysis).....</i>	<i>89</i>
2.4.8	<i>Bootstrap Yöntemi (Judgmental Bootstrapping) .....</i>	<i>90</i>
2.4.9	<i>Niyet Çalışmaları (Intensions) .....</i>	<i>92</i>
2.4.10	<i>Rol Oynama Yöntemi (Role playing).....</i>	<i>93</i>
2.4.11	<i>Delphi Tekniği (Delphi Technique).....</i>	<i>94</i>
<b>2.5</b>	<b><i>KANTİTATİF TAHMİN YÖNTEMLERİ.....</i></b>	<b><i>99</i></b>
2.5.1	<i>Kesit Veri ve Zaman Serilerinin Ekstrapolasyonu .....</i>	<i>100</i>
2.5.2	<i>Uzman Sistemleri (Expert Systems) .....</i>	<i>102</i>
2.5.3	<i>Kural Bazlı Tahminler .....</i>	<i>106</i>
2.5.4	<i>Zaman Serilerinin Ayırıştırılması.....</i>	<i>107</i>
2.5.4.1	<i>Hareketli ortalama (moving averages).....</i>	<i>108</i>
2.5.4.1.1	<i>Basit hareketli ortalama (simple moving average) .....</i>	<i>108</i>
2.5.4.1.2	<i>Merkezlenmiş hareketli ortalama (centered moving average).....</i>	<i>110</i>
2.5.4.1.3	<i>Çift hareketli ortalama (double moving average).....</i>	<i>111</i>
2.5.4.1.4	<i>Ağırlıklı hareketli ortalama (weighted moving average).....</i>	<i>111</i>
2.5.4.2	<i>Lokal regresyon düzleştiricisi (local regression smoother) .....</i>	<i>112</i>

2.5.5	<i>Zaman Serilerinin Nedensel Güçlerle Ayrıştırılması (Decomposition of Time Series by Causal Forces)</i> .....	113
2.5.6	<i>Regresyon (Regression)</i> .....	116
2.5.6.1	<i>Basit regresyon (simple regression)</i> .....	117
2.5.6.2	<i>Çoklu regresyon (multiple regression)</i> .....	125
2.5.7	<i>A.B.D. Sayım Bürosu (Census Bureau) Yöntemleri (ARIMA)</i> .....	134
2.5.8	<i>Box-Jenkins Metodolojisi</i> .....	135
2.5.9	<i>Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)</i> .....	141
<b>3</b>	<b><i>TÜRKİYE’DE BİNEK OTOMOBİLİ TALEBİNİN TAHMİNİ</i></b> .....	<b>163</b>
<b>3.1</b>	<b><i>TALEP TAHMİN PROBLEMİNİN FORMÜLASYONU</i></b> .....	<b>163</b>
<b>3.2</b>	<b><i>VERİLERİN TOPLANMASI</i></b> .....	<b>165</b>
3.2.1	<i>Binek Otomobili Talebi Zaman Serisi (Tahmin Edilecek Değişken)</i> .....	166
3.2.2	<i>Milli Gelir Deflatörü</i> .....	168
3.2.3	<i>Açıklayıcı Değişkenler</i> .....	169
3.2.3.1	<i>Mal fiyatı</i> .....	169
3.2.3.2	<i>Tamamlayıcı mal fiyatı</i> .....	171
3.2.3.3	<i>Tüketici geliri</i> .....	172
3.2.3.4	<i>Tasarruf</i> .....	174
3.2.3.5	<i>Borçlanma</i> .....	175
3.2.3.6	<i>Faiz oranı</i> .....	176
3.2.4	<i>Nüfus</i> .....	178
<b>3.3</b>	<b><i>ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON UYGULAMASI</i></b> .....	<b>179</b>
<b>3.4</b>	<b><i>YAPAY SİNİR AĞLARI UYGULAMASI</i></b> .....	<b>195</b>
<b>3.5</b>	<b><i>SONUÇLAR</i></b> .....	<b>201</b>



## ÇİZELGE LİSTESİ

<i>Çizelge 1-1 Çeşitli Talep Teorilerine Göre Fayda Fonksiyonları ve Bunun Belirlediği Talep Fonksiyonları</i> .....	68
<i>Çizelge 2-1 Delphi Tekniği Birinci Anketi</i> .....	96
<i>Çizelge 2-2 Delphi Tekniği İkinci Anketi</i> .....	97
<i>Çizelge 2-3 Delphi Tekniği Üçüncü Anketi</i> .....	98
<i>Çizelge 2-4 Verilerin Ekstrapolasyona Uygunluğunun Sıralanması</i> .....	102
<i>Çizelge 2-5 Uzman Sistemleri Geliştirilmesi İçin Bilgi Edinme Prosedürleri Kullanım Sıklığı</i> .....	104
<i>Çizelge 2-6 Basit Regresyon ANOVA Çizelgesi</i> .....	123
<i>Çizelge 2-7 Çoklu Regresyon ANOVA Çizelgesi</i> .....	128
<i>Çizelge 3-1 Türkiye’de Binek Otomobili Satışları Zaman Serisi</i> .....	167
<i>Çizelge 3-2 Milli Gelir Deflatörü</i> .....	168
<i>Çizelge 3-3 Reel USD Satış Kuru Serisi</i> .....	170
<i>Çizelge 3-4 Akaryakıt Fiyatları Serisi</i> .....	171
<i>Çizelge 3-5 Reel Kişi Başına GSYH Serisi</i> .....	173
<i>Çizelge 3-6 Tasarruf Oranı Serisi</i> .....	174
<i>Çizelge 3-7 Taşıt Kredileri Hacmi Serisi</i> .....	175
<i>Çizelge 3-8 TCMB Mevduat Faizi Oranı Serisi</i> .....	177
<i>Çizelge 3-9 Nüfus Serisi</i> .....	178
<i>Çizelge 3-10 Doğrusal Çoklu Regresyon Verileri</i> .....	179
<i>Çizelge 3-11 Korelasyon Testi Sonuçları</i> .....	180
<i>Çizelge 3-12 İlk 7 Açıklayıcı Değişkenli Regresyon</i> .....	183
<i>Çizelge 3-13 İlk 6 Açıklayıcı Değişkenli Regresyon</i> .....	184

<i>Çizelge 3-14 İlk 5 Açıklayıcı Değişkenli Regresyon .....</i>	<i>185</i>
<i>Çizelge 3-15 İlk 4 Açıklayıcı Değişkenli Regresyon .....</i>	<i>186</i>
<i>Çizelge 3-16 İlk 3 Açıklayıcı Değişkenli Regresyon .....</i>	<i>187</i>
<i>Çizelge 3-17 İlk 4 Değişkenli ve Sabit Katsayınının Sıfır Seçildiği Regresyon Denklemi .....</i>	<i>189</i>
<i>Çizelge 3-18 Performans Göstergeleri Karşılaştırması.....</i>	<i>202</i>



## ŞEKİL LİSTESİ

<i>Şekil 1-1 Talep Teorilerinin Tarihsel Gelişimi.....</i>	<i>9</i>
<i>Şekil 2-1 Tahmin Yöntemi Seçim Ağacı .....</i>	<i>74</i>
<i>Şekil 2-2 Box-Jenkins Metodolojisi Akış Şeması .....</i>	<i>136</i>
<i>Şekil 2-3 Tam Bağlı Çok Katmanlı Algılayıcı .....</i>	<i>145</i>
<i>Şekil 3-1 YSA Ağ Yapısı .....</i>	<i>195</i>
<i>Şekil 3-2 YSA Ağ Özellikleri.....</i>	<i>196</i>
<i>Şekil 3-3 Ağ Eğitimi Son Parametreler.....</i>	<i>197</i>



## GRAFİK LİSTESİ

<i>Grafik 1-1 Kayıtsızlık Eğrileri.....</i>	<i>27</i>
<i>Grafik 1-2 Kahneman ve Tversky'nin Değer Fonksiyonu .....</i>	<i>51</i>
<i>Grafik 1-3 Prospect Teorisi Karar Ağırlıkları.....</i>	<i>52</i>
<i>Grafik 2-1 Artık Grafiği (Residual Plot).....</i>	<i>132</i>
<i>Grafik 2-2 Seri Korelasyon İçermeyen Artık Terimlerin Grafiği.....</i>	<i>133</i>
<i>Grafik 3-1 Çoklu Regresyon Binek Otomobili Gerçek &amp; Tahmin Karşılaştırılması. ....</i>	<i>190</i>
<i>Grafik 3-2 Çoklu Regresyon Tahmin Sonuçları.....</i>	<i>191</i>
<i>Grafik 3-3 Hata Terimi &amp; Hesaplanan Y.....</i>	<i>191</i>
<i>Grafik 3-4 Hata Terimi &amp; Gerçek Y.....</i>	<i>192</i>
<i>Grafik 3-5 Hata Terimi &amp; Taşıt Kredileri Hacmi .....</i>	<i>192</i>
<i>Grafik 3-6 Hata Terimi &amp; USD Kuru.....</i>	<i>193</i>
<i>Grafik 3-7 Hata Terimi &amp; Akaryakıt .....</i>	<i>193</i>
<i>Grafik 3-8 MSE Performans Göstergesi.....</i>	<i>198</i>
<i>Grafik 3-9 YSA Modelinin Regresyon Grafikleri .....</i>	<i>199</i>
<i>Grafik 3-10 YSA Tahmin Sonuçları.....</i>	<i>200</i>
<i>Grafik 3-11 YSA Yöntemi ile Geçmiş Gerçek Değerlerin Geçmiş Tahminlerle Karşılaştırılması.....</i>	<i>200</i>
<i>Grafik 3-12 YSA&amp;Çoklu Regresyon Tahmin Değerleri Karşılaştırılması.....</i>	<i>201</i>



## **KISALTMA LİSTESİ**

GSYH : gayri safi yurt içi hasıla

MAD : ortalama mutlak hata

MAPE : mutlak ortalama yüzde hata

MdAE : Mutlak Hata Medyanı

MSE : hata kareleri ortalaması

RMSE : Hata Kareleri Ortalaması Karekökü

SSE : hata kareleri toplamı

SSR : Açıklanmış hata kareleri toplamı

SST : toplam hata kareleri toplamı

YSA : yapay sinir ağları



## ÖZET

ŞENER, Uğur (2015), Türkiye’de Binek Otomobili Endüstrisinin Talebine Kantitatif Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İstanbul.

Türkiye’de Binek Otomobili Endüstrisinin Talebine Kantitatif Bir Yaklaşım adını taşıyan doktora tezi; talep kavramı, talep fonksiyonunu açıklayan teorik yaklaşımlar (talep teorileri) ve binek otomobili talep fonksiyonunun tanımlanması, talep tahmin yöntemleri ve Türkiye’de binek otomobili talebinin tahmini olmak üzere üç bölümden oluşmuştur.

Birinci bölümde talep ve taleple ilgili kavramlar açıklanmış, talep fonksiyonunu açıklayan teorik yaklaşımlar (talep teorileri) ile binek otomobili talep fonksiyonunun tanımlanması sunulmuştur. Talep fonksiyonlarını açıklayan teorik yaklaşımların irdelenmesiyle oluşturulan binek otomobili talep fonksiyonu:

$$T = f(P_1, P_2, M, S_1, S_2, i)$$

$P_1$  : binek otomobili fiyatı,  $P_2$  : akaryakıt fiyatı,  $S_1$  : ülkenin tasarruf hacmi,  $S_2$  : tüketici kredileri hacmi,  $M$  : toplam milli gelir,  $i$  : tüketici kredileri faiz haddi olarak elde edilmiştir. Tezin teorik altyapısını oluşturan bu bölümün, Türkçe literatüre özellikle modern talep teorileri açısından katkıda bulunacağı değerlendirilmiştir.

Talep tahmin yöntemleri başlığı altında sunulan ikinci bölümde ise; talep tahmin metodolojisi, talep tahmin stratejileri, talep teorileri ile talep tahmin yöntemleri arasındaki ilişki ve talep tahmin yöntemleri konularında teorik bilgi sunulmuştur. Uygulama bölümünde kullanılan kantitatif talep tahmin yöntemlerinin teorik kısmına bu bölümde ağırlık verilmiştir.

Teze orijinal olma niteliği kazandıran üçüncü ve son bölümde ise ikinci bölümde sunulan talep tahmin metodolojisine sadık kalınarak binek otomobili talebinin ancak ekonometrik modellerle tahmin edilebileceği ortaya konulmuştur. Oluşturulan ekonometrik modelin uygulaması ise seçilen hem geleneksel, hem de modern tahmin yöntemleri ile yapılmıştır. Geleneksel yöntem olarak çoklu regresyon, modern yöntem olarak ise yapay sinir ağları seçilmiştir. Çoklu regresyon uygulamasında,

talepte eğrisel desenlerin varlığı ve açıklayıcı değişkenlerin arasındaki yüksek korelasyonlar bulunması nedeniyle geleneksel yöntemlerin ekonometrik modellere yeterince uygun olmadığı tespit edilmiştir. Modern yöntem uygulamasında kullanılan yapay sinir ağları yöntemiyle bu sakıncalar kısmen giderildiğinden tahminlerin performansı ve isabet derecesi artmıştır. Bu nedenle binek otomobili talebinin tahmin edilmesinde geleneksel yöntemler yerine eğrisel desenleri kavrama ve genelleme yeteneğine sahip olduğu değerlendirilen yapay sinir ağları gibi modern yöntemler tercih edilmelidir. Bu varsayımlar altında, gelecek beş yıl için binek otomobili talebinin azalan bir ivme ile artacağı tespit edilmiştir. Ekonomik konjonktürdeki gelişmeler göz önünde bulundurulduğunda bu sonucun gerçekleşmesinin uzak bir ihtimal olmayacağı değerlendirilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Binek Otomobili, Otomotiv, Talep Teorileri, Talep Tahmini, Çoklu Doğrusal Regresyon, Yapay Sinir Ağları.



## **ABSTRACT**

ŞENER, Uğur (2015), “A Quantitative Approach to Passenger Car Demand in Turkey”, Phd Thesis, İstanbul.

This PHd thesis titled as “A Quantitative Approach to Passenger Car Demand in Turkey” is consisted of three parts, namely, demand concept, theoretical approaches that explain demand function (demand theories) and identification of personal automobile demand function, demand forecasting and forecast of Turkish passenger car demand.

In the former chapter, demand and demand related concepts are explained, theoretical approaches that explain demand function (demand theories) and personal automobile demand function’s identification is presented. Passenger car demand function which was formed by examining demand theories is:

$D = f(P1, P2, M, S1, S2, i)$  P1 : passenger car price, P2 : fuel price, S1 : country’s savings volume, S2 : consumer loans volume, M : total GDP, i : consumer loans interest rate.

This part that constitutes the theoretical structure of the thesis is also expected to contribute to the Turkish literature especially with regard to modern demand theories.

In the latter chapter, demand forecasting strategies, demand forecasting methodology, relationship between demand theories and demand forecasting techniques, and demand forecasting techniques are presented. Because it is the theoretical base of the application, quantitative demand forecasting techniques are given weight in this chapter.

In the third and the last chapter, which provides the originality of the thesis, proves that the passenger car demand in Turkey may only be forecasted through econometric models with adhering to the demand forecasting methodology that is presented in the second chapter. Application of the generated econometric model was practiced by both traditional and modern forecasting methods which are multiple regression as the traditional method and the artificial neural networks as its modern

counterpart. Because of the nonlinear patterns in the demand, and high correlations between explanatory variables; multiple regressions pattern recognition and generalization abilities were not enough for covering this econometric model. The artificial neural networks technique enabled the elimination of some of these drawbacks, thus enhancing the forecasts' performance and accuracy.

This is why modern methods such as the artificial neural network, which is assessed to have the ability to pattern recognition and to generalise the nonlinear patterns should be the method of choice instead of traditional methods when forecasting the passenger car demand in Turkey. Regarding thesis assumptions, it is reasonable to conclude that personal automobile demand is expected to rise however with a rapidly decreasing acceleration within the next five years. Taking current developments in the economical conjuncture into account this outcome is assessed as a not-so-remote possibility.

**Keywords:** Passenger Car, Automotive, Demand Theories, Demand Forecasting, Multiple Linear Regression, Artificial Neural Networks.

## **GİRİŞ**

İşletmelerin gerçekçi bir plan yapabilmeleri ve bu planı esas alarak tedarik, üretim ve pazarlama gibi temel işletme fonksiyonlarını rasyonellik ilkesine göre yönetebilmeleri, öncelikle ürünlerinin piyasa talebini gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edebilmelerine bağlıdır. Bu nedenle, tezde Türkiye için sunulan binek otomobili talep tahmin modeli, binek otomobili sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin tedarik, üretim ve pazarlama politikalarının belirlenmesine katkı sunacağı beklenmektedir. Ayrıca, günümüzde işletmelerin uzak ve yakın dış çevresini oluşturan çevre faktörlerinin hızla değiştiği göz önünde bulundurulduğunda tez konusu daha da önem kazanmaktadır.

Üç ana bölümden oluşan bu tezin birinci bölümünde; talep kavramı, talep fonksiyonunu açıklayan teorik yaklaşımlar (talep teorileri) ve binek otomobili talep fonksiyonunun tanımlanması sunulmaktadır. Piyasalarda az da olsa bilinçsiz tüketici davranışları gözlenmesine rağmen, ekonomistler tüketicilerin bilinçli davranışlar sergiledikleri varsayımından hareket ederek talep teorilerini geliştirmişlerdir. Talep fonksiyonlarının belirlenmesine katkı sunan bu teorilerle ilgili Türkçe literatürde ve özellikle modern talep teorileri konusunda sınırlı sayıda yayın bulunmaktadır. Bu bölümde tüketici davranışlarının arkasında yatan nedenlerin anlaşılması için ekonomistlerin talep konusundaki tüm yaklaşımları incelenmektedir. Bu inceleme sonucunda derlenen ve talep fonksiyonunu açıklayan teorik yaklaşımlar başlığı altında sunulan bölüm Türkçe literatüre de katkıda bulunmaktadır.

Tezin ikinci bölümünde talep tahmin metodolojisi, talep tahmin stratejileri ve talep tahmin yöntemleri sunulmaktadır. Talep tahmin yöntemleri yargısal ve kantitatif sınıflandırması altında incelenmektedir. Talep tahmin metodolojisinin bir aşaması olan talep tahmin yöntemi seçim prosedürü ile ilgili literatür oldukça sınırlıdır. Tahmin konusunda yüzün üzerinde makalesi bulunan ve bu konuda bir otorite sayılan Armstrong ekolünün görüşlerinden büyük ölçüde yararlanılmıştır. Armstrong ve arkadaşlarının geliştirdikleri tahmin yöntemleri ve seçim prosedürleri Türkçe literatüre kazandırılmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde Armstrong'un metodolojisine göre seçilen ekonometrik yöntemlerle uygulamalar yapılmaktadır. Binek otomobili alt sektöründe olmasa da otomotiv sektörünün talebinin tahmin edilmesine yönelik geçmişte yapılmış bazı doktora tezleri bulunmaktadır. Ancak, taranan tezlerin tamamında tahmin yöntemi olarak doğrusal regresyon seçilmiştir. Bu tezin daha önce yapılan tezlere, hem yöntem ve hem de teorik yaklaşımlar açısından getirdiği yenilikler mevcuttur. Birincisi doğrusal ve ikincisi eğrisel olmak üzere iki farklı yöntemle tahmin gerçekleştirilmektedir. Oluşturulan talep tahmin modeline göre doğrusal çoklu regresyon ve yapay sinir ağları olmak üzere bir geleneksel ve bir de modern tahmin yöntemi ile tahminler yapılarak bu bağlamda geleneksel ve modern tahmin yöntemleri kıyaslanmaktadır. Kıyaslamada kullanılan tahmin modeli talep teorilerine dayandırılmaktadır. Ayrıca, modern talep teorileri esas alınarak ve model girdilerinin çıktıklarına etkileri araştırılarak binek otomobili talebindeki irrasyonel tüketici davranışları tespit edilmektedir. Yapay sinir ağları uygulamasında uluslararası literatüre uygun olarak yöntemin parametreleri seçilmekte ve bu parametreler uygulama bölümünde sunulmaktadır. Bu farklılıklara dayanarak uygulamanın orijinal bir yaklaşım olduğunu söylemek mümkündür.

## 1 TALEP KAVRAMI, TALEP FONKSİYONUNU AÇIKLAYAN TEORİK YAKLAŞIMLAR (TALEP TEORİLERİ) VE BİNEK OTOMOBİLİ TALEP FONKSİYONUNUN TANIMLANMASI

Bireylerin herhangi bir mal veya hizmeti satın alma isteklerinin somutlaşmış bir ifadesi olan talep kavramı ile ilgili bilimsel çalışmalar iki aşamalı bir süreçten geçerek günümüze kadar devam etmiştir.

İlk aşamada taleple ilgili bilimsel çalışmalar, bireyin satın alma isteklerini şekillendiren faktörlerin belirlenmesi konusunda yoğunlaşmıştır. Talep teorilerinin geliştirildiği bu süreçte ekonomistler, bireylerin herhangi bir mal veya hizmeti satın alma isteklerini, o mal veya hizmetin tüketiminden elde edecekleri fayda ile açıklamaya çalışmışlardır. İlk dönemlerde tüketici davranışları konusunda çalışan düşünürler faydayı, insan davranışlarını *hazcılık (hedonistik)* ilkesine dayanan bir felsefi ve psikolojik görüşün etkisi altında, malların ve hizmetlerin tüketiminin sonucu oluşan haz ile açıklamışlardır<sup>1</sup>. Bunu takip eden 19. yüzyılın son çeyreğinde ise ekonomistler, psikofizik alanındaki gelişmelerin de katkısı ile mal ve hizmetlerin tüketimi sonucu elde ettikleri hazzın ifadesi olan faydanın ölçülebileceği tezini savunarak geleneksel fayda teorilerini geliştirmişlerdir. Geleneksel fayda teorilerinin son temsilcilerinden birisi olan Paul Antony Samuelson ise talebi açığa vurulmuş tüketici tercihleri ile açıklayarak talep teorilerine yeni bir boyut kazandırmaya çalışmıştır<sup>2</sup>.

İkinci aşamada ise, ekonomistler faydayı, bireylerinin bugünkü tercihlerinin değil gelecekle ilgili tercihlerinin bir ürünü olduğunu varsayarak talep teorilerini daha ileri bir aşamaya taşımışlardır. Çağdaş talep teorileri adı verilen bu ikinci aşamada

---

<sup>1</sup> Ernur Demir Abaan (1998), *Fayda Teorisi ve Rasyonel Seçimler*, TCMB Yayını, Ankara, s. III.

<sup>2</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, ss. 111-135.

geleceğin koşullarının bilinmezliği nedeniyle ekonomistler ister istemez çalışmalarını bugünkü fayda yerine beklenen fayda kavramı üzerine yoğunlaştırmışlardır<sup>3</sup>.

Geleneksel talep teorileri ile çağdaş talep teorilerine ilişkin yaklaşımlar, talebi zaman boyutunu göz önünde bulundurmadan incelemektedirler. Iowa Üniversitesi'nden Shih-yen Wu ve Jack Pontley 1967 yılında yayınladıkları “*An Introduction to Modern Demand Theory*” adlı eserlerinde bu eksiği gidermek amacıyla Oscar Morgenstern'in “*Demand Theory Reconsidered*” adlı eserinden yararlanarak talep konusunu dinamik bir boyutta incelemişlerdir<sup>4</sup>.

Talep teorilerindeki bu gelişmeler ve İkinci Dünya Savaşı sonrasında geliştirilmiş olan kantitatif analiz tekniklerinin de katkısıyla talep tahmini yöntemleri gelişmeye başlamıştır.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi talep teorileri, talep tahmin yöntemlerinin gelişmesi için bir altyapı oluşturmuştur. Bir başka ifadeye göre, talep teorileri ile talep tahmin yöntemleri birbirini bütünleyen bilimsel çalışmaların ürünleridir. Bu nedenle, tezin ana konusu olan ve ikinci bölümde sunulan talep tahmin yöntemlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için bu bölümde talep kavramı yanında ağırlıklı olarak talep teorileri konusunda bilgi sunulmaktadır.

Bu bölümde, talep kavramı yanında ağırlıklı olarak talep teorileri ve dinamik talep konusunda bilgi sunulmaktadır. Bölümün sonunda ise mal ve hizmetlerin ortak özellikleri, onların taleplerini etkileyen faktörler karşısındaki durumları, piyasa özellikleri esas alınarak talebin sınıflandırılması yapılmaktadır. Böyle bir sınıflandırmanın teze konu teşkil eden binek otomobili talebinin niteliklerinin belirlenmesi açısından faydalı olacaktır.

## **1.1 TALEP KAVRAMI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER**

Ekonomi biliminin temel kavramlarından birisi olan talep konusunu ilk açıklayan kişi bu bilim dalının kurucusu olarak kabul edilen Adam Smith'tir. Adam Smith ünlü eseri olan Milletlerin Zenginliği (Wealth of Nations) adlı yapıtında, talebi “*bir malın*

---

<sup>3</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, ss. 205-229.

<sup>4</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, ss. 231-235.

*doğal fiyatını ödemeye istekli olunması*<sup>5</sup>” olarak tanımlamaktadır. Burada söz konusu olan doğal fiyat tanımı ilk olarak Adam Smith tarafından kullanılmıştır. Smith’e göre doğal fiyat, bir malın veya hizmetin emek değer cinsinden üretim maliyetine eşit uzun dönemdeki fiyatıdır. Buna karşılık mal ve hizmetlerin piyasa fiyatı ise arz ve talep dalgalanmalarından etkilenen doğal fiyatın altında veya üstünde oluşabilen fiyatlardır. Adam Smith, uzun dönemde rekabet koşulları altında mal veya hizmetlerin doğal fiyatları ile piyasa fiyatlarının eşleştiğini varsaymaktadır<sup>6</sup>.

Adam Smith’i takip eden dönemlerde ise talep konusunda çalışan William Stanley Jevons, Alfred Marshall, Leon Walras, Francis Ysidro Edgeworth, Sör Roy George Douglas Allen, John Hicks, Vilfredo Pareto ve Paul Samuelson gibi ünlü iktisatçıların hemen hepsi Smith’in talep tanımını benimsemiş ve talep teorileriyle ilgili bölümden de anlaşılacağı gibi çalışmalarını bireyin satın alma isteğini etkileyen faktörler üzerine yoğunlaştırmışlardır.

İşletmeciler, özellikle işletme biliminin bir alt disiplini olan pazarlama ve üretim yönetimi konusunda çalışan bilim adamlarının da talep kavramını açıklamaya çalıştıklarını gözlemlemekteyiz. Örneğin, çağımızın en ünlü pazarlamacılarından birisi olan Philip Kotler talebi, “*alım gücü dahilinde olan belirli bir ürüne duyulan istek*<sup>7</sup>” şeklinde tanımlamaktadır. Türkiye’de işletme ekonomisi alanında yapılmış yayınlarda da genellikle talep, “*satın alma gücü ile desteklenen, belirli bir piyasada, belirli bir zamanda, belirli bir fiyattan mal veya hizmetlere duyulan satın alma isteği*<sup>8</sup>” olarak tanımlanmaktadır.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi ekonomistlerle işletmecilerin talep kavramları içerik itibarıyla birbiriyle örtüşmektedir. Hemen hepsi esas olarak talebi, tüketicilerin mal ve hizmetleri satın alma isteklerini yönlendiren davranışlarını ifade eden bir kavram olarak benimsemektedirler. Yine bu talep tanımlarının içeriğinden de anlaşılacağı gibi, talep sıradan bir satın alma isteği değildir. Herhangi bir malın veya hizmetin satın alma isteğinin talep olarak kabul edilebilmesi için, bu isteğin

---

<sup>5</sup> Adam Smith (2005), *Wealth of Nations*, 1. Baskı, Electronic Classics Series Publication, Pennsylvania, s. 52.

<sup>6</sup> Adam Smith (2005), *a.g.e.*, ss. 30-51

<sup>7</sup> Philip Kotler ve Kevin Lane Keller (2012), *Marketing Management*, Prentice Hall, Essex, s. 5.

<sup>8</sup> İlker Birdal (1986), *İşletme Ekonomisi*, 1. Baskı, Çağlayan Yayınevi, İstanbul, s. 209.

aşağıda belirtilen koşullarla birlikte ve onlarla bütünleşerek ortaya çıkması gerekmektedir<sup>9</sup>.

- Herhangi bir mal veya hizmeti satın alma isteğinde bulunan tüketicinin o mal veya hizmeti satın alacak parasal güce sahip olması,
- Tüketicinin bu mal veya hizmete dönük satın alma isteğinin belirli bir dönemi kapsamaması,
- Satın alma isteğinde bulunulan mal veya hizmetin belirli bir piyasada ve belirli bir fiyattan arz edilmiş olması.

İşletme ekonomisi, özellikle pazarlama ve üretim yönetimi konusunda çalışan bilim adamlarının bireysel talepten çok, piyasa talebi üzerine çalışmalarını yoğunlaştırdıkları görülmektedir. Bu durum, işletmeler açısından piyasa talebinin önemli olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü, işletmeler piyasalarda oluşan mal ve hizmet taleplerini karşılamakla yükümlü kar amaçlı kuruluşlardır<sup>10</sup>. İşletmelerin yönetim süreci, üretecekler mal veya hizmetlerle ilgili faaliyetlerini planlamak, bu planın içerdiği faaliyetleri organize etmek, uygulamak, koordine etmek ve kontrol etmek gibi alt süreçleri kapsamaktadır<sup>11</sup>. Bu süreçleri başarıyla ve rasyonellik ilkesine göre yönetebilmenin ön koşulu ise gerçekçi bir plan yapabilmektir. General Dwight David Eisenhower'ın da ifade ettiği gibi "*Planlar hiçbir şeydir, fakat planlama her şeydir*"<sup>12</sup>. Eisenhower bu cümlesi ile planlamayı süreklilik gerektiren ve yönetim sürecinin diğer aşamalarına ışık tutan önemli bir yönetim faaliyeti olarak ifade etmektedir.

Yukarıda da ifade edildiği gibi talep konusundaki ilk bilimsel yaklaşım Adam Smith'e aittir. Smith, talebi bireysel talep ve piyasa talebi olmak üzere iki çeşide ayırarak incelemiştir. Smith ve onu takip eden ekonomistler bireysel talebi bireyin herhangi bir mal veya hizmetten satın almak istediği miktar olarak tanımlamaktadır. Bu ekonomistlere göre piyasa talebi ise herhangi bir mal veya hizmetin piyasasında oluşan bireysel taleplerin toplamıdır. Bu tanımlamada talep kelimesi hem satın alma isteği ve hem de satın alınmak istenilen miktar yerine kullanılmaktadır.

---

<sup>9</sup> İlker Birdal (1986), *a.g.e.*, s. 209.

<sup>10</sup> İlker Birdal (1986), *a.g.e.*, ss. 26-27.

<sup>11</sup> Tamer Koçel (2010), *İşletme Yöneticiliği*, 12. Baskı, Beta Yayıncılık, İstanbul, s. 103.

<sup>12</sup> Tamer Koçel (2010), *a.g.e.*, s. 154.



Piyasa talebini de, piyasanın kapsadığı coğrafi alana göre; *yerel piyasa talebi*, *ulusal piyasa talebi* ve *uluslararası piyasa talebi* gibi çeşitlere ayırmak mümkündür. Talebin oluştuğu sınırları belirleyen bu sınıflandırmanın, piyasa talebinin miktarı olarak ifade edilmesi bakımından önemlidir. Bu tezde, Türkiye’deki ulusal otomobil piyasası veri alınarak binek otomobili ile ilgili analizler yapılmaktadır.

Adam Smith’in taleple ilgili yaptığı diğer bir sınıflandırma ise talebin bireylerin satın alma gücü ile desteklenip desteklenmemesine göredir. Smith’e göre *mutlak talep* (*absolute demand*) piyasada bulunan bütün bireylerin ilgili maldan satın almak istedikleri miktardır. Ancak, *etkin talep* (*effective demand*) ise satın alma gücüne sahip bireylerin satın almak istedikleri miktardır<sup>13</sup>.

Talep çeşitleri konusundaki en önemli sınıflandırma ise Alfred Marshall’a aittir. Marshall’ın talebi etkileyen faktörler ile talep edilen malların diğer mallarla etkileşimi ve kullanım bağımlılığını esas alarak yaptığı bu sınıflandırma günümüzde de önemini korumaktadır. Bu kriterlere göre talep; *rekabetçi talep* (*competitive demand*), *ortak veya tamamlayıcı talep* (*joint or complementary demand*), *türetilmiş talep* (*derived demand*), *karma talep* (*composite demand*) olmak üzere dört çeşide ayrılmaktadır<sup>14</sup>. Marshall’ın bu sınıflandırmasına ilişkin açıklamalar aşağıda sunulmaktadır.

Rekabetçi talep, çay ve kahve gibi bireylerin aynı ihtiyacını karşılayan ve dolayısıyla birbirinin ikamesi olan mallar için söz konusu olan taleptir. Geleneksel talep teorileri bölümünde ifade edildiği gibi, ikame mallardan birinin fiyatı yükseldiğinde diğerine olan talep artar. Rekabet halinde olan mallar, talebi etkileyen faktörlerdeki değişime bağlı olarak birbiri ile rekabet içindedirler.

Bireylerin ihtiyacını tek başına karşılamayan, bir başka mal ile birlikte karşılayan mallara olan talep ortak veya tamamlayıcı olarak adlandırılmaktadır. Binek otomobili ile benzin veya mazot arasındaki ilişki bu talep çeşidi için iyi bir örnek teşkil etmektedir. Birbirinin tamamlayıcısı olan mallardan herhangi birisinin talebini etkileyen faktörlerden birinin değişimi diğer malın talebinde de değişime neden olmaktadır. Ancak bu değişim rekabetçi mallar arasındaki değişimle ters yöndedir.

---

<sup>13</sup> Adam Smith (2005), *Wealth of Nations*, 1. Baskı, Electronic Classics Series Publication, Pennsylvania, s. 51-53.

<sup>14</sup> Alfred Marshall (1890), *Principles of Economics*, Macmillan and Co, Londra, ss. 222-228.

Örneğin, benzin veya mazot fiyatları yükseldiği takdirde, binek otomobiline olan piyasa talebi azalması beklenir.

Bir mal, başka bir malın üretiminde girdi olarak kullanılması nedeniyle talep ediliyorsa o malın talebi türetilmiş taleptir. Otomobil üretiminde girdi olarak kullanılan otomotiv yan sanayi ürünlerine olan talep türetilmiş talep için güzel bir örnektir. Marshall kendi örneğinde, bireylerin ekmeğe olan ihtiyacını *direkt talep*, ancak ekme yapımında kullanılan un değirmeni ve fırına olan ihtiyacı *endirekt talep* olarak ifade etmektedir. Ekme yapımında kullanılan hammaddelere olan talep türetilmiş taleptir.

Tüketicilerin birbirinden farklı ihtiyaçlarını karşılamak üzere talep edilen malların talebi olarak isimlendirilmektedir. Örneğin, binek otomobili hem bireylerin kişisel seyahat ihtiyaçlarını karşılamak için, hem de taksi, dolmuş gibi ticari amaçla kullanılmak için talep edilmektedir. Bu nedenle, binek otomobili talebi bir bakıma karma taleptir.

## **1.2 TALEP FONKSİYONUNU AÇIKLAYAN TEORİK YAKLAŞIMLAR (TALEP TEORİLERİ)**

Hazcılık ilkesine dayanan bir talep yaklaşımı subjektif olmaktan öte bir anlam taşımamaktadır. Halbuki, talep kavramının ekonominin en önemli aktörleri olan firmalar açısından bir anlam ifade edebilmesi ve bu kavramdan yararlanarak stratejiler belirleyebilmesi, talep kavramının objektif olarak ifade edilebilmesine bağlıdır. Bu nedenle ekonomistler, hedonistik talep anlayışının yerine ölçülebilir bir fayda anlayışına dayanan talep yaklaşımları üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Bu çalışmaların ürünü olan talep teorilerini; “*geleneksel talep teorileri*” ve “*çağdaş talep teorileri*” olmak üzere iki bölümde incelemek mümkündür<sup>15</sup>.

Geleneksel teorilerden çağdaş teorilere geçişin anahtarı John Hicks’in deyimiyle “*ekonometrinin 1930’larda başlayan yükselişidir*”<sup>16</sup>. Ekonometrinin yükselişiyle kastedilen yüksek matematiğin ekonomiye katkılarıyla geleneksel teorilerin

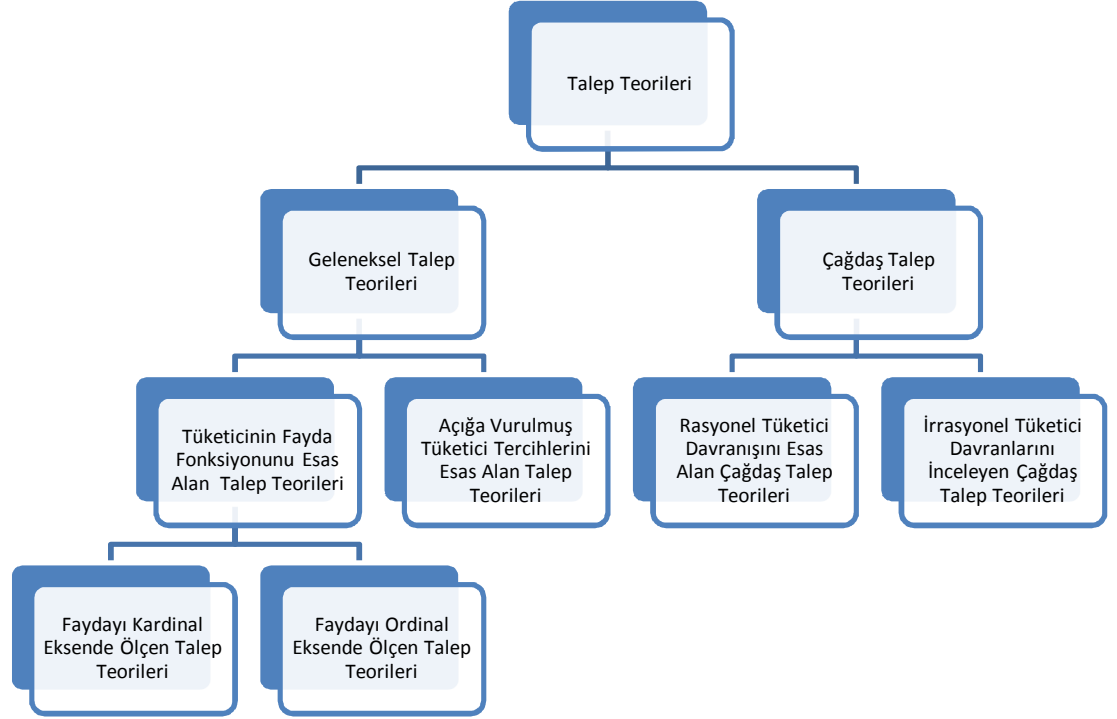
---

<sup>15</sup> Ernur Demir Abaan (1998), *Fayda Teorisi ve Rasyonel Seçimler*, TCMB Yayını, Ankara, ss. 44-86.

<sup>16</sup> John Hicks (1986), *A Revision of Demand Theory*, 2. Baskı, Oxford University Press, Oxford, s. 3.

çağdaşlaşmasını Robert Cooter ve Peter Rappaport ise “*Newton mekaniğinin ekonomi bilimi tarafından asimilasyonu*<sup>17</sup>” sözüyle ifade etmiştir.

Aşağıda Şekil 1.1’de talep teorileri ile ilgili olarak bir sınıflandırma takdim edilmektedir. Bu sınıflandırma yapılırken talep teorilerinin tarihsel gelişim süreci göz önünde bulundurulmuştur. Bunun nedeni, tarihsel süreç içerisinde geliştirilmiş olan çeşitli talep teorilerinin birbirinden farklı yaklaşımların ürünü olmaktan çok, birbirini tamamlayan bir niteliğe sahip olmalarıdır. Teoriler, kendilerinden sonra gelen teorilerin temelini oluşturmuştur. Diğer bir deyişle, yeni teoriler eskilerinin eksik yönlerinin eleştirilmesi ile olgunlaşmışlardır.



**Şekil 1-1 Talep Teorilerinin Tarihsel Gelişimi**

### **1.2.1 Geleneksel Talep Teorileri (Fayda Fonksiyonunu Esas Alan Talep Teorileri)**

Geleneksel talep teorileri 1800’lü yılların son çeyreğinde gelişmeye başlamıştır. Bu dönemde toplumsal değişim hızı ve dolayısıyla tüketici davranış kalıplarındaki

<sup>17</sup> Robert Cooter ve Peter Rappoport (1983), “*Were the Ordinalists Wrong About Welfare Economics?*”, New York University Economic Research Reports, s. 10.

değişimler günümüzle mukayese edilemeyecek kadar düşüktür. Bu nedenle geleneksel talep teorilerini üreten düşünürler, talebin olduğu ortamın koşullarının belirliliği varsayımından hareket ederek teorilerini geliştirmişlerdir. Bu dönemin bir diğer önemli özelliği de, geleneksel talep teorilerini geliştiren ekonomistlerin hemen hepsinin Adam Smith'in *rasyonel tüketici davranışı (homo economicus)*<sup>18</sup> ilkesini benimsemiş olmalarıdır. Dolayısıyla, geleneksel talep teorileri, tüketicilerin satın almak istedikleri mal ve hizmetler konusunda yeterli bilgiye ve bu bilgilerden yararlanacak entelektüel birikime sahip oldukları, bu konudaki bilgi ve yeteneklerini kullanarak bireysel faydalarını maksimize edecek şekilde davranış sergiledikleri varsayımları üzerine inşa edilmiştir.

Talebi etkileyen faktörler göz önünde bulundurulduğunda geleneksel talep teorilerinin iki ayrı koldan geliştiği görülmektedir. Bunlar; tüketicinin fayda fonksiyonunu esas alan talep teorileri ve tüketicinin açığa vurulmuş tercihlerini esas alan talep teorileridir. Her ne kadar bu teorilerin hareket noktaları birbirinden farklı ise de sonuçta eşdeğer bulgulara vardıkları gözlemlenmektedir<sup>19</sup>.

### **1.2.1.1 Tüketicinin fayda fonksiyonunu esas alan talep teorileri**

1800'lü yılların son çeyreğine teorilerin fayda üzerine yoğunlaşmamasının sebebi ekonominin işleyişinin "*değer paradoksu*" ile açıklanmasıdır. Suyun hayat için son derece önemli olmasına rağmen, düşük fiyatlı olmasına karşılık, elmasın tam tersi özelliklere sahip olması ekonomistleri fiyatı üretim maliyeti üzerinden açıklamaya yönlendirmiştir. Bu ezberin bozulması ancak aşağıda bahsedilen Jevons'un fayda üzerinden talebi açıklayan çalışmalarıyla başlayacaktır<sup>20</sup>.

Jevons'un da dahil olduğu İngiltere eksenli ekonomistlere teorilerini geliştirirken ilham kaynağı olan faydacılık (utilitarianism) felsefesini ortaya koyan Jeremy Bentham'a (1748-1832) göre fayda, "ideal koşullarda ağırlık ile eşdeğer ölçülebilir özellikleri ve aynı zamanda miktarı gözlemlenebilir olan zevk<sup>21</sup>"tir. Günümüzdeki

---

<sup>18</sup> Ernur Demir Abaan (1998), *Fayda Teorisi ve Rasyonel Seçimler*, TCMB Yayını, Ankara, s. 76.

<sup>19</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, s. 241.

<sup>20</sup> Robert Cooter ve Peter Rappoport (1983), "*Were the Ordinalists Wrong About Welfare Economics?*", New York University Economic Research Reports, ss. 8-9.

<sup>21</sup> Robert Cooter ve Peter Rappoport (1983), *a.g.e.*, s. 11.

ekonomistlerin bakış açısına göre fayda; “mal ve hizmetlerin insanların ihtiyaçlarını tatmin edebilme özelliğidir<sup>22</sup>”. Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi, bir malın veya hizmetin faydalı sayılabilmesi için, tüketicilerin bu mal veya hizmetin onların ihtiyaçlarını giderebilme özelliğine sahip olduğunu bilmeleri gerekmektedir.

Geleneksel talep teorileri konusunda yaklaşımlar geliştiren düşünürler, öncelikle tüketilen mal ve hizmet miktarı ile bu mal ve hizmetlerden elde edilen fayda arasındaki fonksiyonel ilişkiyi açıklamışlardır. Ardından bireyin fayda fonksiyonu olarak isimlendirdikleri bu fonksiyonel ilişkiden bireyin talep fonksiyonunu türetmişlerdir. Piyasa talep fonksiyonunu ise, bireylerin standart bir davranış sergiledikleri varsayımından hareket ederek piyasadaki bireylerin talep fonksiyonlarının toplamı olarak tanımlamışlardır.

Geleneksel talep teorileri incelendiğinde, bu konuda çalışan ekonomistlerin, faydanın ölçülmesi konusunda iki aşama geçirdikleri gözlenmektedir. Bunlardan Marshall, Jevons ve Walras’ın öncülüğünü yaptığı birinci aşamanın düşünürleri, talebi kardinal ekseninde ölçülebilir bir fayda fonksiyonu ile açıklamışlardır. Edgeworth, Pareto, Hicks ve Allen’den oluşan ikinci aşamayı oluşturan gelenekselciler ise, birinci grubun faydanın kardinal ekseninde ölçülebilir olduğu varsayımını çok kısıtlayıcı olduğundan dolayı gerçekçi bulmamışlardır. Çünkü mal ve hizmetler arasında tamamlayıcılık ve ikame özelliği söz konusu olduğu için, bu mal ve hizmetlerden elde edilen faydaları birbirinden bağımsız kabul etmek mümkün değildir. Dolayısıyla çeşitli mallardan ve hizmetlerden elde edilen faydaları, kardinal ekseninde toplayarak bir fayda fonksiyonuna ulaşmak gerçekle bağdaşmaz. Bu koşullar altında mal ve hizmetlerden elde edilen faydaları toplamak yerine, mal ve hizmet sepetlerinden elde edilen faydaların kıyaslanmasının daha gerçekçi olacağı anlaşılmıştır. Nitekim faydayı ordinal ekseninde ölçmeyi tercih eden ikinci grup gelenekselci ekonomistler, bu düşüncenin etkisi altında kalarak teorilerini geliştirmişlerdir<sup>23</sup>.

Ordinalcilerin kardinalci ekonomistlerden farklı düşündüğü ikinci önemli nokta ise, faydayı bireylerarası karşılaştırılabilir bir olgu olarak görmemeleridir<sup>24</sup>. Dolayısıyla

---

<sup>22</sup> İlker Birdal (1986), *İşletme Ekonomisi*, 1. Baskı, Çağlayan Yayınevi, İstanbul, s. 21.

<sup>23</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, ss. 14-17.

<sup>24</sup> Robert Cooter ve Peter Rappoport (1983), “*Were the Ordinalists Wrong About Welfare Economics?*”, New York University Economic Research Reports, s. 1.

benzer karakteristikteki bireylerin eş fayda fonksiyonuna sahip olduğu görüşünü de reddetmektedirler<sup>25</sup>. Ekonomiyi *maddesel refah (material welfare)* bilimi olarak gören ve ampirik bir metodoloji izleyen kardinalcilerin fikirlerinin üzerine pozitivist bir metodoloji ile yaptıkları devrim, bir ilerleme sürecinden ziyade değişim olarak addedilmektedir<sup>26</sup>.

Kardinal ekseninde ölçülebilir fayda kavramı yerine ordinal ölçekte ölçülebilir fayda kavramının ikame edilmesinin nedenini anlayabilmek için öncelikle bu teorilerin esasını oluşturan fayda fonksiyonlarının ölçümlerinde ve kıyaslamalarında kullanılan ölçekleri açıklamak yararlı olacaktır. Fayda gibi psikolojik büyüklüklerin ölçülmesi konusunda bilim adamlarının çoğunlukla referans aldığı çalışma Stanley Smith Stevens'in başyapıtı olan *Handbook of Experimental Psychology* adlı eseridir<sup>27</sup>. Stevens'a göre insan algılarının ölçümünde kullanılan nominal, ordinal, interval ve rasyo olmak üzere dört ölçeklendirme seviyesi vardır<sup>28</sup>. Buradan da anlaşılacağı gibi Stevens insan algılarının kardinal ekseninde ölçülebileceğini kabul etmemektedir. Bu nedenle ordinal fayda tezini savunan ekonomistlerin insan algılarının ölçülmesi konusunda daha bilimsel bir yaklaşım içinde olduklarını ifade etmek mümkündür. Yine de bu durum kardinalci yaklaşımın diğerinden daha az değerli olduğu anlamına gelmez. Hicks'in ifadesiyle "*kardinal özellikler binayı inşa etmede kullanılan bir çeşit iskelelerdir, fakat yine de inşaat tamamlandığında kenara alınmalıdır.*"<sup>29</sup>

Faydanın kardinal ekseninde ölçülebilirliğini ve toplanabilirliğini esas alan ekonomistlerin fayda fonksiyonuna ölçek açısından yaklaşımı en basit haliyle birincisinin faydası "a" birim, ikincisinin faydası "2a" birim olan iki mal veya hizmetin faydaları arasında aşağıda sıralanan ilişkilerle açıklanabilir:

- İkinci mal veya hizmetin faydası birincisinin iki katıdır.

---

<sup>25</sup> Robert Cooter ve Peter Rappoport (1983), *a.g.e.*, s. 6.

<sup>26</sup> Robert Cooter ve Peter Rappoport (1983), *a.g.e.*, ss. 2-3.

<sup>27</sup> Stanley Smith Stevens (1951), *Handbook of Experimental Psychology*, Wiley, ed. S. S. Stevens, New York.

<sup>28</sup> Stanley Smith Stevens (1946), "*On The Theory of Measurement*", Science, Vol. 103, No. 2684, s. 678.

<sup>29</sup> John Hicks (1986), *A Revision of Demand Theory*, 2. Baskı, Oxford University Press, Oxford, s. 9.

- İki mal veya hizmetin aynı anda tüketilmesi durumunda “ $a+2a=3a$ ” birim fayda elde edilir<sup>30</sup>.

Ordinal ölçek, kardinale göre daha az katıdır. Kardinal ölçekte olduğu gibi, ölçülecek parametreye bir büyüklük değeri atanması yerine parametrelerin sıralanması mantığına dayandırılmıştır. Herhangi bir fonksiyonel dönüşüm yapıldığında, bu sıralama değişmez. Bu özelliğe *izotonik* veya *sıra koruyan grup* denir<sup>31</sup>. Sıra koruyan ordinal ölçeğin ekonomistleri ilgilendiren tarafı ise, mal veya hizmetlerden elde edilen faydaların kardinal yaklaşımdaki gibi toplanamayacağı, birbirleriyle aralarında büyüklük bakımından oransal ilişkiler bulunamayacağıdır. Mal veya hizmetlerden elde edilen faydalar ancak aralarında kıyaslanıp sıralanabilirler. Dolayısıyla iki mal veya hizmetten elde edilen faydalar arasında ancak birinin diğerinden daha faydalı olduğu veya eşit faydaya sahip oldukları söylenebilir.

Sıralama ölçeği ile ilgili açıklanması gereken önemli bir özellik de Hicks’in sıklıkla bahsettiği zayıf ve güçlü sıralamadır. Buna göre, bir küme güçlü sıralanmışsa, içindeki her elemanın kendine ait tek bir sırası vardır ve o küme içerisinde aynı sıraya sahip iki eleman söz konusu değildir. Bu sıralama prensibine dayanılarak, aynı küme içerisinde yer alan elemanların her birine ayrı bir sıra numarası verilerek güçlü sıralanmış bir küme oluşturmak mümkündür. Zayıf sıralanmanın söz konusu olduğu kümelerin içinde de güçlü olarak sıralanmış eleman grupları bahis konusu olabilir. Ancak bu güçlü sıralanmış grupların içindeki elemanların arasında bir sıralama yoktur<sup>32</sup>.

#### 1.2.1.1.1 Faydayı kardinal ekseninde ölçen talep teorileri

Kişinin tükettiği mal ve hizmetlerden elde ettiği faydanın ölçülebilirliği varsayımı üzerine kurulan kardinal fayda yaklaşımı, yukarıda da ifade ettiğimiz gibi Walras, Jevons ve Marshall’ın öncülüğündeki ekonomistler tarafından geliştirilmiştir. Shih-Yen Wu ve Jack Pontley “*An Introduction to Modern Theory*” adlı eserinde kardinal fayda fonksiyonunu ilk olarak Jevons’un tanımladığını ve Walras ile Marshall’ın bu

---

<sup>30</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, s. 14.

<sup>31</sup> Stanley Smith Stevens (1946), “*On The Theory of Measurement*”, Science, Vol. 103, No. 2684, s. 679.

<sup>32</sup> John Hicks (1986), *A Revision of Demand Theory*, 2. Baskı, Oxford University Press, Oxford, ss. 19-20.

fonksiyonu aynen kabul ettiğini ifade etmektedir<sup>33</sup>. Adı geçen ekonomistlerin fayda fonksiyonunu tanımlayan kitaplarının yayın tarihlerine baktığımızda bu ifadenin isabetli olduğunu görebiliriz. Jevons 1871 tarihinde yayınlanan “*The Theory of Political Economy*” adlı eserinde, Walras 1874 tarihinde yayınlanan “*Elements of Pure Economics*” adlı eserinde ve Marshall da 1890 yılında yayınlanan “*Principles of Economics*” adlı eserinde kardinal fayda fonksiyonu ile ilgili görüşlerini açıklamışlardır.

Kardinal fayda yaklaşımının öncüsü olan Jevons’a göre; ekonominin işleyişini fayda üzerinden açıklamak en sağlıklı yaklaşımdır<sup>34</sup>. Fayda kavramı ile talebi açıklayan Jevons, bireylerin mal ve hizmetlerden elde ettikleri faydaların ölçülebilir olduğunu ve bireylerin çeşitli mal ve hizmetlerden elde ettikleri faydaların toplanabilir bir niteliğe sahip olduğunu varsaymıştır. Jevonsun bu varsayımlardan hareket ederek geliştirdiği fayda fonksiyonu aşağıda takdim edilmektedir<sup>35</sup>.

$$U = U_1(y_1) + U_2(y_2) + U_3(y_3) + \dots + U_n(y_n) \quad (1.1)$$

U : Toplam fayda

$U_i$  : i’nci mal veya hizmetten elde edilen fayda  $i=1,2,\dots,n$

$Y_i$  : i’nci mal veya hizmet

$y_i$  : i’nci mal veya hizmetin tüketim miktarı.

Jevons yukarıda sunulan fayda fonksiyonunu aşağıdaki varsayımları da içermektedir<sup>36</sup>.

- Bir mal veya hizmetten elde edilen fayda, diğer mal veya hizmetlerden elde edilen faydalardan bağımsızdır.
- Toplam fayda, tüm mal ve hizmetlerden elde edilen faydaların toplamıdır.
- Fayda, kardinal ekseninde ölçülebilir ve toplanabilir bir parametredir.

---

<sup>33</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, s. 15.

<sup>34</sup> Robert Cooter ve Peter Rappoport (1983), “*Were the Ordinalists Wrong About Welfare Economics?*”, New York University Economic Research Reports, s. 9.

<sup>35</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, ss. 13-17.

<sup>36</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, s. 13-17.



Jevons bireylerin tükettikleri mal ve hizmetlerin miktarı arttıkça o mal ve hizmetlerden elde edilen toplam faydanın artacağı, buna karşılık tükettiği ilave her birimden elde ettiği faydanın giderek azalacağı tezini de savunmuştur. Bu konudaki görüşünü matematiksel olarak yukarıda sunulan fayda fonksiyonunun birinci ve ikinci dereceden türevleri ile açıklamıştır.

$$\frac{dU_i}{dy_i} > 0, \quad \frac{d^2U_i}{dy_i^2} < 0, \quad i = 1, \dots, n. \quad (1.2)$$

Burada fayda fonksiyonunun birinci dereceden türevinin pozitif olması toplam faydanın giderek arttığını, buna karşılık ikinci dereceden türevinin negatif olması ise ilave tüketimden elde edilen faydanın giderek azaldığını göstermektedir. Buna da *marjinal fayda* adı verilmektedir<sup>37</sup>. Jevons *marjinal fayda* ile ilgili çalışmasında; bireylerin tüketim tercihlerini mal veya hizmetlerin marjinal faydalarının fiyatlarına oranının eşit olduğu noktada yaptığını hesaplayarak, fiyatın toplam faydadan çok, son birimin tüketiminden elde edilecek fayda ile ilintili olduğunu ortaya koymuştur. Jevons'un bu katkısı aynı zamanda değer paradoksuna da bir açıklama getirmiştir<sup>38</sup>.

Kardinal fayda konusunda çalışan bir diğer ekonomist Walras'tır. Walras tüketicilerin standart bir davranış sergilemediklerini düşünmekle birlikte, talebin ölçülebilir olması gerektiğini göz önünde bulundurmıştır. "*Elements of Pure Economics*" adlı eserinde tanımladığı fayda fonksiyonu da Jevons'un fayda fonksiyonu ile birebir aynıdır<sup>39</sup>.

Kardinal fayda yaklaşımı ile özdeşleştirilmiş olan Alfred Marshall da Walras gibi bireylerin standart bir davranışa sahip olmadıkları görüşünü benimsemekle, birlikte bunların ortak davranışlarını ifade eden bir fayda fonksiyonu belirlemenin mümkün olduğu görüşünü savunmuştur. Marshall'ın da "*Principles of Economics*" adlı eserinde tanımlamış olduğu fayda fonksiyonu da Walras'ın fayda fonksiyonu gibi

---

<sup>37</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, s. 13-17.

<sup>38</sup> Robert Cooter ve Peter Rappoport (1983), "*Were the Ordinalists Wrong About Welfare Economics?*", New York University Economic Research Reports, s. 9.

<sup>39</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, ss. 13-17.

Jevons'la birebir örtüşmektedir<sup>40</sup>. n adet mal veya hizmetten oluşan mal uzayına ait Marshall'ın fayda fonksiyonu aşağıda sunulmaktadır<sup>41</sup>.

$$U = U_1(y_1) + U_2(y_2) + U_3(y_3) + \dots + U_n(y_n) \quad (1.3)$$

$$U_i(y_i) > 0, y_i > 0, i=1, \dots, n$$

U : Toplam fayda

$U_i$  : i'nci mal veya hizmetten elde edilen fayda  $i=1,2, \dots, n$

$Y_i$  : i'nci mal veya hizmet

$y_i$  : i'nci mal veya hizmetin tüketim miktarı.

Marshall bireyin bütçe denkleminde yararlanarak fayda fonksiyonundan bireyin talep fonksiyonuna ulaşmıştır. Tüketici gelirin  $M_0$ 'a eşit olduğu ve yukarıdaki fonksiyonda belirtilen n adet mal veya hizmetin fiyatlarının  $P_1, \dots, P_n$  olarak kabul edilmesi halinde oluşacak tüketicinin bütçe denklemi aşağıdaki şekilde edilmektedir<sup>42</sup>.

$$P_1 y_1 + P_2 y_2 + \dots + P_n y_n = M_0 \quad (1.4)$$

Marshall bireyin tasarruf yapmadığı, tüm gelirini tüketimi için harcadığını varsaymaktadır. Birey bu gelirini harcarken tüketilecek mal veya hizmetlerin marjinal faydalarının fiyatlarına oranının eşit olduğu noktada tercihini belirleyecek, böylece faydasını maksimum yapacaktır. Matematiksel olarak ifade edecek olursak, bireyin fayda fonksiyonunun ilgili mal veya hizmetlere göre birinci dereceden türevlerinin o mal veya hizmetlerin fiyatlarına oranının birbirine eşitlendiği noktada, fayda maksimum olmaktadır<sup>43</sup>.

$$\frac{\frac{\delta U}{\delta y_1}}{P_1} = \frac{\delta U}{\delta y_2} = \dots = \frac{\delta U}{\delta y_n} \quad (1.5)$$

Marshall bütçe denklemi ve yukarıdaki eşitliğin faydayı neden maksimum yaptığını iki çeşit mal veya hizmet için matematiksel olarak ispatlamış, daha sonra bu

---

<sup>40</sup> Alfred Marshall (1890), *Principles of Economics*, Macmillan and Co, Londra, ss. 61-65.

<sup>41</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, s. 36.

<sup>42</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, s. 36.

<sup>43</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, ss. 36-37.

bulgusunu n çeşit mal veya hizmet için genelleştirmiştir. Marshall'a göre n=2 olduğunda, fayda fonksiyonu ve bütçe eşitliği aşağıdaki hale gelmektedir<sup>44</sup>.

$$U = U_1(y_1) + U_2(y_2) \quad (1.6)$$

$$P_1y_1 + P_2y_2 = M_0 \quad (1.7)$$

Marshall aşağıda da görüldüğü gibi, bu iki fonksiyonun birinci dereceden türevini 0'a eşitleyerek, her iki malın tüketiminden elde edilecek faydayı maksimum hale getirmiştir.

$$\frac{\delta U}{\delta y_1} dy_1 + \frac{\delta U}{\delta y_2} dy_2 = 0 \quad (1.8)$$

$$P_1 dy_1 + P_2 dy_2 = 0 \quad (1.9)$$

Marshall marjinal fayda ve fiyat arasındaki ilişkiye ulaşabilmek için iki fonksiyonu da aşağıdaki gibi düzenlemiştir.

$$\frac{\frac{\delta U}{\delta y_1}}{\frac{\delta U}{\delta y_2}} = - \frac{dy_2}{dy_1} \quad (1.10)$$

$$- \frac{dy_2}{dy_1} = \frac{P_1}{P_2} \quad (1.11)$$

Marshall yukarıdaki iki eşitliği birleştirerek aşağıda görülen marjinal faydalarının birbirine oranının fiyatların birbirine oranına eşit olduğunu ortaya koymuştur<sup>45</sup>.

$$\frac{\frac{\delta U}{\delta y_1}}{\frac{\delta U}{\delta y_2}} = \frac{P_1}{P_2} \quad (1.12)$$

Bu eşitliğin de tekrar düzenlemesi ile aşağıda belirtilen iki adet mal veya hizmete ait faydayı maksimum yapan iki fonksiyondan birincisine ulaşılmıştır. İkinci fonksiyon da bütçe eşitliğidir. Buna göre faydayı maksimum yapan her iki fonksiyon aşağıda takdim edilmektedir.

$$\frac{\frac{\delta U}{\delta y_1}}{P_1} = \frac{\frac{\delta U}{\delta y_2}}{P_2} \quad (1.13)$$

$$P_1y_1 + P_2y_2 = M_0 \quad (1.14)$$

---

<sup>44</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, s. 24.

<sup>45</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, ss. 24-25.

Marshall,  $Y_2$  malının fiyatını sabit tutup  $Y_1$  malının fiyat seviyesini değiştirerek  $Y_1$  malının talep fonksiyonunu türetmiştir. Marshall'ın teorisinde bir mal veya hizmetin marjinal faydası, diğer mal veya hizmetlerin marjinal faydalarından bağımsız olduğu için,  $Y_1$  malının fiyatı değiştiğinde  $Y_2$  malının marjinal faydası değişmeyecektir.  $P_1$  fiyatındaki bir düşüş 1.13 eşitliğinde ifade edilen tüketim dengesinin bozulmasına sebep olacaktır. Bu koşullar altında tüketim dengesinin tekrar sağlanması için,  $Y_1$  malının tüketim miktarı artmalı ve dolayısıyla  $Y_1$  malının marjinal faydası azalmalıdır. Marshall'a göre bütçe eşitliği de gözetilerek,  $Y_1$ 'in tüketim miktarı  $\frac{\delta U}{\delta y_1} = \frac{\delta U}{\delta y_2} \frac{P_2}{P_1}$  eşitliği sağlanana kadar artacak ve bu eşitliğin sağlandığı noktada, yeni tüketim dengesi kurulacaktır. Bu açıklamadan da anlaşılacağı gibi, mal veya hizmetlerin çeşitli fiyat düzeylerine karşılık gelen tüketim miktarları tespit edilerek, bunların oluşturduğu talep eğrisine ve dolayısıyla bireyin talep fonksiyonuna ulaşılabilecektir<sup>46</sup>.

Marshall 1.13 ve 1.14'deki eşitlikleri, iki mal veya hizmet yerine n sayıdaki mal veya hizmete göre yeniden düzenleyerek bireyin talep fonksiyonunu genelleştirmiştir<sup>47</sup>. Kardinal fayda yaklaşımından hareket ederek bireyin talep fonksiyonunu tanımlayan Marshall, faydayı kardinal ekseninde ölçen talep teorisini nihai haline getirmiştir. Marshall'ın kardinalist talep analizinin sonuçlarını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür<sup>48</sup>.

- Bireyin tek bir mal veya hizmet için talep eğrisi negatif bir eğime sahiptir,
- Bir mal veya hizmetin marjinal faydasında artış olursa, o mal veya hizmetin tüketim miktarı artacaktır,
- Tüketici gelirinde oluşacak bir artış, bireyin tükettiği bütün mal veya hizmetlerin tüketim miktarını arttıracaktır.

Ekonomistlerin Marshall'ın talep yasası olarak isimlendirdikleri, “herhangi bir malın fiyatıyla talebi arasında negatif ilişki olduğu”nu vurgulayan kuralı, aslında onun geliştirdiği talep fonksiyonunun esasını teşkil etmektedir<sup>49</sup>. Bunun yanında Marshall,

---

<sup>46</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, ss. 25-25.

<sup>47</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, ss. 35-36.

<sup>48</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, s. 37.

<sup>49</sup> Alfred Marshall (1890), *Principles of Economics*, Macmillan and Co, Londra, ss. 64.

tüketici gelirin de bireyin talebi üzerinde etkili olduğunu da dikkate almıştır. Ayrıca Marshall, tüketicilerin zevklerinin değişmesi halinde, tüketim kararlarını gözden geçireceklerini ve faydayı maksimum yapacak bir başka talep miktarını tercih edecekleri tezini de savunmuştur<sup>50</sup>. Bu verilere göre Marshall'ın tanımladığı talep fonksiyonunu aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür.

$$Q_a = f(P_a, I_n, T) \quad (1.15)$$

$Q_a$  : a malının talebi

$P_a$  : a malının fiyatı

$I_n$  : bireyin geliri

$T$  : tüketicinin zevki

Bazı ekonomistler, tüketicilerin gelirlerinin ve zevklerinin veri olduğunu varsayarak, Marshall'ın talep fonksiyonunu aşağıdaki belirtildiği gibi ifade etmektedirler<sup>51</sup>.

$$Q_a = f(P_a) \quad (1.16)$$

#### 1.2.1.1.2 Faydayı ordinal ekseninde ölçen talep teorileri

Ordinalist ekole mensup ekonomistler tüketicinin fayda fonksiyonu konusunda kardinalistlerden farklı bir yaklaşıma sahiptirler. Bunlara göre bir mal veya hizmetten elde edilen fayda diğer mal veya hizmetlerden elde edilen faydalardan bağımsız değildir. Çünkü bir mal veya hizmetten elde edilen fayda o malın tamamlayıcısı veya ikamesi olan mal veya hizmetten elde edilen faydaya da bağımlıdır. Bir mal veya hizmetin tamamlayıcısı veya ikamesi olan mal veya hizmetlerin tüketim miktarları değiştiğinde, o mal veya hizmete duyulan ihtiyaç değişecektir. Dolayısıyla, bu mal veya hizmetten elde edilen fayda da değişecektir<sup>52</sup>.

Robert Cooter ve Peter Rappoport'a göre, ordinalistler bireyler arası fayda fonksiyonunu eşdeğer olarak kabul etmemeleri nedeniyle de kardinalistlerden

---

<sup>50</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, ss. 19-40.

<sup>51</sup> Sencer Divitçioğlu (1982), *Mikro İktisat*, 6. Baskı, Sermet Matbaası, İstanbul, s. 41.

<sup>52</sup> Robert Cooter ve Peter Rappoport (1983), "*Were the Ordinalists Wrong About Welfare Economics?*", New York University Economic Research Reports, ss. 1-2.

ayrılmaktadırlar<sup>53</sup>. Yine adı geçen yazarlara göre kardinalistlerin talebi ampirik bir metodolojiyle ele almalarına karşın, ordinalistler taleple ilgili yaklaşımlarında pozitivist bir metodoloji kullanmışlardır<sup>54</sup>.

“Tüketicinin Fayda Fonksiyonunu Esas Alan Talep Teorileri” başlığı altında sunduğumuz metinden de anlaşılacağı gibi, ekonomistler ordinalistlerin fayda fonksiyonu yaklaşımını daha gerçekçi kabul etmektedirler<sup>55</sup>.

Ordinalist ekolün öncülerinden olan Francis Ysidro Edgeworth Jevons’un çalışmalarından da etkilenerek faydanın ölçümünü “*tercihler arasındaki algılanabilir farklılıklar*” olarak ifade etmiştir<sup>56</sup>. Edgeworth’un bu tanımdan hareket ederek geliştirdiği fayda fonksiyonu ise aşağıda takdim edilmektedir.

$$U = \varphi(y_1, \dots, y_n) \quad (1.17)$$

U : Toplam fayda

$Y_i$  : i’nci mal veya hizmet  $i=1,2,\dots,n$

$y_i$  : i’nci mal veya hizmetin tüketim miktarı  $i=1,2,\dots,n$

Bu fonksiyona göre mal veya hizmetlerden elde edilen faydalar birbirinden bağımsız olmadığına göre, bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Çünkü bir mal veya hizmetin tamamlayıcısı veya ikamesi olan mal veya hizmetler de söz konusudur. Dolayısıyla, bir mal veya hizmetin ikamesi olan mal veya hizmetler ile tamamlayıcısı olan mal veya hizmetlerin tüketim miktarındaki değişiklik, o mal veya hizmetten elde edilen faydayı da etkilemektedir. Edgeworth’un bu yaklaşımının bir sonucu olan marjinal fayda analizi de aşağıda takdim edilmektedir. Aşağıdaki matematiksel ifadeden de anlaşılacağı gibi,  $Y_i$  ve  $Y_j$  mallarının birbirinin ikamesi veya tamamlayıcısı olmalarına göre marjinal fayda ( $\varphi_{ij}$ ) pozitif veya negatif değerler alabilmektedir<sup>57</sup>.

---

<sup>53</sup> Robert Cooter ve Peter Rappoport (1983), *a.g.e.*, ss. 1-2.

<sup>54</sup> Robert Cooter ve Peter Rappoport (1983), *a.g.e.*, s. 2.

<sup>55</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, ss. 41-42.

<sup>56</sup> Francis Ysidro Edgeworth (1881), *Mathematical Phycsis*, 1. Baskı, C Kegan Paul & Co, Londra, ss. 7-9, 60.

<sup>57</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, s. 15.

$$\frac{dU_i}{dy_i} > 0, \quad \varphi_{ij} = \frac{d^2U_i}{dy_i dy_j} \begin{matrix} < \\ = \\ > \end{matrix} 0 \quad i, j = 1, \dots, n. \quad (1.18)$$

Edgeworth bireylerin çeşitli mal ve hizmetlerden elde ettikleri faydaların birbirinden bağımsız ve toplanabilir olduğunu reddetmesine rağmen, bu faydaların kardinal ekseninde ölçülebilirliğine karşı çıkmamıştır<sup>58</sup>. Bu konudaki görüşünü daha açık ifade edecek olursak, Edgeworth kardinalistlerin mal veya hizmetlerin faydalarını toplayarak oluşturdukları fayda fonksiyonu yerine, içinde ikame ve tamamlayıcı mal veya hizmetlerin de bulunduğu bir mal veya hizmet sepetinin faydasını ölçen bir fonksiyon geliştirmiştir.

Ordinal fayda yaklaşımına katkı sunan önemli ekonomistlerden bir diğeri de Irving Fisher'dır. Fisher "*Mathematical Investigations in the Theory of Value and Prices*" adlı eserinde özet olarak; faydalara sayısal büyüklük vermenin gereksiz olduğunu, buna karşılık bir bireyin bir veya hizmetten elde ettiği faydayı bir başka bireyin aynı mal veya hizmetten elde ettiği fayda ile karşılaştırmanın mümkün olduğunu ve belirli bir dönemde bireylerin tükettikleri mal veya hizmet kombinasyonunun marjinal faydalarının da birbirleriyle karşılaştırılabilir olduğunu ifade etmektedir. Buna rağmen adı geçen düşünür, toplam fayda ve kazancın kümülatif ifadesinin pek doğru bir yaklaşım olmadığı, ayrıca arz ve talebe dayanan piyasa dengesini açıklamak için buna gerek bulunmadığı tezini de savunmuştur<sup>59</sup>.

Ordinalist ekolün öncüsü olarak benimsenen Pareto'ya göre, kardinalist ekonomistler faydayı mal veya hizmetlerin bireylerin ihtiyaçlarını giderme özelliği olarak algılamışlardır. Bu fayda anlayışına göre "*bireyin, toplumun veya insan ırkının gelişmesine ve refahının artışına katkı sağlayan*" mal veya hizmetlerin faydası vardır<sup>60</sup>. Pareto, fayda kelimesinin içeriğinde yer alan "*sosyal yarar*" ve "*arzu*" parametrelerini birbirinden ayırıp daha gerçekçi bir talep modeli geliştirmek istemiştir. Bunu gerçekleştirmek amacıyla "*ophelimity*" adını verdiği bir indeks tanımlamış ve bu indeks yardımıyla subjektif faktörlerden arındırılmış bir talep modeli geliştirmiştir. Fayda ve "*ophelimity*" arasındaki farkı, tadı kötü bir ilacın

<sup>58</sup> Francis Ysidro Edgeworth (1881), *Mathematical Physcis*, 1. Baskı, C Kegan Paul & Co, Londra, s. 20.

<sup>59</sup> Irving Fisher (1961), *Mathematical Investigations in the Theory of Value and Price*, 1982 orijinal nüshansından tıpkıbasım, A M Keller, New York, s. 89.

<sup>60</sup> Robert Cooter ve Peter Rappoport (1983), "*Were the Ordinalists Wrong About Welfare Economics?*", New York University Economic Research Reports, s. 22.

hasta çocuklara fayda sağlayacağı, fakat çocuklar için “*ophelimity*”sinin olmayacağı örneğiyle ile açıklamıştır. Tüketicilerin tercih sıralaması olarak da ifade edilebilecek bu fayda indeksi, aşağıda matematiksel olarak ifade edildiği gibi, azalmayan monotonik doğrusal dönüşümlerde ve bu doğrusal dönüşümlerin birinci dereceden türevlerinde tercih sırasını koruyan bir yapıya sahiptir. Pareto’nun azalmayan doğrusal dönüşümlerde sıralamayı koruyan bu indeksi günümüzdeki ordinal fayda anlayışıdır. İndeksin marjinal faydayı ifade eden birinci dereceden türevinin azalmayan doğrusal dönüşümlerde pozitif veya negatif işaretini koruyan yapısı, ekonomistlerin daha önce yaptıkları marjinal fayda analizlerine de bir yenilik getirmiştir<sup>61</sup>.

Vilfredo Pareto, Edgeworth’den farklı olarak faydanın kardinal eksende ölçülebilirliğini ve toplanabilirliğini reddetmiştir. Kardinal eksen konusunda Pareto, John Hicks ve Roy George Douglas Allen aynı görüşe sahiptir. Bu bakış açısına göre, mal veya hizmetlerin faydaları sadece gruplandırılarak karşılaştırılabilir. Aşağıda  $y^0$  ve  $y^1$  olarak adlandırılan iki mal veya hizmet sepeti takdim edilmektedir<sup>62</sup>.

$$y^0 = \{y_1^0, \dots, y_n^0\} \text{ ve } y^1 = \{y_1^1, \dots, y_n^1\} \quad (1.19)$$

$y_i^j$  : j sepeti içindeki i malının tüketim miktarı.  $i=1, \dots, n$   $j=0,1$ .

$y^0$  ve  $y^1$  arasında aşağıdaki üç koşuldan sadece birisi geçerlidir:

- $y^0$ ,  $y^1$ ’e göre daha çok tercih edilir,
- $y^1$ ,  $y^0$ ’e göre daha çok tercih edilir,
- $y^0$  ve  $y^1$  arasında tercih açısından kayıtsızlık söz konusudur.

Pareto’ya göre, bu tercih sıralaması aşağıda belirtilen  $\varphi$  fayda indeksinde de geçerlidir.

- $y^0$ ,  $y^1$ ’e göre daha çok tercih ediliyorsa,  $\varphi(y^0) > \varphi(y^1)$  ’dir,
- $y^1$ ,  $y^0$ ’e göre daha çok tercih ediliyorsa,  $\varphi(y^1) > \varphi(y^0)$  ’dir,
- $y^1$  ve  $y^0$  arasında tercih açısından kayıtsızlık söz konusu ise  $\varphi(y^1) = \varphi(y^0)$  ’dir.

---

<sup>61</sup> Ivan Moscati (2013), “*How Cardinal Utility Entered Economic Analysis*”, European Journal of the History of Economic Thought, Chope Working Paper No. 2013-09, ss. 3-4.

<sup>62</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, s. 16



Tercih sıralamasını sayısal bir örnekle ifade edecek olursak;  $\varphi(y^0) = 10$  birim fayda ve  $\varphi(y^1) = 5$  birim fayda olduğu varsaydığımız takdirde,  $y^0$   $y^1$ 'e göre daha çok tercih edilir. Ancak, bu  $y^0$ 'ın  $y^1$ 'e göre iki kat fazla tercih edildiği anlamına gelmez. Çünkü Pareto'ya göre fayda kardinal olarak toplanabilir değildir<sup>63</sup>.

Pareto'nun yaklaşımına göre tek bir fayda fonksiyonu söz konusu değildir. Bu nedenle  $\varphi$ 'nın azalmayan monotonik dönüşümü ile elde edilen herhangi bir  $\psi$  fayda indeksi,  $\varphi$  fayda fonksiyonunun  $y^0$  ve  $y^1$  mal sepetleri üzerindeki sıralamasını birebir koruyacaktır<sup>64</sup>.

Pareto'nun faydanın kantitatif olarak ölçülemeyeceğini ortaya koymasının ardından ordinalist teoriyi olgunlaştıran John Hicks'tir. Hicks'in sınıflandırmasına göre geleneksel talep teorisi dört ayırt edilebilir aşamadan geçerek olgunlaşmıştır<sup>65</sup>. Jevons'un başlattığı, Walras'ın katkı sunduğu ve Marshall'ın olgunlaştırdığı kardinalist yaklaşım birinci aşamayı oluşturmaktadır. Pareto'nun "*Manuel D'economie Politique*" adlı yapıtında ortaya koyduğu ordinalist yaklaşım ikinci aşamayı meydana getirmektedir. Hicks'in 1939 yılında yazdığı isimli eserinde yer alan talep teorisi ise üçüncü aşamayı oluşturmaktadır. Hicks'e göre 1900'lü yılların ortalarından itibaren ekonometri biliminin yükselişi ile birlikte ve bu bilim dalının katkısıyla talep konusunda yapılan çalışmalar ise dördüncü aşamayı oluşturmaktadır. Hicks 1956 yılında yayınladığı "*A Revision of Modern Demand Theory*" adlı eserinde talep teorisine ekonometrik ve matematiksel yaklaşımı nedeniyle dördüncü aşamayı başlatan kişi olarak Samuelson'u kabul etmekte ve bundan böyle talep teorisinin ekonometrik ekseninde gelişme kaydedeceğini öngörmektedir. Nitekim talep teorisi Hicks'in de öngördüğü gibi, ekonometrik modellere dayalı olarak gelişme kaydetmiştir.

Faydanın kardinal ekseninde toplanamayacağı tezini savunan Pareto, kardinal fayda kavramı yerine, fayda indeksi fonksiyonunu tanımlayarak Hicks'in sınıflandırmasında yer alan talep teorisinin ikinci aşamasını başlatan kişi olmuştur. Ancak Hicks'e göre, fayda indeks fonksiyonu devrim niteliğinde bir yaklaşım

---

<sup>63</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, s. 16.

<sup>64</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, s. 16.

<sup>65</sup> John Hicks (1986), *A Revision of Demand Theory*, 2. Baskı, Oxford University Press, Oxford, ss. 1-4.

olmasına rağmen, Pareto talep teorisinin fayda indeksi fonksiyonuna göre yeniden yapılandırılmasını tam olarak gerçekleştirememiştir. Pareto'dan sonra Sir Allen, William Ernest Johnson ve Eugen Slutsky gibi bir takım yazarlar ordinalist teoriye katkı sunmuşlardır. Ancak ordinalist yaklaşımı asıl geliştiren kişi John Hicks olmuştur. Özellikle John Hicks Sir Allen'in da katkısıyla ordinalist talep yaklaşımını matematiksel bir model haline getirmiştir. Hicks, 1936 yılında Allen'la birlikte yazdığı "*A Reconsideration of the Theory of Value*" adlı makaleden yararlanarak geliştirdiği yaklaşımı talep teorisinin üçüncü aşaması olarak kabul etmektedir<sup>66</sup>.

Hicks ve Allen'in çalışmalarında benimsediği, Edgeworth ve Pareto'nun oluşturduğu fayda fonksiyonu aşağıda takdim edilmektedir<sup>67</sup>.

$$u = \varphi(x,y,z,\dots) \quad (1.20)$$

u : toplam fayda

X,Y,Z,... : mal veya hizmetler

x,y,z,... : mal veya hizmetlerin tüketim miktarları

Pareto ve Edgeworth'a göre yukarıdaki fonksiyonun diferansiyeli  $(\frac{\delta^2 u}{\delta x \delta y})$  pozitif ise X ve Y simgeleriyle ifade edilen mal veya hizmetler birbirinin tamamlayıcısı mal veya hizmetlerdir. Buna karşılık, söz konusu fonksiyonun diferansiyeli negatif ise bu mal veya hizmetler birbirinin yerine ikame edilebilir mal veya hizmetlerdir. Bu ilişkiye göre birbirinin tamamlayıcısı olan iki mal veya hizmetten birinin tüketim miktarı artınca diğerinin marjinal faydası artar. Buna karşılık, birbirinin ikamesi olan iki mal veya hizmetten birinin tüketim miktarı artınca diğerinin marjinal faydası azalır<sup>68</sup>.

Hicks, Pareto ve Edgeworth'un yukarıda ifade edilen (1.20) fayda fonksiyonunu faydaların büyüklüğünü ifade eden bir fonksiyon olmadığını, buna karşılık çeşitli mal veya hizmet sepetlerinin faydalarını karşılaştıran bir indeks fonksiyonu olduğu tezini öne sürmüştür. Buna göre, indeks fonksiyonunun diferansiyelinin  $(\frac{\delta^2 u}{\delta x \delta y})$

---

<sup>66</sup> John Hicks ve R.G.D. Allen (1934), "*A Reconsideration of the Theory of Value Part I*", *Econometrica*, New Series, Vol. 1, No. 1, ss. 52-55.

<sup>67</sup> John Hicks ve R.G.D. Allen (1934), "*A Reconsideration of the Theory of Value Part II. A Mathematical Theory of Individual Demand Functions*", *Econometrica*, New Series, Vol. 1, No. 2, s. 196.

<sup>68</sup> John Hicks ve R.G.D. Allen (1934), *a.g.e.*, s. 196.

büyükliğünden, daha açık olarak ifade edecek olursak bu diferansiyelin negatif veya pozitif olmasından bahsetmek mümkün değildir. Hicks ve Allen, (1.21)'de ifade edilen fayda fonksiyonu indeksini kayıtsızlık denkleminin diferansiyelinin integrali olarak tanımlamak suretiyle Edgeworth ve Pareto'nun teorilerindeki bu hatalı yaklaşımı düzeltmişlerdir.

$$\Phi_x dx + \Phi_y dy + \Phi_z dz + \dots = 0 \quad (1.21)$$

Bu denklemde  $\Phi_x, \Phi_y, \Phi_z, \dots$  sadece rasyo olarak belirlenen marjinal fayda fonksiyonlarıdır. Eğer  $u = \varphi(x,y,z,\dots)$  fonksiyonunun integrali alınabilir ise ve aynı zamanda  $\Phi_x, \Phi_y, \Phi_z, \dots$  fonksiyonları bu fonksiyonun kısmi türevleri ise, genel fayda indeks fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade etmek mümkün olacaktır.

$$u = F \{ \varphi(x,y,z,\dots) \} \quad (1.22)$$

Yukarıdaki fonksiyonda (F) simgesi pozitif türevi olan herhangi bir fonksiyonu ifade etmektedir ve indeks fonksiyonunun kısmi türevleri ise aşağıdaki takdim edilmektedir.

$$\frac{\delta u}{\delta x} = F'(\Phi) \cdot \Phi_x \quad (1.23)$$

$$\frac{\delta u}{\delta y} = F'(\Phi) \cdot \Phi_y \quad (1.24)$$

$$\frac{\delta u}{\delta z} = F'(\Phi) \cdot \Phi_z \quad (1.25)$$

Yukarıda sıralanan ve  $(\Phi_x, \Phi_y, \Phi_z, \dots)$  olarak ifade edilen kısmi türevlerin işaretleri birbirinin aynıdır ve oranları belirlidir. Buna karşılık, (1.26)'da ifade edildiği gibi yukarıdaki indeks fonksiyonunun ikinci dereeden türevlerinin işaretleri belli değildir. Ayrıca bunların işaretlerinin pozitif veya negatif olması ise seçilecek fonksiyonun niteliğine bağlıdır.

$$\frac{\delta^2 u}{\delta x \delta y} = F'(\Phi) \cdot \Phi_{xy} + F''(\Phi) \cdot \Phi_x \cdot \Phi_y \quad (1.26)$$

Hicks, yukarıda da ifade edildiği gibi faydanın sayısal olarak tanımlanamayacağı düşüncesinden yola çıkarak marjinal faydanın da sayısal olarak tanımlanamayacağını ifade etmiştir. Ayrıca, talep teorisinin sayısal marjinal fayda tanımlamasına ihtiyacı olmadığını da belirtmiştir. Hicks'e göre talep teorisi için gerekli olan marjinal fayda yerine X,Y,Z,... mal veya hizmet uzayı içerisinde yer alan mal veya hizmetlerin karşılıklı marjinal ikame hadleridir. Y mal veya hizmetinin X mal veya hizmetine

göre *marjinal ikame haddi* bir birim X mal veya hizmetinin azalması durumunda onun yerini alacak Y mal veya hizmetinin miktarıdır. Marjinal ikame haddi aynı zamanda X mal veya hizmetinin marjinal faydasının Y mal veya hizmetinin marjinal faydasına oranıdır. Bu yüzden göreceli marjinal fayda olarak da adlandırılmıştır<sup>69</sup>.

Hicks marjinal ikame haddi tanımlamasının ardından azalan marjinal fayda prensibini artan marjinal ikame haddi prensibi olarak revize etmiştir. Bu prensibe göre, X,Y,Z,... mal veya hizmet uzayında bir birim X mal veya hizmetini  $y_0$  düzeyinde mal veya hizmetle ikame ettiğimizi farzedelim. Bir birim X mal veya hizmetini  $y_0$  miktarında Y mal veya hizmeti ile ikame ettikten sonra ikinci bir birim X'i  $y_1$  miktarında Y mal veya hizmeti ile ikame ettiğimiz takdirde,  $y_1$  miktarı  $y_0$  miktarından fazla olacaktır. Diğer bir deyişle, X mal veya hizmetini Y mal veya hizmeti ile ikame etmeye devam ettiğimiz takdirde, Y'nin X'e göre marjinal ikame haddi artacaktır<sup>70</sup>.

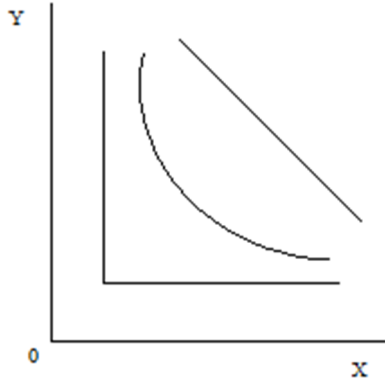
Hicks iki mal veya hizmet arasındaki kayıtsızlık eğrisini Pareto ve Edgeworth gibi azalan marjinal fayda prensibine göre değil, artan marjinal ikame haddi prensibine göre tanımlamıştır. Hicks'e göre kayıtsızlık eğrilerinin iki önemli koşulu vardır. Birincisi kayıtsızlık eğrisinin negatif eğimli olması, ikincisi de orijine göre dışbükey olmasıdır. Artan marjinal ikame haddi prensibine göre X ve Y mal veya hizmetleri arasındaki kayıtsızlık eğrilerinin dışbükeylik seviyesi bu malların ikame veya tamamlayıcı mal veya hizmet olma durumuna göre farklılık göstermektedir. Aşağıda Grafik 1.1'de kayıtsızlık eğrilerinin alabileceği şekiller görülmektedir. Bu grafikte düz çizgi X ve Y mal ve hizmetleri arasında tam ikame olma durumunu, birbirini dik kesen iki çizgi ise bu veya hizmetlerin birbirini mükemmelce tamamlama durumunu, eğri de tam ikamelik ve tam tamamlayıcılık arasında yer alan diğer kayıtsızlık koşullarını göstermektedir<sup>71</sup>.

---

<sup>69</sup> John Hicks ve R.G.D. Allen (1934), "*A Reconsideration of the Theory of Value Part I*", *Econometrica*, New Series, Vol. 1, No. 1, ss. 55-56.

<sup>70</sup> John Hicks ve R.G.D. Allen (1934), *a.g.e.*, s. 57.

<sup>71</sup> John Hicks ve R.G.D. Allen (1934), *a.g.e.*, s. 58



**Grafik 1-1 Kayıtsızlık Eğrileri**

(Kaynak: Sencer Divitçioğlu (1982), Mikro İktisat, 6. Baskı, Sermet Matbaası, İstanbul, ss. 19-22.)

Kayıtsızlık eğrisinin eğimi marjinal ikame haddinin artış oranını tanımlamaktadır.

Hicks ve Allen da Marshall gibi tüketim dengesini ve tüketim dengesinden hareket ederek bireyin talep fonksiyonunun türetilmesini iki çeşit mal veya hizmeti örnek olarak açıklamıştır. Daha sonra iki çeşit mal veya hizmet için oluşturduğu bireyin talep fonksiyonunu n çeşit mal veya hizmet için genelleştirmiştir. Ancak Hicks, bu fonksiyonu oluştururken marjinal fayda yerine marjinal ikame hadlerinden yararlanmıştır. Hicks ve Allen'ın iki çeşit mal veya hizmet için geliştirdikleri fayda fonksiyonu denklem 1.27'de sunulmaktadır. Ayrıca denklem 1.28'de tüketicinin ( $M_0$ ) gelir düzeyine sahip olduğu bütçe denklemi de verilmektedir<sup>72</sup>.

$$u = \varphi(x,y) \quad x,y > 0 \quad (1.27)$$

$$P_1 x + P_2 y = M_0 \quad (1.28)$$

Hicks ve Allen, fayda fonksiyonunu (1.27) bütçe eşitliğini (1.28) sağlayan x ve y miktarlarına göre maksimize etmek için aşağıda sunulduğu gibi lagrange yöntemi kullanılmıştır.

$$V = \varphi(x,y) + \lambda (M_0 - (P_1 x + P_2 y)) \quad (1.29)$$

$$\frac{\delta V}{\delta x} = \varphi_x - \lambda P_1 = 0 \quad (1.30)$$

<sup>72</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, ss. 43-44.

$$\frac{\delta V}{\delta y} = \varphi_y - \lambda P_2 = 0 \quad (1.31)$$

$$\frac{\delta V}{\delta \lambda} = M_0 - (P_1 x - P_2 y) = 0 \quad (1.32)$$

(1.31) ve (1.32) numaralı denklemlerde ( $\lambda$ )'nın yalnız bırakılıp iki denklemin birbirine eşitlenmesi durumunda (1.33) numaralı denklem elde edilmektedir.

$$\frac{\varphi_x}{\varphi_y} = \frac{P_1}{P_2} \quad (1.33)$$

1.33 ve 1.32 denklemlerinin tekrar düzenlenmesiyle 1.34 ve 1.35 denklemleri elde edilmiştir.

$$\frac{\varphi_x}{P_1} = \frac{\varphi_y}{P_2} = \lambda \quad (1.34)$$

$$P_1 x + P_2 y = M_0 \quad (1.35)$$

Yukarıdaki eşitlikler Marshall'ın bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Aralarındaki temel fark Hicks ve Allen'in çalışmasında marjinal fayda kavramının yerini marjinal ikame haddinin almış olmasıdır. Hicks ve Allen da Marshall gibi bu eşitliklerden bireyin talep eğrisini türetmiştir. Daha açık ifade edecek olursak, tüketicinin geliri ( $M_0$ ), ( $P_1$ ) ve ( $P_2$ ) fiyatlarını veri olarak ve marjinal ikame hadlerinden yararlanarak X ve Y mal veya hizmetlerinin  $x_0$  ve  $y_0$  olarak ifade edilen tüketim miktarlarını belirlemişlerdir. Başka bir deyişle, X ve Y mal veya hizmetlerinin tüketim miktarları,  $P_1$ ,  $P_2$  ve  $M_0$ 'a bağlı bir fonksiyondur.

$$x_0 = g_x(P_1^0, P_2^0, M_0) \quad , \quad x_0 > 0 \quad (1.36)$$

$$y_0 = g_y(P_1^0, P_2^0, M_0) \quad , \quad y_0 > 0 \quad (1.37)$$

Tüketim dengesini ifade eden yukarıdaki talep fonksiyonları ile ilgili iki önemli özellik söz konusudur. Birincisi, iki kere türevi alınabilen ve azalmayan monotonik dönüşüm özelliğine sahip indeks fonksiyonları kullanıldığı müddetçe tüketim dengesi ve dolayısıyla bireyin talep eğrisi değişmeyecektir. İkinci önemli özellik ise, fiyat ve gelirin aynı oranda değişmesi halinde (X) ve (Y) mal veya hizmetlerinin denge miktarları değişmeyecektir.

### 1.2.1.2 Açığa vurulmuş tüketici tercihlerini esas alan talep teorisi

1800'lü yılların son çeyreğinde başlayan fayda fonksiyonu ile talebi açıklama çalışmaları, 1900'lü yılların ortalarına gelindiğinde olgunlaşmıştır. Bu dönemde

fazla kısıtlayıcı olmaları ve teoriyi gerçekçilikten uzaklaştırmaları sebepleriyle; marjinal faydanın doğrusallığı, bir mal veya hizmetin faydasının diğer mal veya hizmetlerin tüketim miktarlarından bağımsızlığı, faydanın kardinal olarak ölçülebilirliği, tüketici tercihlerinin kümülatif olarak değerlendirilebilirliği varsayımları terkedilmiştir<sup>73</sup>.

Faydanın psikolojik bir kavram olması dolayısıyla ölçümünde yaşanan zorlukları değerlendiren Samuelson, ordinalist teorinin olgunlaştığı 1900'lü yılların ortalarında, talebi açıklayabilmek için fayda fonksiyonunun gerekli olmadığı ve talebin açığa vurulmuş tüketici davranışları ile açıklanabileceği tezini ortaya koymuştur<sup>74</sup>. Ayrıca, Samuelson açığa vurulmuş tüketici tercihleriyle talebi açıklayan teorisinin, ordinalist teori ile eşdeğer olduğunu da göstermiştir. Teorinin varsayımı olan boş olmayan sınıflara ayrılmış ve sıralamaya sahip mal veya hizmet uzayını temsil eden bir fayda fonksiyonu seçmek her zaman mümkündür. Samuelson'un açığa vurulmuş tüketici tercihlerinden türettiği talep fonksiyonu, Pareto'nun fayda fonksiyonu üzerinden türettiği talep fonksiyonu ile aynı özelliklerle sahiptir<sup>75</sup>. Samuelson'un bu çalışması ordinalist devrimin mimarlarından Hicks'e göre ekonometrik, dolayısıyla matematiksel olarak ordinal teori kadar güçlü değildir<sup>76</sup>. Diğer bir yandan Shih-Yen Wu ve Jack Pontley'e göre de ikiden fazla mal veya hizmet için Samuelson'un çalışmasından talep fonksiyonu türetilmesi matematiksel açıdan son derece karmaşıktır<sup>77</sup>.

Çağdaş talep teorileri, Samuelson'un açığa vurulmuş tüketici tercihleri yaklaşımı yerine, ordinal teorinin devamı niteliğinde beklenen fayda fonksiyonu geliştirilerek üretilmiştir<sup>78</sup>. Bu nedenle, Samuelson'un açığa vurulmuş tüketici tercihleri üzerinden türettiği talep fonksiyonuna bu tezde yer verilmemiştir.

---

<sup>73</sup> Paul Antony Samuelson (1938), "*A Note on the Pure Theory of Consumer's Behaviour*", *Economica*, New Series, Vol 5, No 17, s. 61.

<sup>74</sup> Paul Antony Samuelson (1948), "*Consumption Theory in Terms of Revealed Preference*", *Economica*, New Series, Vol. 15, No. 60., s. 243.

<sup>75</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, ss. 111-112.

<sup>76</sup> John Hicks (1986), *A Revision of Demand Theory*, 2. Baskı, Oxford University Press, Oxford, s. 4.

<sup>77</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, s. 112.

<sup>78</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.ge.*, ss. 205-206.

### 1.2.2 Çağdaş Talep Teorileri (Beklenen Fayda Fonksiyonunu Esas Alan Talep Teorileri)

Yukarıda sunduğumuz bilgilerden de anlaşılacağı gibi geleneksel talep teorileri bireyin herhangi bir mal veya hizmeti satın almak istediği anda, o mal veya hizmetin tüketiminden elde edeceği faydayı gözeterek karar verdiği varsayımına dayanmaktadır. Modern talep teorileri ise bireyin herhangi bir mal veya hizmeti satın almak istediği andaki fayda yerine o mal veya hizmetten gelecekte elde edeceği faydayı gözeterek karar verdiği varsayımına dayanmaktadır. Daha açık bir ifadeyle çağdaş talep teorilerine göre, bireyler mal veya hizmetlerin beklenen faydasını gözeterek tüketim kararları vermektedirler. Bu nedenle, çağdaşçılar gelenekselcilerin fayda fonksiyonunu beklenen fayda fonksiyonu haline getirmişlerdir.

Yukarıdaki paragrafta da ifade ettiğimiz gibi, çağdaş talep teorileri gelecekle ilgili risk ve belirsizlik varsayımı üzerine kurulmuştur. Gelecekle ilgili risk ve belirsizlik kavramlarını ilk kez Frank Knight "*Risk, Uncertainty and Profit*" adlı eserinde tanımlamıştır. Çağdaş talep teorisi konusunda çalışan tüm ekonomistler Frank Knight'ın risk ve belirsizlik konusundaki bu çalışmasını esas alarak yaklaşımlarını geliştirmişlerdir. Frank Knight'a göre, belirsizlik gelecekle ilgili ölçülemeyen bilinmezlikleri ifade etmektedir. Buna karşılık risk, geleceğe dönük alternatiflerle ilgili olasılık dağılımlarının veya güncel verilerle gelecekteki alternatifler arasındaki fonksiyonel ilişkinin bilindiği bir ortamdır. Bu nedenle risk geleceğe dönük ölçülebilir belirsizleri ifade eden bir kavramdır. Ancak, gelecekte oluşabilecek alternatiflerle ilgili belirsizlikleri belirli güvenilirlik aralığı içerisinde ölçerek riske indirgemek mümkündür<sup>79</sup>.

Daniel Ellsberg'e göre Frank Knight'ın çalışmasında yer alan risk ve belirsizlik kavramları arasındaki fark riskin ölçülebilir bir bilinmezlik olması, buna karşılık belirsizliğin ise ölçülemeyen bir bilinmezlik olmasıdır. Knight'ın bu yaklaşımını benimseyen Ellsberg, ölçülebilirlik kavramını yeniden tanımlayarak, risk ve belirsizlik kavramlarının arasındaki farkı netleştirmiştir. Ellsberg'e göre, tüketiciler alternatif satın alma tercihlerinden elde edecekleri faydaları derecelerine göre daha fazla veya daha az olarak sıralayabiliyorlarsa bu durumda bilinmezlik ölçülebilir düzeydedir ve dolayısıyla tüketici belirsizlik yerine risk altında karar vermektedir.

---

<sup>79</sup> Frank Knight (1921), *Risk Uncertainty and Profit*, 1. Baskı, Riverside Press, Cambridge, s. 11.



Daniel Ellsberg bu yaklaşımı ile rasyonel davranan bir insanın karşılaşacağı bütün belirsizlik hallerini riske indirgeyebileceği tezini savunmuştur<sup>80</sup>.

Çağdaş talep teorilerinin gelişime katkı sunan ekonomistleri iki grup altında toplamak mümkündür. Birinci grup tüketicilerin her zaman mal ve hizmetlerden elde edeceği beklenen faydayı maksimum yapacak şekilde satın alma kararı verdikleri varsayımını kabul etmiştir. Buna karşılık ikinci grup ise; risk, belirsizlik ve diğer faktörleri göz önünde bulundurarak tüketicilerin irrasyonel davranış sergileyebileceklerini ve bu nedenle beklenen faydası daha düşük tercihlere yönelebileceklerini de kabul etmişlerdir. Bu nedenle çağdaş talep teorilerini; rasyonel tüketici davranışını esas alan çağdaş talep teorileri ve irrasyonel tüketici davranışlarını inceleyen çağdaş talep teorileri olmak üzere iki başlık altında inceleyeceğiz.

### 1.2.2.1 Rasyonel tüketici davranışını esas alan çağdaş talep teorileri

Çağdaş talep teorilerinin temelini oluşturan beklenen fayda kavramını ilk ortaya atan kişi Daniel Bernoulli'dir (1700-1782). Daniel Bernoulli'nin beklenen fayda kavramını geliştirmesini sağlayan olay, kuzeni Nicholas Bernoulli'nin (1687-1759) 1713'de Pierre Reymond de Montmort'a (1678-1719) yazdığı mektupta ortaya attığı *Petersburg paradoksudur*. Petersburg Paradoksu yazı tura ile oynanan oyuna katılmak için ne kadar katılım bedeli ödenmesi gerektiğini sorgulayan bir yaklaşımdır. Bu oyunun kurallarına göre; ilk denemede yazı gelirse 2 gümüş para, ilkinde gelmeyip ikincide gelirse 4 gümüş para, ilk iki seferde gelmeyip üçüncüde gelirse 8 gümüş para, ilk üç seferde gelmeyip dördüncüde gelirse 16 gümüş para kazanılır. Oyun ilk yazı gelene kadar devam eder. Sürekli tura gelmesi durumunda getirinin de sonsuza kadar artma olasılığı söz konusudur. Aşağıda bu oyunun beklenen getirisini hesaplanması matematiksel olarak ifade edilmektedir<sup>81</sup>.

$$\sum_{i=1}^{\infty} 2^i x \left(\frac{1}{2}\right)^i = 1 + 1 + 1 + \dots = \infty \quad (1.38)$$

Nicholas Bernoulli mektubunda, Montmort'a bu oyuna girmek için ne kadar giriş ücreti ödemeye razı olursunuz sorusunu sormaktadır. Bu konudaki matematiksel

---

<sup>80</sup> Daniel Ellsberg (1961), "*Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms*", The Quarterly Journal of Economics, Vol. 75, No. 4, ss. 643-645.

<sup>81</sup> Tibor Neugebauer (2010), "*Moral Impossibility in the Petersburg Paradox: A Literature Survey and Experimental Evidence*", LSF Research Working Paper Series, No 10-174, s. 4.

cevabı da mektubunda yer almaktadır. Bu cevaba göre serinin toplamı sonsuz olduğundan oyunun beklenen getirisi de sonsuzdur. Nicholas Bernoulli aslında bu oyunu ortaya atarak insanların her zaman rasyonel davranmadığı üzerine bir örnek vermiştir. Yukarıdaki (1.38) seride de sunulduğu gibi, oyunun beklenen getirisi sonsuz olmasına rağmen, insanlar yüksek getiri elde edecekleri düşük olasılıkların gelmeyeceği varsayımı ile bu oyuna katılmak için çok büyük paralar yatırmazlar. Dolayısıyla riskten kaçınarak irrasyonel bir davranış gösterirler.

Petersburg Paradoksunu araştırmak gayesiyle yola çıkan Daniel Bernoulli, insanların beklenen gelirden çok, beklenen faydayı maksimum yapmak amacıyla hareket ettiklerini savunmuştur. Paradoksun beklenen faydasına dair logaritmik bir fonksiyon ortaya koyarak, eşit oranda gelir artışını izleyecek fayda artışının azalacağını önermiştir. Ancak, faydayı nasıl ölçeceğine dair rasyonel bir çalışma ortaya koyamamıştır<sup>82</sup>. Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, Daniel Bernoulli beklenen fayda kavramını 1700'lü yıllarda literatüre ilk kazandıran kişidir. Ancak Bernoulli'den iki yüzyıl sonra gelen ekonomistler bu kavramdan hareket ederek çağdaş talep teorileri geliştirmişlerdir.

Frank Plumpton Ramsey ve Bruno de Finetti beklenen fayda konusunda öncülük yapan iki matematikçidir. Bunlar, bireylerin beklenen faydanın maksimizasyonunu göz önünde bulundurarak karar verdikleri varsayımına dayanan subjektif olasılık kavramı ile ilgili yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Örneğin, Ramsey 1931 yılında subjektif olasılığın varlığını ortaya koymuş, Finetti ise 1937 yılında lineer fayda varsayımına dayanan bir subjektif olasılık tanımı önermiştir<sup>83</sup>. Bu açıklamalardan anlaşılacağı gibi her iki düşünür de beklenen faydayı subjektif olasılık kavramı içinde incelemişlerdir. Buna karşılık, John Von Neumann ve Oscar Morgenstern "*Theory of Games and Economic Behaviour*" adlı eserlerinden talebi beklenen fayda yaklaşımı ile açıklayarak ordinalist teoriyi geleneksel bakış açısının dışına çıkararak talep teorisine yeni bir boyut kazandırmışlardır.

Von Neumann ve Morgenstern, bireylerin mal veya hizmetlerin tüketiminden gelecekte elde edecekleri faydayı gözeterek satın alma kararı verdiklerini

---

<sup>82</sup> Paul J.H. Schoemaker (1982), "*The Expected Utility Model: Its Variants, Purposes, Evidence and Limitations*", Journal of Economic Literature, Vol 20, No 2, s. 531.

<sup>83</sup> Edi Karni (2005), "*Savages' Expected Utility Model*", Johns Hopkins University, s. 3.

varsaymaktadırlar. Ayrıca, adı geçen ekonomistlere göre bu fayda sadece belirli olasılıklara göre öngörülebilir bir niteliğe sahiptir. Bu nedenle, Von Neumann ve Morgenstern, yukarıda açıkladığımız risk durumu altında fayda fonksiyonunun talebi açıklamaya yeterli olmadığını savunarak bu fonksiyonun yerine beklenen fayda fonksiyonunu etmek suretiyle geleneksel talep teorisinden çağdaş talep teorisine geçiş yapmışlardır.

Von Neumann ve Morgenstern'in geliştirdikleri modele göre; tüketiciler her birinin içinde (n) adet olay bulunan (m) adet alternatif mal veya hizmet sepetleri arasından tercih yapmaktadırlar. Daha açık bir ifadeye göre, tüketici ( $y^i$ ) mal veya hizmet sepetini tercih ettiğinde, bu satın alma kararı ile birlikte gerçekleşme olasılıkları belirli, birbirini dışlayan (n) sayıda olaydan yalnız birisi gerçekleşecek ve tüketici gerçekleşen olayın karşılığı olan faydayı elde edecektir. Aşağıda bu modelin notasyonu sunulmaktadır<sup>84</sup>.

$y^1, y^2, \dots, y^m$  : alternatif m adet mal veya hizmet sepetleri,

$\{y^i_1, y^i_2, \dots, y^i_n\}$  : i alternatiflerin seçilmesi halinde belirli bir olasılık dahilinde gerçekleşebilecek birbirini dışlayan n sayıda olay kümesi,

$\Phi(y^i_k)$  :  $y^i$  mal veya hizmet sepetinin satın alınması ve (k) olayının gerçekleşmesi durumunda elde edilecek fayda indeksi,

$P(y^i_k)$  :  $y^i$  mal veya hizmet sepetinin satın alınması durumunda (k) olayının gerçekleşme olasılığı.

Von Neumann ve Morgenstern'in modeline göre, i mal veya hizmet sepetinin seçilmesi halinde elde edilecek toplam beklenen fayda aşağıdaki formülle (1.39) hesaplanmaktadır. Risk ortamında bulunan tüketici, (m) sayıdaki mal veya hizmet sepetinden bu formülle hesaplanan beklenen faydası en yüksek alternatifi tercih etmektedir<sup>85</sup>.

$$\Phi(y^i) = \sum_{k=1}^n P(y^i_k) \Phi(y^i_k) \quad i=1,2,\dots,m. \quad (1.39)$$

Von Neumann ve Morgenstern'in beklenen fayda yaklaşımı Daniel Bernoulli'nin beklenen faydasından farklıdır. Çünkü Von Neumann ve Morgenstern beklenen

---

<sup>84</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, s. 206.

<sup>85</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, s. 206.

Fayda maksimizasyonuna dayanarak rasyonel bir seçim yapılabileceğini ilk kez aksiyomlaştırarak ispatlamışlardır. Diğer bir ifade ile tüketici beklentisinin mantığa ve akla uygun olarak hesaplanmasını ortaya koyarak pratik bir fayda fonksiyonu elde etmişlerdir. Ayrıca bu ekonomistler, Bernoulli'nin parasal getiriye ilişkin beklenen fayda kavramını mal veya hizmetler için genellemişlerdir<sup>86</sup>. Aşağıda Von Neumann ve Morgenstern'in beklenen fayda yaklaşımının dayandırıldığı aksiyomlar sunulmaktadır<sup>87</sup>.

- Tercihler tam olarak sıralıdır. Herhangi iki “a” ve “b” tercihi için  $a < b$ ,  $a > b$  veya  $a = b$  koşullarından sadece biri doğrudur.
- Tercihler geçişlidir. Eğer  $a > b$  ve  $b > c$  ise  $a > c$  doğrudur.
- Tercihler süreklidir.  $a > b > c$  olduğunu varsayalım.  $0 < \alpha < 1$  aralığında bir  $\alpha$  olasılığı olsun. Bu durumda tüketiciye eşit cazibede olan  $a \times \alpha$ ,  $c \times (1 - \alpha)$  ve kesin olarak elde edilebilecek bir  $b$  tercihi vardır. Diğer bir ifadeyle  $a$  ve  $c$ 'yi  $b$ 'ye eşdeğer hale getirebilen bir  $\alpha$  değeri mevcuttur.
- Tüketici rasyonel ve tutarlıdır. Tüketicinin rasyonelliği ve tutarlılığı matematiksel olarak aşağıda maddelerde tanımlanmaktadır.
  - $a > b$  olsun.  $\alpha c + (1 - \alpha)a > \alpha c + (1 - \alpha)b$  ifadesi  $0 < \alpha < 1$  aralığında her  $\alpha$  değeri için doğrudur.
  - $a = b$  olsun.  $\alpha c + (1 - \alpha)a = \alpha c + (1 - \alpha)b$  eşitliği  $0 < \alpha < 1$  aralığında her  $\alpha$  değeri için doğrudur.
  - $\alpha[\beta a + (1 - \beta)b] + (1 - \alpha)b = \gamma a + (1 - \gamma)b$  eşitliği  $\gamma = \alpha\beta$  eşitliğini sağlayan 1'den küçük her  $\alpha$  ve  $\beta$  değeri için doğrudur.
- $a, b$  alternatifleriyle ilgili seçilebilecek herhangi bir  $\varphi$  fayda indeksi için;  $a > b$  ise  $\varphi(a) > \varphi(b)$ ,  $a < b$  ise  $\varphi(a) < \varphi(b)$  ve  $a = b$  ise  $\varphi(a) = \varphi(b)$  eşitlikleri ve eşitsizlikleri her zaman doğrudur. Ayrıca, İlk dört aksiyom fayda indeksi uygulamalarından etkilenmez<sup>88</sup>.

---

<sup>86</sup> Paul J.H. Schoemaker (1982), “*The Expected Utility Model: Its Variants, Purposes, Evidence and Limitations*”, Journal of Economic Literature, Vol 20, No 2, s. 531.

<sup>87</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, s. 207.

<sup>88</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, s. 212.

Yukarıdaki aksiyomlar, beklenen faydalarına göre sıralanan tercihlerin bireylerin gerçek tercihleriyle birebir örtüştüğünü doğrulamak için gerekli ve yeterlidir<sup>89</sup>.

Ramsey, Finetti, Von Neumann ve Morgenstern'in çalışmalarıyla başlayan beklenen fayda maksimizasyonu ile karar verme yaklaşımları Leonard Savage'in çalışmaları ile doruk noktasına ulaşmıştır<sup>90</sup>. Leonard Savage 1954 yılında yayınlanan "*The Foundations of Statistics*" adlı eserinde subjektif beklenen fayda teorisini geliştirerek, Von Neumann ve Morgenstern'in beklenen fayda yaklaşımına yeni bir boyut kazandırmıştır. Aşağıda Leonard Savage'in subjektif beklenen fayda yaklaşımının tanımlamaları sunulmaktadır<sup>91</sup>. Bu notasyonu Savage'in orijinal notasyonu değil, uluslararası güncel notasyondur.

$s, s', \dots$  : dünyada olan gerçek durumlar,

$S$  : dünyada olan gerçek durumlar kümesi,

$A, B, C, \dots$  : olaylar (dünyada olan gerçek durumlar kümesinin alt kümeleri),

$c, c', \dots$  : sonuçlar,

$C$  : sonuçlar kümesi.

$f, g, h, \dots$  : eylemler, diğer bir deyişle  $S$  kümesinden  $C$  kümesine tanımlı fonksiyonlar; örneğin  $f(s)$ ,  $(s)$  durumuyla ilgili sonucu ifade eder,

$F$  : eylemler kümesi,

$F^{\text{sabit}}$  : sabit eylemler kümesi,

$\geq$  :  $F$  kümesinde tanımlı tercihlerin ilişkisi.

Savage'in modelinde  $f \geq g$  tercih ilişkisi "f eylemi en az g eylemi kadar tercih edilen bir eylemdir" olarak tanımlanmaktadır<sup>92</sup>.

Savage'a göre sabit bir eylemin sonuçları dünyadaki gerçek olan durumlardan bağımsızdır. Aşağıda sabit bir eylemin matematiksel tanımı sunulmuştur.

---

<sup>89</sup> Paul J.H. Schoemaker (1982), "*The Expected Utility Model: Its Variants, Purposes, Evidence and Limitations*", Journal of Economic Literature, Vol 20, No 2, s. 532.

<sup>90</sup> Edi Karni (2005), "*Savages' Expected Utility Model*", Johns Hopkins University, s. 3.

<sup>91</sup> Dariusz Surowik (2002), "*Leonard Savage's Mathematical Theory of Decision*", Studies in Logic, Grammar and Rhetoric 5 (18), ss. 68-69.

<sup>92</sup> Edi Karni (2005), "*Savages' Expected Utility Model*", Johns Hopkins University, s. 4.

### Tanım 1

$f \in F$  ancak ve ancak herhangi bir  $s \in S$  için  $f(s) = c$ , ( $c \in C$ ) olduğunda sabit eylemdir.

$[f, A; g; A']$  ifadesi  $s \in S$  için  $h(s) = \begin{cases} f(s), & s \in A \\ g(s), & s \in A' \end{cases}$  anlamına gelmektedir.

Savage tercihler arasında aşağıda belirtilen ilişkiyi tanımlamaktadır.

### Tanım 2

$f \geq A g$ : belirli bir  $h \in F$  için eğer  $[f, A; g; A'] \geq [g, A; h; A']$  ise

Bu tanımda  $f \geq A g$  ile  $A$  olayı verildiğinde  $f$ 'in  $g$ 'ye tercih edilen bir eylem olduğu ifade edilmektedir.

Savage aşağıda boş olayı da tanımlamaktadır.

### Tanım 3

Herhangi  $f, g \in F$  için  $f \geq A g$  sağlanıyorsa  $A$  boş olaydır.

Aşağıda Savage aksiyomları sunulmaktadır<sup>93</sup>.

### Aksiyom 1

$\geq$  tam ve geçişlidir.

### Aksiyom 2 Kesin Olma Prensibi (The Sure Thing Principle)

$A \subseteq S$  boş olay değil ise, herhangi  $f, g, h, h' \in F$  için,

$[f, A; h; A'] \geq [g, A; h; A']$  eşitsizliği ancak ve ancak  $[f, A; h'; A'] \geq [g, A; h'; A']$  olduğunda doğrudur.

### Aksiyom 3

$A \subseteq S$  boş olay değil ve  $f, g \in F^{sabit}$  ise:

$[f, A; h; A'] \geq [g, A; h; A']$  eşitsizliği ancak ve ancak  $f \geq g$  olduğunda doğrudur.

### Aksiyom 4

---

<sup>93</sup> Dariusz Surowik (2002), “Leonard Savage’s Mathematical Theory of Decision”, Studies in Logic, Grammar and Rhetoric 5 (18), ss. 69-70.

Herhangi  $A, B \subseteq S$  olayları ve  $f > g$  ve  $f' > g'$  eşitsizliklerini sağlayan  $f, g, f', g' \in F^{sabit}$  için,

$[f, A; g; A'] \geq [f, B; g; B']$  ifadesi ancak ve ancak  $[f', A; g'; A'] \geq [f', B; g'; B']$  olduğunda doğrudur.

### Aksiyom 5

$f > g$  eşitsizliğini sağlayan  $f, g \in F^{sabit}$  sabit eylemleri vardır.

### Aksiyom 6

$f > g$  eşitsizliğini sağlayan herhangi  $f, g \in F$  ve  $h \in F^{sabit}$  için  $S$  kümesinin  $H \in P$  şartını sağlayan sonlu alt kümesi ( $P$ ) vardır:

- 1)  $[h, H; f; H'] > g$ ,
- 2)  $f > [h, H; f; H']$

### Aksiyom 7

Bütün  $f, g, h \in F$  eylemlerinde, herhangi bir  $s$  durumunun  $A$  olayında eğer  $f(s) > g(s)$  doğru ise, seçilebilecek herhangi bir  $h$  eylemi için  $[f, A; g; A'] \geq [g, A; h; A']$  doğrudur.

Savage'ın teorisinde tercih sıralaması beklenen fayda ( $U$ ) maksimizasyonu ile yapılır. Matematiksel olarak ifade edecek olursak,  $f > g$  durumu ancak ve ancak  $E(U(f)) > E(U(g))$  sağlandığında geçerlidir. Savage'a göre aynı sıralamayı koruyan iki fayda fonksiyonu stratejik olarak eşdeğerdir<sup>94</sup>.

Savage aksiyomları ile Von Neumann ve Morgenstern'in aksiyomları arasında benzerlikler mevcuttur. İkisinde de sıralama ilişkisi tam ve geçişlidir. Ayrıca, tercihlerin ortak elemanlarının ihmal edilebilirliği anlamına gelen kesin olma prensibi (the sure thing principle) iki yaklaşımda da mevcuttur. Buna karşılık, Von Neumann ve Morgenstern'in yaklaşımından farklı olarak Savage'ın yaklaşımında bulunan aksiyom 3 ve aksiyom 4 subjektif faydadan subjektif olasılığın elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca aksiyom 5, 6 ve 7 sırasıyla önemsiz olmama, süreklilik ve dominant olma koşullarını ifade etmektedir<sup>95</sup>.

---

<sup>94</sup> Dariusz Surowik (2002), *a.g.e.*, s. 73.

<sup>95</sup> Dariusz Surowik (2002), *a.g.e.*, s. 70.

Savage'ın yaklaşımının bir başka üstünlüğü de, subjektif olasılığın varlığını kabul etmek yerine, subjektif olasılığı tercihlerle ilişkilendirilmiş aksiyomlardan türetmesidir. Diğer yandan, Savage'ın teorisinin zayıf yanı ise dünyada gerçek olan durumlar kümesi (S)'in sonsuz bir küme olmasıdır. Pratikte dünyada gerçek olan durumlar ve bu durumların sonuçları sonlu kümelerin elemanlarıdır<sup>96</sup>.

Savage'ın modeline gelen ilk önemli eleştiri Fransız matematikçi Maurice Allais'nin “*Allais Paradoksu*” olarak bilinen seçim kararı örnekleridir. Allais paradoksu Savage'ın *kesin olma prensibini (the sure thing principle)* ihlal eden durumlar içermektedir<sup>97</sup>. Maurice Allais'nin bu çalışması, tüketicilerin her zaman beklenen faydanın maksimizasyonunu gözeterek karar vermediklerini ifade etmesi bakımından önemlidir. Bireyin beklenen faydası en yüksek seçimi yapması rasyonel tüketici davranışı olduğuna göre, Allais Paradoksu sadece Savage'ın çalışmasına getirilen bir eleştiri olmaktan çok, rasyonel tüketici davranışını esas alan teorilere getirilen bir eleştiridir. Aşağıda Maurice Allais tarafından ortaya konulan iki paradoks sunulmaktadır<sup>98</sup>.

A: (100 milyon, 1,00)

B: (500 milyon, 0,10 | 100 milyon, 0,89 | 0, 0,01)

Yukarıda sunulan A durumunda kesin olarak 100 milyon frank kazanılacaktır. B durumunda ise %10 ihtimalle 500 milyon, %89 ihtimalle 100 milyon, %1 ihtimalle 0 frank kazanılacaktır.

A ve B durumlarının beklenen parasal getirisi aşağıda hesaplanmıştır.

$$A = 100 \text{ milyon} \times 1,00 = 100 \text{ milyon}$$

$$B = (500 \text{ milyon} \times 0,10) + (100 \text{ milyon} \times 0,89) + (0 \times 0,01) = 139 \text{ milyon}$$

A ve B durumlarından Savage'ın kesin olma prensibine göre %89 ihtimalle 100 milyon frank kazanma olasılığı çıkarılırsa aşağıda sunulan A' ve B' durumları elde edilmektedir.

A': (100 milyon, 0,11 | 0, 0,89)

---

<sup>96</sup> Dariusz Surowik (2002), *a.g.e.*, ss. 70-71.

<sup>97</sup> Dariusz Surowik (2002), *a.g.e.*, s. 72.

<sup>98</sup> James Andreoni ve Charles Sprenger (2010), “*Certain and Uncertain Utility: The Allais Paradox and Five Decision Phenomena*”, Levine's Working Paper, Archive 926159295, s. 1.



B': (500 milyon, 0,10 | 0, 0,90)

A' ve B' durumlarının beklenen parasal getirisi aşağıda hesaplanmıştır.

$$A' = (100 \text{ milyon} \times 0,11) + (0 \times 0,89) = 11 \text{ milyon}$$

$$B' = (500 \text{ milyon} \times 0,10) + (0 \times 0,90) = 50 \text{ milyon}$$

Beklenen fayda maksimizasyonu prensibine göre, B ve B' durumları A ve A' durumlarına göre daha yüksek bir beklenen parasal getiri sağladığı için tercih sebebi olmalıdır. Ancak, Allais yaptığı anket çalışmasında bireylerin çoğunlukla A ve B' tercihlerini yaptıklarını saptamıştır. Bu durum Savage'in aksiyom 2'de belirttiği kesin olma prensibini ihlal etmektedir. Maurice Allais'in ikinci paradoksu da aşağıda sunulmaktadır.

C: (100 milyon, 1,00)

D: (500 milyon, 0,98 | 0, 0,02)

C ve D durumlarının olasılıklarının 1/100 oranında azaltılması ile elde edilen C' ve D' durumları aşağıda sunulmaktadır.

C': (100 milyon, 0,01 | 0, 0,00)

D': (500 milyon, 0,0098 | 0, 0,9902)

Birinci paradoksta olduğu gibi beklenen fayda maksimizasyonu ilkesine göre C ve C' durumlarının D ve D' durumlarına tercih edilmesi gerekirken, Allais'in araştırmasına göre bireyler çoğunlukla C ve D' durumlarını tercih etmişlerdir. Bu da birinci paradoksta olduğu gibi Savage'in aksiyomlarının ihlali anlamına gelmektedir.

Subjektif beklenen fayda teorisine önemli eleştiri yapanlardan birisi de Daniel Ellsberg'dir. Ellsberg'in deneyinde içinde kırmızı ve siyah topların bulunduğu iki torba mevcuttur. Birinci torbada toplam 100 adet kırmızı ve siyah top bulunmasına rağmen kaç tanesinin kırmızı veya siyah olduğu bilinmemektedir. İkinci torbada ise 50 adet kırmızı ve 50 adet siyah top mevcuttur. Ellsberg *kırmızı*ı bahsini birinci torbadan top çekmek ve kırmızı top çekilirse 100 USD, buna karşılık siyah top

çekilirse 0 USD kazanmak olarak tanımlamıştır. Bu tanımlamaya dayanarak bireylere aşağıdaki soruları yöneltmiştir<sup>99</sup>.

1. *Kırmızı<sub>1</sub>* ve *Siyah<sub>1</sub>* bahislerinden hangisini tercih edersiniz? Ya da kayıtsız mı kalırsınız? Diğer bir ifadeyle, torba 1'den top çekerken 100 USD tutarı kırmızıya mı siyaha yatırırınız?
2. *Kırmızı<sub>2</sub>* ve *Siyah<sub>2</sub>* bahislerinden hangisini tercih edersiniz?
3. *Kırmızı<sub>1</sub>* ve *Kırmızı<sub>2</sub>* bahislerinden hangisini tercih edersiniz?
4. *Siyah<sub>1</sub>* ve *Siyah<sub>2</sub>* bahislerinden hangisini tercih edersiniz?

Ellsberg'in çalışmasında birinci ve ikinci soruya genel olarak kayıtsızlık cevabı verilmiştir. Son iki soruda ise çoğunluk *Kırmızı<sub>2</sub>* ve *Siyah<sub>2</sub>* bahislerini *Kırmızı<sub>1</sub>* ve *Siyah<sub>1</sub>* bahislerine tercih etmiştir. Bazı bireyler yine kayıtsızlık cevabını vermişlerdir. Savage'in modelinin temel kurallarına göre *Kırmızı<sub>2</sub>* bahsini tercih etmek *Kırmızı<sub>2</sub>*'nin *Kırmızı<sub>1</sub>*'den daha yüksek olasılığa sahip olduğunu kabul etmek demektir. Ayrıca, aynı bireyin *Siyah<sub>2</sub>* bahsini *Siyah<sub>1</sub>*'e tercih etmesi *Siyah<sub>2</sub>*'nin *Siyah<sub>1</sub>*'e göre daha yüksek olasılığa sahip olduğunu düşünmeleri anlamına gelmektedir. Aynı anda *Siyah<sub>2</sub>* ve *Kırmızı<sub>2</sub>*'nin daha yüksek olasılığa sahip olması mümkün değildir. Bu ihlalden hareket eden Ellsberg, Savage'in modelinde olduğu gibi bireylerin tercihlerinin tamamen olasılıklardan türetilmesinin doğru olmadığını ifade etmiştir. Ellsberg'in bu deneyinde Savage'in ilk iki aksiyomunun ihlali söz konusudur<sup>100</sup>.

Ellsberg'in ikinci deneyinde bir torbada toplam 90 adet kırmızı, siyah ve sarı top mevcuttur ve 30 adedinin sarı olduğu bilinmektedir. Buna karşılık 60 topun kaç tanesinin siyah veya kırmızı olduğu bilinmemektedir. Torbadan rastgele bir top çekilecektir ve bu topun rengi ile ilgili aşağıdaki bahisler söz konusudur. 1 numaralı bahis kırmızıya 100 USD oynamak ve 2 numaralı bahis siyaha 100 USD oynamak anlamına gelmektedir<sup>101</sup>.

---

<sup>99</sup> Daniel Ellsberg (1961), "*Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms*", The Quarterly Journal of Economics, Vol. 75, No. 4, ss. 650-651.

<sup>100</sup> Daniel Ellsberg (1961), *a.g.e.*, s. 651.

<sup>101</sup> Daniel Ellsberg (1961), *a.g.e.*, s. 654.

	Kırmızı	Siyah	Sarı
1	100 USD	0 USD	0 USD
2	0 USD	100 USD	0 USD

Ayrıca, 3 numaralı bahis ise kırmızı veya sarıya oynamak, 4 numaralı bahis de siyah veya sarıya oynamak olarak tanımlanmaktadır. Ellsberg bireylere 1 ile 2 arasından ve 3 ile 4 arasından hangi tercihleri yapacağını sormuştur.

	Kırmızı	Siyah	Sarı
3	100 USD	0 USD	100 USD
4	0 USD	100 USD	100 USD

Ellsberg'in anket çalışmasında en sık rastlanan sonuç bahis 1 ve bahis 4'ün tercih edilmesidir. Daha az sayıda birey ise bahis 2 ve bahis 3'ü tercih etmişlerdir. İki sonuç da Savage'ın kesin olma prensibini (the sure thing principle) ihlal etmektedir. Bu prensibe göre bahis 1 ve bahis 3 aynı anda seçilmelidir. Bu deney de önceki gibi tercihlerin birebir olasılıklarla ilişkili olduğu savına, daha açık bir ifadeyle tercihlerin her zaman beklenen fayda maksimizasyonu ile yapıldığı teorisine karşı gelmektedir. Ellsberg bu sonuçlara istinaden kesin olma prensibinin ciddiyetle yeniden gözden geçirilmesi gerektiğini ifade etmiştir<sup>102</sup>.

Ellsberg ve Allais'nin çalışmalarının ikisinin de örnekleri bahis veya kumar üzerinedir. Risk durumu altında karar verme sürecine dayalı kumar oyununun rasyonelliği hakkında benzer sayılabilecek fakat farklı bakış açısına sahip bir görüşü de Marshall ortaya koymuştur. Marshall'a göre tüketiciler kumar oynama kararlarını bu kararların parasal getirisinden elde edecekleri beklenen faydayı gözeterek vermektedirler. Parasal getiriden elde edilen faydanın azalarak arttığından dolayı parasal getiri ve götürü miktarı eşit olan yazı tura oyununun beklenen faydası negatif olmaktadır. Bu yüzden Marshall, kumarı rasyonel bir tüketici davranışı olarak görmemektedir<sup>103</sup>.

Ellsberg ve Allais'nin çalışmalarının diğer bir ortak özelliği ise rasyonel tüketici davranışını esas alan, diğer bir deyişle tüketicinin beklenen fayda maksimizasyonu

---

<sup>102</sup> Daniel Ellsberg (1961), *a.g.e.*, ss. 654-655.

<sup>103</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, s. 207.

ilkesine göre karar verdiğini varsayan çalışmalara getirilen iki önemli eleştiri olmalarıdır. İki alışma da bu ilkeye karşı gelen çeşitli örnekler sunmasına rağmen rasyonellik dışı davranışları sistematik bir yaklaşımla sınıflandırmadığından dolayı tezimizde rasyonel tüketicici davranışını esas alan ağdaş talep teorileri başlığı altında bu teorilere getirilen eleştiriler olarak sunulmuştur.

### 1.2.2.2 İrrasyonel tüketicici davranışlarını inceleyen ağdaş talep teorileri

Von Neumann ve Morgenstern'in çalışmalarıyla birlikte risk ve belirsizlik durumu altında tüketicici tercihlerinin açıklanması konusunda beklenen fayda yaklaşımı en yaygın model haline gelmiştir<sup>104</sup>. Fakat bu modelin esası olan tketicicilerin beklenen fayda maksimizasyonu ile karar vermesi varsayımı devam eden süreçte önemli eleştiriler almıştır. Daniel Kahneman ve Amos Tversky'nin bu varsayımın ihlallerini sistematik bir yaklaşımla inceleyip tketicicilerin irrasyonel davranışlarına açıklama getiren prospect teorisi ise bir eleştiri olmaktan öte devrim niteliğindedir. Psikolog ve matematikçi ünvanlarının ikisine de sahip dşnrlr eleştirel bir bakışla beklenen fayda teorisinin gerçek hayatı kavramada yeterli olmadığını ve risk altında alınan kararları kapsamadıklarını belirterek teorilerini 1979 yılında yayınladılar<sup>105</sup>. "Prospect" kelimesinin henüz Türkçe karşılığı olmadığından dolayı tezimizde İngilizce haliyle kullanılmaktayız. Ernur Demir Abaan "Fayda Teorisi ve Rasyonel Seçimler" adlı kitabında "prospect" ifadesini "umut" olarak tercüme etmiştir. Ayrıca bazı farklı kaynaklarda da "beklenti teorisi" olarak çevrilmiştir. Ancak, Kahneman ve Tversky'nin makalesinde "prospect" kelimesi bahis sözleşmesini veya bahse konu alternatifleri ifade etmek için kullanıldığından ve umut ile beklenti kelimeleri bu anlamı taşımadığından dolayı bu kelimeleri kullanmamayı tercih ettik.

Kahneman ve Tversky'nin modelinde prospect "*(p<sub>i</sub>) olasılıkları dahilinde gerçekleşebilecek (x<sub>i</sub>) sonuçları olan bir bahis sözleşmesi*"<sup>106</sup> olarak tanımlanmıştır.

---

<sup>104</sup> John Quiggin (1993), *Generalized Expected Utility Theory The Rank-Dependent Model*, E-kitap, Springer Science Business Media Dordrecht, s. xi.

<sup>105</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), "*Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk*", *Econometrica*, Vo 47, No 2, ss. 263.

<sup>106</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, s. 263.

Aşağıda modelin notasyonu sunulmaktadır<sup>107</sup>. Bu notasyonda olasılığı sıfıra eşit olan sonuçlar ileride sunulacak örneklerde gösterilmemektedir.

$$\text{Prospect } (x_1, p_1 | x_2, p_2 | \dots | x_n, p_n) \quad (1.40)$$

Aşağıda sunulduğu gibi bu modelde gerçekleşebilecek bütün olasılıkların toplamı bire eşittir.

$$p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1 \quad (1.41)$$

Kahneman ve Tversky'ye göre beklenen fayda yaklaşımının prospectler arasından tercih yapmak için kullanılabilmesi aşağıdaki üç varsayıma dayanmaktadır.

**i) Beklenti:** Aşağıda matematiksel olarak ifade edildiği gibi toplam fayda sonuçların beklenen faydalarının toplamına eşittir.

$$U(x_1, p_1 | x_2, p_2 | \dots | x_n, p_n) = p_1 u(x_1) + p_2 u(x_2) + \dots + p_n u(x_n) \quad (1.43)$$

**ii) Mal Varlığı:** Mal varlığı ( $w$ ) olan bireyin  $(x_1, p_1 | x_2, p_2 | \dots | x_n, p_n)$  prospectini kabul etmesi için  $U(x_1+w, p_1 | x_2+w, p_2 | \dots | x_n+w, p_n) > U(w)$  olmalıdır. Diğer bir deyişle, mal varlığı eklenmiş prospectin beklenen faydası mal varlığının beklenen faydasından yüksek olmalıdır.

**iii) Riskten kaçınma:**  $u$  iç bükey bir fonksiyondur ( $u'' < 0$ ).

Adı geçen yazarlar riskten kaçınan bireyi, kesin sonucu ( $x$ ) olan prospecti beklenen değeri ( $x$ ) olan herhangi riskli bir prospecte tercih eden kişi olarak tanımlamaktadırlar. Beklenen fayda teorisine göre riskten kaçınma düzeyi fayda fonksiyonunun içbükeylik düzeyidir.

Kahneman ve Tversky teorilerinde beklenen fayda yaklaşımını sistematik olarak ihlal eden Allais'nin örneklerine benzer prospectler sunmaktadırlar. İlk olarak bireylerin sonuçları kesin olan alternatifleri sonuçları olasılıklar dahilinde gerçekleştirecek alternatiflere tercih ettiklerini ortaya koymaktadırlar. Bu durumu *kesinlik etkisi* (*certainty effect*) olarak tanımlamaktadırlar. Aşağıda yazarların çalışmasında ortaya koyduğu Allais'nin çalışmasından esinlenen örneklerden bazıları sunulmaktadır<sup>108</sup>. Prospectlerin sağ tarafında yazan yüzde rakamlar anket çalışmasında alınan sonuçları ifade etmektedirler.

---

<sup>107</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, ss. 263-264.

<sup>108</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, ss. 265-266.

Problem 1: Aşağıdakilerden birini tercih ediniz.

A: (2.500, 0,33 | 2.400, 0,66 | 0, 0,01) %18

B: (2.400, 1,00) %82

Problem 2: Aşağıdakilerden birini tercih ediniz.

C: (2.500, 0,33 | 0, 0,67) %83

D: (2.400, 0,34 | 0, 0,66) %17

İki problemde de bireyler çoğunlukla beklenen değeri düşük alternatifleri tercih ederek beklenen fayda teorisini ihlal etmektedirler. Bu sonuç B ve C seçeneklerinin beklenen değerleri A ve C seçeneklerine göre düşük olmalarına rağmen bireylerin bu seçeneklerin beklenen faydasını daha yüksek olarak algılamaları anlamına gelmektedir. Yazarlara göre bunun sebebi, bireylerin sonucu kesin olan alternatifleri sonucu olasılıklar dahilinde gerçekleşecek alternatiflere göre daha fazla ağırlık vermeleridir. Ayrıca C ve D alternatifleri, A ve B alternatiflerinde ortak olan %66 ihtimalle 2.400 birim gelir etme elemanının çıkarılması ile elde edilmiştir. Bu nedenle, bireylerin çoğunlukla B ve C'yi aynı anda seçmeleri Savage'ın kesin olma prensibini de (the sure thing principle) ihlal etmektedir.

Kesinlik etkisi beklenen fayda yaklaşımını ihlal eden tek hata tipi değildir. Aşağıda bu yaklaşımı farklı şekilde ihlal eden iki örnek sunulmaktadır<sup>109</sup>.

Problem 3:

A: (6.000, 0,45) %14

B: (3.000, 0,90) %86

Problem 4:

C: (6.000, 0,001) %73

D: (3.000, 0,002) %27

Problem 3'te prospectlerin olasılıkları yüksektir ve beklenen getirileri birbirine eşittir. Bu durumda bireyler olasılığı daha yüksek olan B seçeneğini tercih etmişlerdir. Buna karşılık, problem 4'te ise prospectlerin olasılıkları çok düşüktür ve

---

<sup>109</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, s. 267.

yine beklenen getirileri birbirine eşittir. Bu problemde bireyler kazancı veya sonucu yüksek olan C seçeneğini tercih etmişlerdir. Nitekim Kahneman ve Tversky'ye göre piyango benzeri düşük olasılıklarda bireyler kazancı yüksek olan alternatifleri tercih etmektedirler.

Yazarların buraya kadar verdiği örneklerde prospectler pozitiftir, dolayısıyla kayıp söz konusu değildir. Aşağıda Problem 3 ve Problem 4'ün sonuçlarının negatif hale getirilmesi ile elde edilen Problem 3' ve Problem 4' sunulmaktadır. Verilen cevaplardan görüldüğü gibi, sonuçlar negatif olduğunda bireylerin tercih sıralaması terse dönmektedir. Kahneman ve Tversky bu sistematik değişimi *yansıma etkisi (reflection effect)* olarak adlandırmaktadırlar. Yansıma etkisinin sonuçlarını daha açık bir şekilde ifade edecek olursak; bireyler yüksek olasılıkların söz konusu olduğu durumlarda olasılığı daha düşük olan prospecti tercih etmektedirler. Buna karşılık, olasılıkları çok düşük piyango benzeri oyunlarda bireyler sonucu veya cezası daha düşük olan seçeneği tercih etmektedirler.

Problem 3':

A': (-6.000, 0,45)	%92
B': (-3.000, 0,90)	%8

Problem 4':

C': (-6.000, 0,001)	%42
D': (-3.000, 0,002)	%58

Yansıma etkisini dikkate alan yazarlar, pozitif prospectlerde bireylerin riskten kaçınan bir tutum sergilediğini, ancak negatif prospectlerde bireylerin risk arayan bir davranış sergilediklerini savunmaktadırlar. Bundan dolayı kesinlik durumunun her zaman tercih edilir olduğunu söylemek doğru olmayacaktır<sup>110</sup>.

Kahneman ve Tversky'nin beklenen fayda yaklaşımına getirdiği diğer bir eleştiri sigorta satın alma kararlarıdır. Yazarlara göre, tutarları küçük veya büyük olabilen sigorta hizmetlerinin satın alınması paranın fayda fonksiyonunun içbükey olduğuna dair güçlü bir delildir. Bundan dolayı, bireyler fiyatı beklenen aktüeryal maliyetinin üzerinde sigorta hizmetlerini satın almaktadırlar. Buna karşılık, yazarların yaptığı

---

<sup>110</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, ss. 268-269.

çalışma paranın fayda fonksiyonunun her yerde içbükey olduğu hipotezini desteklememektedir. Bu sigorta tipine *olasılıklı sigorta (probabilistic insurance)* adı verilmektedir. Aşağıda yazarların Stanford Üniversitesi öğrencisi olan 95 kişiye yaptığı çalışma sunulmaktadır<sup>111</sup>.

Problem 5:

Bir mülkünüzü yangın, hırsızlık ve benzeri konularda sigorta ettirmeyi düşünüyorsunuz. Fiyat ve riskleri değerlendirdiğinizde, sigorta hizmeti satın almak ve almamak arasında kayıtsız kalıyorsunuz. Sigorta şirketi size yeni hizmeti olan olasılıklı sigortayı öneriyor. Bu hizmette fiyatın yarısını ödüyorsunuz. Buna karşılık, bir kaza veya hırsızlık olduğunda %50 ihtimalle zararınızın tamamı karşılanacaktır, ancak %50 ihtimalle poliçe ücretiniz iade edilip zararınız karşılanmayacaktır. Bu durumda mülkünüzü sigorta ettirir misiniz?

Kahneman ve Tversky'nin anket çalışmasına göre, ankete katılan bireylerin %80'i mülklerini sigorta ettirmemeyi tercih etmişlerdir. Halbuki, beklenen fayda teorisine göre, olasılıklı sigorta normal sigortaya göre daha caziptir. Çünkü fayda fonksiyonu içbükey olduğundan sigorta poliçesinin fiyatı azaldıkça faydası artmaktadır<sup>112</sup>.

Tversky'ye göre, tüketiciler karar verirken alternatiflerin ortak elemanlarını eleyerek ve onları birbirinden ayıran elemanlara odaklanmak suretiyle yapacakları seçimi kolaylaştırmaktadırlar<sup>113</sup>. Kahneman ve Tversky teorilerinde bu eleme işlemi *izolasyon etkisi (isolation effect)* olarak tanımlamaktadırlar. İzolasyon etkisinden dolayı bireyler tutarsız satın alma kararları verebilmektedirler. Çünkü, eleme işlemi birden fazla şekilde yapmak mümkündür. Dolayısıyla, farklı elemeler farklı kararlara yol açabilmektedir. Bu etki aşağıda Problem 6'da takdim edilmektedir<sup>114</sup>.

Problem 6:

Bu oyunda iki aşama mevcuttur. Birinci aşamada ya %75 ihtimalle oyun dışı kalırsınız, ya da %25 ihtimalle ikinci aşamaya geçersiniz. İkinci aşamada ise

---

<sup>111</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, s 269.

<sup>112</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, s 270.

<sup>113</sup> Amos Tversky (1972), "*Elimination by Aspects: A Theory of Choice*", *Psychological Review*, ss. 281-289.

<sup>114</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), "*Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk*", *Econometrica*, Vo 47, No 2, s. 271.



aşağıdaki A veya B seçeneklerinden biri seçilecektir, ancak bu seçim birinci aşamaya başlamadan önce yapılmalıdır.

A: (4.000, 0,80) %22

B: (3.000, 1,00) %78

Yukarıdaki problemde bireyin yapacağı tercih  $0,25 \times 0,80 = 0,20$  ihtimalle 4.000 kazanmak veya  $0,25 \times 1,00 = 0,25$  ihtimalle 3.000 kazanmak arasındadır. Anket çalışmasına katılanların çoğunluğu iki alternatifte ortak olan birinci aşamayı eleyerek B seçeneği seçmişlerdir. Eleme yapıldıktan sonra kesinlik etkisi sebebiyle B seçeneği ağır basmaktadır<sup>115</sup>. Buna karşılık, eleme yapılmazsa A seçeneği yüksek beklenen getirisi ile daha caziptir.

Kahneman ve Tversky yukarıda sunulan örneklerle ve açıklamalarla bireylerin tüketim kararlarını açıklamak için beklenen fayda teorisinin yeterli bir model olmadığını ortaya koymaktadırlar. Bu nedenle, beklenen fayda yaklaşımının yerine ortaya koydukları prospect teorisinde karar verme sürecini iki aşamada incelemektedirler. Birinci aşama *düzenleme (editing)* sürecidir ve alternatiflerin ön analizini kapsamaktadır. İkinci aşama ise düzenleme aşamasından geçen alternatiflerin değerlendirilmesi ve en değerli alternatifin seçilmesi aşamalarını içeren *değerlendirme (evaluation)* sürecidir<sup>116</sup>.

*Düzenleme (editing)* aşamasının amacı seçenekleri yeniden yapılandırarak sonrasında gelen değerlendirme ve seçim sürecini kolaylaştırmaktır. Bu aşama alternatif prospectlerin sonuçlarına ve olasılıklarına bir takım işlemlerin uygulanmasından ibarettir. Bu işlemlerin başlıcaları aşağıda sunulmaktadır<sup>117</sup>.

### **Kodlama (Coding)**

Yukarıdaki açıklamalardan ve örneklerden de anlaşılacağı gibi, bireyler kararlarının sonuçlarını mal varlıklarının nihai durumu yerine kazanç veya kayıp olarak algılamaktadırlar. Kayıp veya kazanç elbette belirli bir referans noktasına göre göreceli olarak hesaplanabilmektedir. Bu referans noktası genellikle mevcut mal varlığı düzeyidir. Buna karşılık, referans noktası ile kayıp veya kazanç algısı

---

<sup>115</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, s. 272.

<sup>116</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, s. 274.

<sup>117</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, ss. 274-277.

bireylerin beklentilerinden veya karar verilecek alternatiflerin yapılarından etkilenebilmektedir. Bu etkiyi adı geçen yazarlar kodlama olarak tanımlamaktadırlar.

### **Kombinasyon (Combination)**

Prospectlerin birbirine eşdeğer sonuçlarının birleştirilmesiyle karar verme problemi daha basit hale getirilebilmektedir. Örneğin (200, 0,25 | 200, 0,25) prospecti (200, 0,50) olarak basitleştirilebilir.

### **Ayırma (Segregation)**

Bazen prospectlerin olasılıklı elemanlarının tamamı ortak ve risksiz bir sonuç içerebilir. Düzenleme sürecinde bu risksiz sonucun prospectlerden ayrılması ile problem daha basit hale getirilmektedir. Örneğin (300, 0,80 | 200, 0,20) prospectinde kesin kazanılacak 200 birimin çıkarılması ile (100, 0,80) prospecti elde edilir.

Buraya kadar anlatılan işlemler prospectlere teker teker uygulanmaktadır. Bundan sonra anlatılacaklar ise iki veya daha fazla prospecte aynı anda uygulanacak yapıdadır.

### **Eleme (Cancellation)**

Daha önce ifade ettiğimiz izolasyon etkisine (isolation effect) göre prospectlerin ortak elemanları elenerek ihmal edilebilmektedir. Buna ek olarak farklı bir eleme işlemi de sonuç ve olasılıkların birlikte elenmesidir. Örneğin (200, 0,20 | 100, 0,50 | -50, 0,30) ve (200, 0,20 | 150, 0,50 | -100, 0,30) prospectlerinde ortak olan %20 ihtimalle 200 birim kazanma şansının elenmesiyle (100, 0,50 | -50, 0,30) ve (150, 0,50 | -100, 0,30) prospectleri elde edilebilir.

Kahneman ve Tversky'nin düzenleme sürecinde tanımladıkları iki diğer aşama ise *basitleştirme (simplification)* ve *dominant tespitidir (detection of dominance)*. Basitleştirme işlemi prospectlerin rakamlarının yuvarlanması olarak tanımlanmaktadır. Örneğin (101, 0,49) prospecti %50 ihtimalle 100 birim kazanmak olarak algılanabilir. Dominant tespiti ise, gerçekleşmesi olası olmayan düşük ihtimalli elemanların ihmal edilmesi ve gerçekleşmesi olası elemanları karşılaştırarak değerlendirmeyi yapma süreci olarak ifade edilmektedir.

Yukarıda yapılan açıklamalardan ve verilen örneklerden anlaşılacağı gibi düzenleme süreci bireylerin tercihlerinde pek çok tutarsızlığa yol açabilmektedir. Örneğin,

izolasyon etkisinde bahsedilen hatalar prospectlerin ortak elemanlarının elenmesinden dolayı ortaya çıkabilmektedir.

Düzenleme sürecinin ardından bireyler değerlendirme sürecinde en yüksek değere sahip prospecti tercih etmektedirler. Bu değeri hesaplanmasında yararlanılan ve “V” ile isimlendirilen fonksiyonun “ $\pi$ ” ve “v” olmak üzere iki bileşeni mevcuttur. Aşağıda fonksiyonun iki tercihli olarak genelleştirilmiş hali takdim edilmektedir<sup>118</sup>.

$$V(x,p;y,q) = \pi(p)v(x) + \pi(q)v(y) \quad (1.44)$$

$\pi$  : p olasılıklarını  $\pi(p)$  olarak karar ağırlıklarına dönüştüren ölçektir.

$\pi(p)$  : p olasılığının prospectin toplam değerine etkisini ifade eder.  $\pi(p)$  olasılık ölçüğü değildir. Dolayısıyla  $\pi(p) + \pi(1-p)$  değeri 1’den küçüktür.

v : x sonuçlarına o sonucun sübjektif değerini  $v(x)$  olarak atayan ölçektir.

$v(x)$  : Genellikle mal varlığı olarak ifade edilen referans noktasından sapmaları ölçer.

Yukarıda sunulan eşitlik beklenen fayda yaklaşımında bulunan olasılıkların karar ağırlıkları ile ikame edilmesi, bir başka deyişle olasılıklara göre beklenen fayda hesaplama prensibine esneklik kazandırılarak elde edilmiştir. Ayrıca prospectlerin olasılıklarının yerini karar ağırlıkları almıştır.

Prospect teorisinin önemli özelliklerinden birisi de prospectin değerini bireyin mal varlığının nihai durumu yerine mal varlığında oluşan değişim olarak kabul etmesidir. Ayrıca, düzenleme sürecinin aşamaları prospectlerin risksiz kısmını ayırarak kişinin mevcut varlığına katmaktadır. Bu da karar mekanizmasını etkilemektedir. Kahneman ve Tversky’ye göre bu varsayım algı ve karar vermenin temel prensiplerine uygundur. Bireylerin algı mekanizması mutlak büyüklere değil değişimleri değerlendirmeye uygundur. Örneğin parlaklık, ısı, ses ve benzeri duyuşal parametreleri geçmişte oluşmuş ilgili referanslarla kıyaslayarak aradaki fark olarak algılamaktayız. Ayrıca; sağlık, prestij ve mal varlığı gibi duyuşal olmayan parametreler de aynı mantıkla değişim düzeyleriyle algılanmaktadır.

Faydayı mal varlığının nihai seviyesi yerine kazanç veya kayıpla ilk olarak ilişkilendiren kişi Harry Markowitz’dır. Markowitz pozitif ve negatif prospectlerin

---

<sup>118</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, ss. 275-278.

sırasıyla içbükey ve dışbükey fayda fonksiyonuna sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, beklenen fayda yaklaşımının ihlallerine yönelik bir çalışma yapmamıştır<sup>119</sup>.

Prospect teorisinde değer, mevcut mal varlığı ve mal varlığında oluşan değişim olmak üzere iki parametreye sahip bir fonksiyondur. Değer fonksiyonu mal varlığı düzeyi arttıkça daha doğrusal bir yapı gösterir. Ayrıca prospectlerin sıralanması bireylerin mal varlığı düzeyine pek değişmemektedir. Örneğin, (1.000, 0,50) prospectinin değeri farklı gelir düzeylerinde ölçülmüştür ve çoğunluğun bu prospecti 300 ile 400 arasında değerlediği tespit edilmiştir<sup>120</sup>.

Birçok duyuşsal ve algısal parametredeki değişimin fark edilme düzeyi içbükey bir yapıya sahiptir. Örneğin, bireyler 3 ve 6 derece arasındaki sıcaklık değişimini 13 ve 16 derece arasındaki değişime göre daha rahat fark ederler. Kahneman ve Tversky'ye göre bu prensip mal varlığı düzeyindeki değişimde de geçerlidir. Örneğin 100 ve 200 birim arasındaki mal varlığı değişimi 1.100 ve 1.200 birim arasındaki değişimden çok daha önemlidir. Bu varsayımlardan hareket eden yazarlar, değer fonksiyonunun değişimin ölçüldüğü referans noktasının üstünde içbükey ( $v'(x) < 0, x > 0$  için), altında ise dışbükey ( $v'(x) > 0, x < 0$  için) olduğunu savunmuşlardır. Diğer bir deyişle, marjinal fayda kazanç için içbükey, kayıp için ise dışbükeydir. Bu varsayıma göre, kazanç ve kaybın marjinal değeri, kazanç ve kayıp arttıkça azalır.

Kahneman ve Tversky'ye göre aynı tutardaki kaybın mutlak değeri, kazancın mutlak değerinden büyüktür. Bundan dolayı, Marshall'ın da daha önce ifade ettiğı gibi ceza ve ödölü eşit yazı tura oyunu bireylere çekici gelmemektedir. Ayrıca ödöl ve cezanın miktarı arttıkça bireyler bu oyuna daha az ilgi duymaktadırlar<sup>121</sup>.

Yukarıda anlatılan bilgilerin ışığında yazarların ortaya koyduğı değer fonksiyonunun grafiğı aşağıda takdim edilmektedir. Bu değer fonksiyonunun üç önemli özelliğı bulunmaktadır<sup>122</sup>:

- referans noktasından sapmalar için tanımlıdır,

---

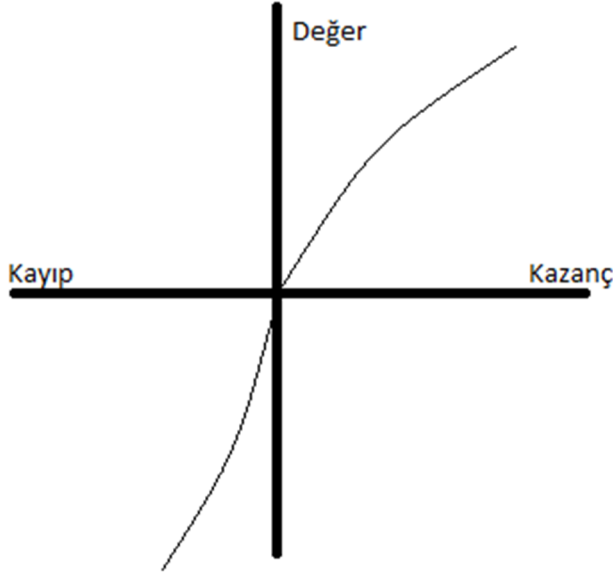
<sup>119</sup> Harry Markowitz (1952), "*Utility of Wealth*", The Journal of Political Economy, Vol 60, No 2, ss. 151-158.

<sup>120</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), "*Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk*", Econometrica, Vo 47, No 2, ss. 277-278.

<sup>121</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, s. 279.

<sup>122</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, s. 279.

- genelde kazanç için içbükey, kayıp için dışbükeydir,
- kayıplar için kazanca göre daha dik yapıdadır, bu nedenle aynı miktardaki kaybın yarattığı duygu kazancın yarattığı duygudan daha şiddetlidir.



### Grafik 1-2 Kahneman ve Tversky'nin Değer Fonksiyonu

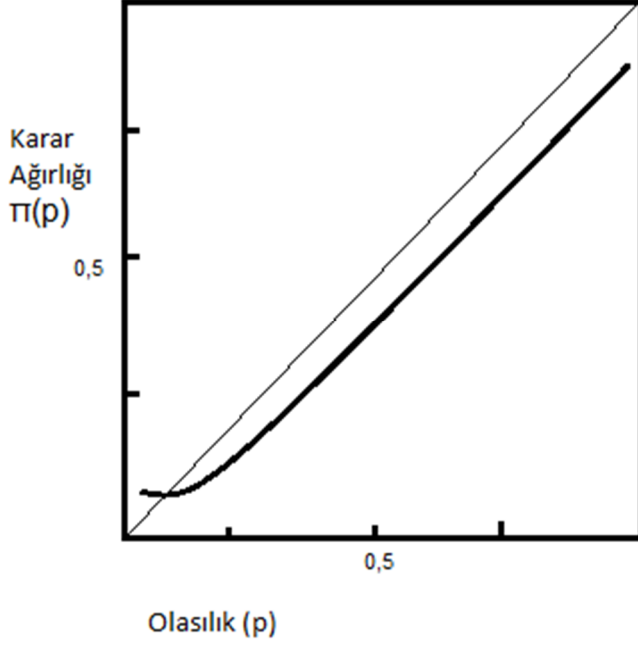
(Kaynak: Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *“Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk”*, *Econometrica*, Vo 47, No 2, s. 279.)

Prospect teorisinde değer fonksiyonunu bireylerin tercihlerinden türetmenin mümkün olmasına rağmen, bu işlem beklenen fayda yaklaşımına göre son derece karmaşıktır. Çünkü, karar ağırlıkları kavramı mevcut modele eklenmiştir. Örneğin karar ağırlıkları doğrusal bir fayda fonksiyonunu riskten kaçınan veya risk arayan bir yapıya dönüştürebilir<sup>123</sup>.

Karar ağırlığı kesinlikle bir olasılık olmadığı gibi olasılığın aksiyomlarına da sahip değildir. Prospect teorisinde her sonucun değeri karar ağırlığı ile çarpılır. Savage'ın yaklaşımında subjektif olasılığın tercihlerden türetildiği gibi, karar ağırlıkları da tercihlerden türetilmektedir. Karar ağırlıkları olayların muhtemel olasılıkları

<sup>123</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, s. 280.

olmaktan çok, prospectlerin çekiciliğini ölçmektedir. Aşağıdaki grafikte Kahneman ve Tversky'nin ortaya koyduğu tipik bir ağırlık fonksiyonu sunulmaktadır<sup>124</sup>.



**Grafik 1-3 Prospect Teorisi Karar Ağırlıkları**

(Kaynak : Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *“Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk”*, Econometrica, Vo 47, No 2, s. 283.)

Kahneman ve Tversky'nin beklenen fayda yaklaşımını geliştirerek prospect teorisini ortaya koymalarından sonra çeşitli yazarlar (Quiggin 1982, Schmeidler 1989, Yaari 1987, Weymark 1981) bu yaklaşımı geliştirmeye devam etmişlerdir. Bunlardan en önemlisi John Quiggin'in “Generalized Expected Utility The Rank Dependent Model” adlı eserinde yayınladığı sıraya dayalı beklenen fayda modelidir (rank dependent expected utility). Bu çalışmanın üzerine Kahneman ve Tversky, Luce ve Fishburn'un çalışmalarından eklentiler de yaparak teorilerini revize etmişler ve kümülatif prospect teorisini ortaya koymuşlardır<sup>125</sup>. Quiggin'in geliştirdiği model

<sup>124</sup> Daniel Kahneman ve Amos Tversky (1979), *a.g.e.*, s. 283.

<sup>125</sup> Amos Tversky ve Daniel Kahneman (1992), *“Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty”*, Journal of Risk and Uncertainty, 5:297-323, s. 298.

diğer yazarların çalışmalarına yön verdiğinden dolayı beklenen fayda yaklaşımının tarihsel gelişiminde kayda değer bir aşama olarak görülmektedir.

John Quiggin'e göre sıraya dayalı beklenen fayda modeli birkaç farklı açıdan yorumlanabilmektedir. İlk olarak bu model olasılıkları ağırlıklandırma yaklaşımının çoklu sonuçlara göre genişletilmesi olarak görülmektedir. Ayrıca, olasılıkları ağırlıklandırma yöntemi ile dominant olan prospectin tercih edilmemesi ihlalinden kaçınmak mümkün değildir. Bu açıdan sıraya dayalı beklenen fayda yöntemi, iki sonuçlu prospectler için olasılıkların ağırlıklandırması yaklaşımının genişletilmesi ile elde edilen ve birinci dereceden stokastik dominantlık ilkesi ile tutarlı tek modeldir. Quiggin, ikinci olarak modelini prospectin olası sonuçları kümesinden çok riskin varlığına dayandırmaktadır. Üçüncü olarak ise modelini Savage'ın kesin olma prensibinin değiştirilmiş hali olarak tanımlamaktadır. Quiggin'e göre kesin olma prensibi prospectlerin sıralanmasının ardından olasılık ve sıra açısından eşit prospectlere uygulanabilir. Quiggin son olarak beklenen fayda yaklaşımının yeniden gözden geçirilmesinin Menahem Yaari'nin dual modeline öncülük ettiğini ifade etmektedir. Yaari'nin çalışmasında fayda fonksiyonunun doğrusal olduğu varsayılmıştır ve dolayısıyla bireylerin risk tutumları tamamen faydaya bağımlıdır<sup>126</sup>.

Allais ağırlıklandırma fonksiyonunun genel yapısının tekil olayların olasılıkları yerine olasılıklar vektörünün bütününe dayanması gerektiğini 1953 yılında ifade etmiş olmasına rağmen, bu fikri fonksiyonel hale getirdiği gibi aksiyomlaştırmamıştır. Bundan hareket eden ve Jagdish Handa'nın çalışmasından esinlenen Quiggin, tekil olasılıklar yerine bütün bir olasılık dağılımı gerektiren sıraya dayalı modelini ortaya koymuştur. Quiggin'in modelinin kümülatif dağılım fonksiyonu orijinal notasyonuyla aşağıda sunulmaktadır<sup>127</sup>.

$$V(\{x; p\}) = \sum_{i=1}^n U(x_i)h_i(p) \quad (1.45)$$

$$h_i(p) = q(\sum_{j=1}^i p_j) - q(\sum_{j=1}^{i-1} p_j) = q(F(x_i)) - q(F(x_{i-1})) \quad (1.46)$$

V : toplam fayda fonksiyonu,

x : prospectin sonucu,

---

<sup>126</sup> John Quiggin (1993), *Generalized Expected Utility Theory The Rank-Dependent Model*, E-kitap, Springer Science Business Media Dordrecht, ss. 55-56.

<sup>127</sup> John Quiggin (1993), *a.g.e.*, ss. 56-57.

$u(x)$  : x prospectinin faydası,

Fonksiyonun daha iyi anlaşılması için aşağıdaki eşitlikte olduğu gibi değerlendirilmesi Quiggin tarafından faydalı bulunmaktadır.

$$q(p)=1-q(1-p) \quad (1.47)$$

İki sonuçlu bir prospect için ağırlık vektörü aşağıda sunulmaktadır. Bu eşitlikte q kötü sonucu ve q\* göreceli olarak daha iyi sonucu ifade etmektedir.  $q(p) = q^*(p)$  olduğundan ağırlık fonksiyonu simetrik hale gelmektedir.

$$h(p)=(q(p_1),q^*(p_2)) \quad (1.48)$$

Quiggin'in karar ağırlıklarını kümülatif ağırlık fonksiyonu ile ikame etmesinin ardından, Kahneman ve Tversky teorilerini kümülatif prospect teorisi olarak revize etmişlerdir. Yeni teori hem riskli prospectlere hem de belirsizlik içeren prospectlere uygulanabilmektedir. Yeni teorinin iki esas noktası mevcuttur. Bunlardan birincisi kazanç için içbükey, kayıp için dışbükey ve kayıp için kazançtan daha dik olan değer fonksiyonudur. İkincisi ise küçük olasılıkları olduğundan daha fazla değerli, orta düzeyde ve büyük olasılıkları olduğundan daha az değerli olarak değerlendiren, olasılık ölçeğinin doğrusal olmayan dönüşümünü sağlayan kümülatif ağırlıklandırma fonksiyonudur. Yeni teorinin bu fonksiyonu sıra bağımlı veya kümülatif fonksiyon olarak adlandırılmaktadır<sup>128</sup>.

Güncellenmiş teoride ortaya konulan standart beklenen fayda modeline uymayan ve deneylerle doğrulanmış beş durum aşağıda sıralanmaktadır<sup>129</sup>.

### **Çerçeveleme Etkisi (Framing effects)**

Rasyonel tüketici davranışı varsayımına göre eşdeğer formulasyonu olan her tercih probleminin sonucu aynı tercih sıralaması olmaktadır. Ancak gerçek hayatta çerçeveleme etkisi sebebiyle bu durumu sistematik olarak ihlal eden örnekler mevcuttur.

---

<sup>128</sup> Amos Tversky ve Daniel Kahneman (1992), "*Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty*", Journal of Risk and Uncertainty, 5:297-323, ss. 297-298.

<sup>129</sup> Amos Tversky ve Daniel Kahneman (1992), *a.g.e.*, ss. 298-299.



### **Doğrusal Olmayan Tercihler (Nonlinear preferences)**

Beklenen fayda ilkesine göre riskli bir prospectin faydası olasılıklar ile doğrusaldır. Ancak yapılan çalışmalarda bu ilkenin gerçek hayatla bağdaşmadığı ortaya konulmuştur. Örneğin daha önce ifade edilen Allais paradoksunun örneklerinde 0,99 ile 1,00 olasılıkları arasındaki değişimin 0,10 ve 0,11 olasılıkları arasındaki değişimden daha etkili olduğu ortaya konulmuştur.

### **Kaynak Bağımlılığı (Source Dependence)**

Bireylerin belirsizlik ortamında bahis oynama isteğini sadece belirsizliğin seviyesi değil, aynı zamanda belirsizliğin kaynağı da etkilemektedir. Daha önce açıklanan Ellsberg deneyinde, bireyler içindeki top sayısı belli olan torbadan top çekmeyi, top sayısı belirsiz olan torbaya tercih etmişlerdir. Ayrıca bireyler uzmanlık alanları ile ilgili bir konuda bahis oynamayı, oranları belirsiz olsa dahi şansa dayalı ve olasılıkları belirli diğer bahislere tercih etmektedirler.

### **Risk Arayışı (Risk Seeking)**

Ekonomik analizlerde, risk almaktan kaçınan tutumun genellikle belirsizlik ortamı koşullarında olduğu varsayılmaktadır. Buna karşılık risk arayan tutum ise sistematik olarak iki durumda görülmektedir. Bunlardan birincisi bireylerin olasılığı çok düşük ancak getirisi büyük prospectleri, beklenen parasal değerinin üzerinde bir değer vererek tercih etmeleridir. Milli Piyango biletlerinin satın alınması bu risk arayışının en belirgin örneğini teşkil etmektedir. Milli Piyango İdaresi topladığı hasılatın %35-40'ını ikramiye olarak dağıtmaktadır. Bundan dolayı sonsuz sayıda bilet alan bir bireyin beklenen parasal getirisi yatırdığı paranın %35-40'ı kadar olacaktır. Beklenen değeri düşük olmasına rağmen bireyler Milli Piyango biletine rağbet göstermektedirler. İkinci risk arayan tutum ise, kesin bir kayıp ile kayda değer bir olasılığa sahip daha yüksek kayıp arasında tercih yapan bireylerin riskli prospecti tercih etmeleridir.

### **Kayıptan Kaçınma (Loss aversion)**

Hem risk ve hem de belirsizlik durumları altında bireyler aynı tutardaki kaybı kazanca göre daha şiddetli hissetmektedirler. Kayıp ve kazanç arasındaki bu asimetri gelir etkisiyle veya azalan riskten kaçınma tutumu ile açıklanamayacak kadar karmaşık bir olgudur.

Kümülatif prospect teorisi; kayıptan kaçınmayı, risk arayışını ve değerle doğrusal olmayan tercihleri kümülatif ağırlıklandırma fonksiyonu ile açıklamaktadır. Çerçeveleme süreci tercihlerin kaynakları ile bu açıklamayı desteklemektedir.

Yeni teori tercih sürecini çerçeveleme ve değerlendirme olmak üzere iki aşamada incelemektedir. Çerçeveleme aşamasında, karar verici eylemlerin, beklentilerin ve tercihlerin sonuçlarının bir simülasyonunu yapmaktadır. Değerleme sürecinde ise, karar veren birey her prospecti değerlendirmekte ve prospectlerin arasından tercihini yapmaktadır. Bireylerin prospectleri ele alış şeklini ifade eden çerçeveleme sürecinin formal bir prosedürü bulunmamasına rağmen, eylemlerin, beklentilerin ve tercihlerin sonuçlarının bir simülasyonunun yapılması mümkündür. Nitekim, prospect teorisi ile ilgili olarak yapılan açıklamalar ve verilen örnekler bu simülasyonun yapılabilmesi için gerekli altyapıyı oluşturmaktadır<sup>130</sup>.

Klasik teoride bilinmezlik durumundaki bir prospectin toplam faydası olasılıkları ağırlıklandırılmış olan sonuçların faydalarının toplamına eşittir. Ampirik deliller bu teoride iki önemli değişiklik yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bunlardan birincisi, prospectin değerini belirleyen unsuri kayıp veya kazanç yerine son mal varlığının toplam değeridir. İkincisi ise, toplam faydanın her sonucun değerinin, toplanabilir olasılık yerine karar ağırlığı ile çarpılarak hesaplanmasıdır. Klasik teoride ve diğer eski modellerde, ağırlıklandırma fonksiyonu sonuç olasılıklarının monotonik bir dönüşümüdür. Eski teorinin bu fonksiyonunun iki önemli problemi mevcuttur. Birincisi, bu fonksiyon stokastik dominant olma ilkesini sağlamamaktadır. İkincisi, sonuç sayısı fazla olan prospectler için uygun olmamasıdır. Bu problemlerin açıkça dominant olan prospectlerin düzenleme sürecinde elenmesi ve ağırlıkların normalize edilerek toplamının bire eşitlenmesi ile bertaraf edilmesi mümkündür. Ancak bu yöntem alternatif olarak, ilk olarak Quiggin'in riskli ortam kararları için oluşturduğu ve daha sonra David Schmeidler'in<sup>131</sup> belirsizlik ortamı için geliştirdiği kümülatif ağırlıklandırma fonksiyonu ile de bu problemler ortadan kaldırılabilir. Yeni model, her olasılığı ayrı ayrı dönüştürmek yerine kümülatif dağılım fonksiyonunun bütünü dönüştürmektedir. Yeni teori, kümülatif ağırlıklandırma fonksiyonunu kayıp ve

---

<sup>130</sup> Amos Tversky ve Daniel Kahneman (1992), *a.g.e.*, s. 299.

<sup>131</sup> David Schmeidler (1989), "*Subjective Probability and Expected Utility Without Additivity*", *Econometrica*, Vol. 57, No. 3, ss. 581-587.

kazançlara ayrı ayrı uygulamaktadır. Bu güncelleştirme ile prospect teorisi hem riskli ve hem de belirsizlik durumu içeren ve herhangi bir sonuç sayısına sahip prospectlere uygulanabilmektedir. Yeni teorinin notasyonu ve formülasyonu aşağıda sunulmaktadır<sup>132</sup>.

$S$  : Gerçek hayattaki durumların sonlu bir kümesidir ve bu kümenin alt kümeleri olaylar olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca sadece bir durumun gerçekte olduğu ve bu durumun karar verici tarafından bilinmediği varsayılmaktadır. Modelin basitleştirilmesi için parasal sonuçlar kullanılmaktadır.

$X$  : Pozitif ve negatif değerler alabilen, diğer bir deyişle kazanç ve kaybı ifade eden sonuçlar kümesidir.

$f$  :  $S$  kümesinden  $X$  kümesine tanımlı ve her duruma ( $s \in S$ ) bir sonuç atayan bir fonksiyondur ( $f(s) = x, (x \in X)$ ).

Kümülatif fonksiyonu tanımlamak için sonuçlar küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır. Bu sıralamada prospectler  $(x_i, A_i)$  olarak gösterilmektedir.

$(x_i, A_i)$  :  $A_i$  gerçekleştiğinde  $x_i$  sonucunu veren prospecti ifade etmektedir.  $i > j$  ise  $x_i > x_j$  koşulu sağlamaktadır. Ayrıca  $A_i$   $S$ 'in alt kümesidir. Pozitif sonuçlar için pozitif indis, negatif sonuçlar için negatif indis ve sıfır sonucu için sıfır indisi kullanılmaktadır.

Bu modelde bir prospectin bütün sonuçları negatif değil ise o prospect *kesinlikle pozitif* olarak ve bütün sonuçları pozitif değil ise *kesinlikle negatif* olarak tanımlanmaktadır. Kesinlikle pozitif ve kesinlikle negatif prospectlerin bu tanımlamasına istinaden, bunların dışındaki prospectler *karışık prospect* olarak adlandırılmaktadır.

$f^+$  :  $f$  fonksiyonunun pozitif kısmını ifade etmektedir.  $f(s) > 0$  ise  $f^+(s) = f(s)$ ,  $f(s) = 0$  ise  $f^+(s) = 0$ 'dir. Bu tanımlamaya istinaden,  $f^-$  ise  $f$  fonksiyonunun negatif kısmını tanımlamaktadır.

Beklenen fayda teorisinde olduğu gibi her  $f$  prospectine bir  $V(f)$  değeri atanmaktadır. Bu atamaya göre, eğer  $f$  en az  $g$  kadar tercih edilir bir prospect ise  $V(f) \geq V(g)$ 'dir.

---

<sup>132</sup> Amos Tversky ve Daniel Kahneman (1992), "*Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty*", Journal of Risk and Uncertainty, 5:297-323, ss.. 299-301.

$W$  : Her  $A \subset S$  olayına bir  $W(A)$  değeri atayan,  $W(\Phi) = 0, W(S) = 1$  ve  $A \subset B$  olduğunda  $W(A) \geq W(B)$  koşullarını sağlayan kapasite fonksiyonudur.

Kümülatif prospect teorisine göre,  $v(x_0) = v(0) = 0$  koşulunu ve aşağıdaki eşitliği sağlayan artan bir değer fonksiyonu mevcuttur ( $f = (x_i, A_i), -m \leq i \leq n$ ).

$$V(f) = V(f^+) + V(f^-), \quad (1.49)$$

$$V(f^+) = \sum_{i=0}^n \pi_i^+ v(x_i), \quad (1.50)$$

$$V(f^-) = \sum_{i=-m}^0 \pi_i^- v(x_i), \quad (1.51)$$

Değer fonksiyonundaki karar ağırlıkları  $\pi^+(f^+) = (\pi_0^+, \dots, \pi_n^+)$  ve  $\pi^-(f^-) = (\pi_{-m}^-, \dots, \pi_0^-)$  aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$\pi_n^+ = W^+(A_n) \quad (1.52)$$

$$\pi_{-m}^- = W^-(A_{-m}) \quad (1.53)$$

$$\pi_i^+ = W^+(A_i \cup \dots \cup A_n) - W^+(A_{i+1} \cup \dots \cup A_n), \quad 0 \leq i \leq n-1 \quad (1.54)$$

$$\pi_i^- = W^-(A_{-m} \cup \dots \cup A_i) - W^-(A_{-m} \cup \dots \cup A_{i-1}), \quad 1-m \leq i \leq 0 \quad (1.55)$$

$i \geq 0$  ise  $\pi_i = \pi_i^+$  olmaktadır ve  $i < 0$  ise  $\pi_i = \pi_i^-$  olmaktadır. Bu durumda değer fonksiyonu eşitliği aşağıdaki haline indirgenmektedir.

$$V(f) = \sum_{i=-m}^n \pi_i v(x_i) \quad (1.56)$$

Bu formulasyona pozitif bir sonucu olan karar ağırlığı ( $\pi_i^+$ ), kesinlikle  $x_i$ 'den daha iyi sonucu olan olay ile en az  $x_i$  kadar iyi sonucu olan olayın kapasitelerinin farkına eşittir. Buna karşılık, negatif bir sonucu olan karar ağırlığı ( $\pi_i^-$ ) ise, kesinlikle  $x_i$ 'den daha kötü sonucu olan olay ile en az  $x_i$  kadar kötü sonucu olan olayın kapasitelerinin farkına eşit olmaktadır. Bu durumda bir sonucun karar ağırlığı, o olayın  $W^+$  ve  $W^-$  ile ifade edilen kapasiteleriyle tanımlanmakta olan o olayın marjinal katkısıdır. Eğer her kapasite ( $W$ ) toplanabilir ise, karar ağırlığı ( $\pi_i$ )  $A_i$  olayının olasılığına eşit olmaktadır. Karışık prospectler için, olayların olasılıklarının toplamı 1'den farklı bir değere sahip olabilmektedir. Çünkü kayıp ve kazançlar için karar ağırlıkları ayrı kapasitelerle tanımlanmaktadır.

Eğer  $f = (x_i, A_i)$  prospecti,  $p(A_i) = p_i$  olasılık dağılımı ile tanımlanıyorsa; bu prospecti olasılıklı veya riskli olarak addetmek mümkündür. Bu durumda bu prospectin karar ağırlıkları aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır<sup>133</sup>.

$$\pi_n^+ = w^+(p_n) \quad (1.57)$$

$$\pi_{-m}^- = w^-(p_{-m}) \quad (1.58)$$

$$\pi_i^+ = w^+(p_i + \dots + A_n) - w^+(p_{i+1} + \dots + p_n), \quad 0 \leq i \leq n-1 \quad (1.59)$$

$$\pi_i^- = W^-(p_{-m} + \dots + p_i) - w^-(p_{-m} + \dots + p_{i-1}), \quad 1-m \leq i \leq 0 \quad (1.60)$$

Yukarıdaki eşitliklerde  $w^+$  ve  $w^-$ ,  $w^+(0) = w^-(0) = 0$  ile  $w^+(1) = w^-(1) = 1$  eşitliklerini sağlayan ve kesinlikle artan fonksiyonlardır.

Kahneman ve Tversky modeli açıklamak için çalışmalarında aşağıdaki örneği sunmuşlardır. Bu örnekte, 1'den 6'ya kadar sonucu olan bir zarın atılması söz konusudur. Eğer sonuç çift sayı gelirse oyuncu zarın sonucu kadar ödül alacaktır. Ancak tek sayı gelirse zarın sonucu kadar ceza ödeyecektir. Bu oyun eş olasılıklı sonuçları sahiptir ve risk koşulları altında oynanmaktadır. Model gereği küçükten büyüğe sıralanan sonuçlar aşağıda sunulmaktadır<sup>134</sup>.

(-5, -3, -1, 2, 4, 6), bütün sonuçlar 1/6 olasılığa sahiptir.

$$f^+ = (0, 1/2; 2, 1/6; 4, 1/6; 6, 1/6) \quad (1.61)$$

$$f^- = (-5, 1/6; -3, 1/6; -1, 1/6; 0, 1/2) \quad (1.62)$$

$$V(f) = V(f^+) + V(f^-) \quad (1.63)$$

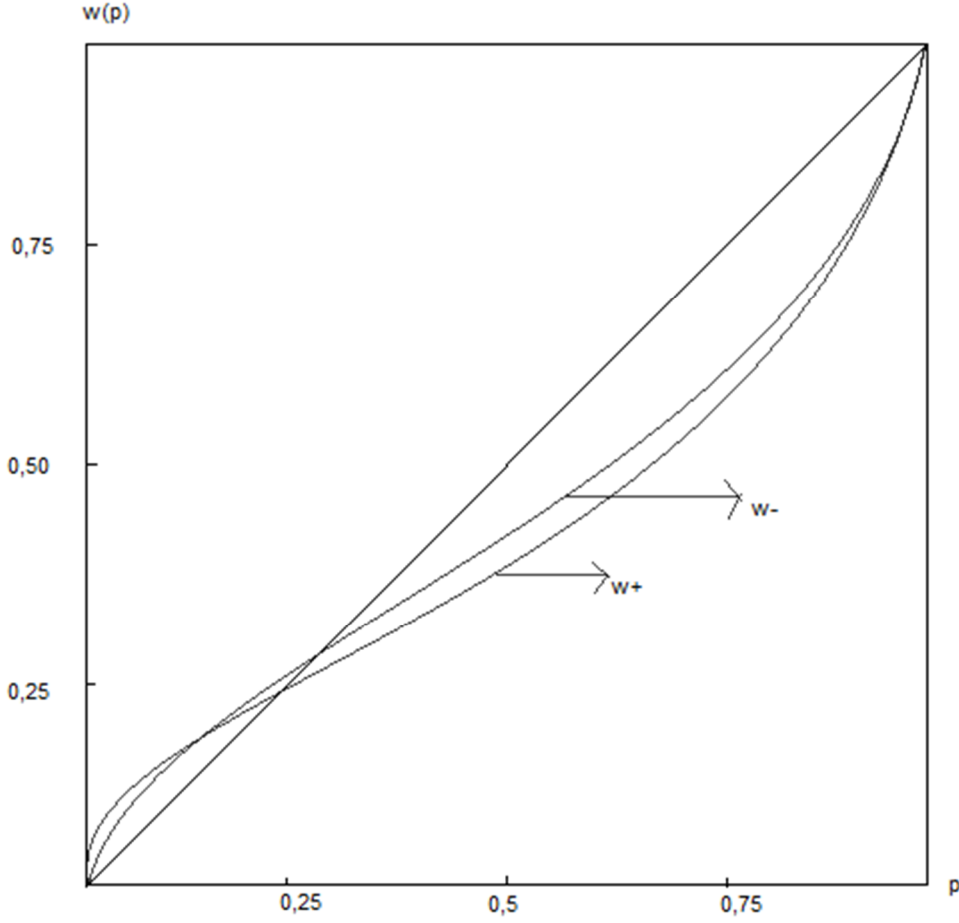
$$\begin{aligned} V(f) = & v(2) \left[ w^+ \left( \frac{1}{2} \right) - w^+ \left( \frac{1}{3} \right) \right] + v(4) \left[ w^+ \left( \frac{1}{3} \right) - w^+ \left( \frac{1}{6} \right) \right] \\ & + v(6) \left[ w^+ \left( \frac{1}{6} \right) - w^+(0) \right] + v(-5) \left[ w^- \left( \frac{1}{6} \right) - w^-(0) \right] \\ & + v(-3) \left[ w^- \left( \frac{1}{3} \right) - w^- \left( \frac{1}{6} \right) \right] + v(-1) \left[ w^- \left( \frac{1}{2} \right) - w^- \left( \frac{1}{3} \right) \right] \end{aligned}$$

<sup>133</sup> Amos Tversky ve Daniel Kahneman (1992), *a.g.e.*, s. 301.

<sup>134</sup> Amos Tversky ve Daniel Kahneman (1992), *a.g.e.*, s. 301.

(1.64)

Kumulatif prospect teorisinin karar ağırlıklarının grafiği aşağıda sunulmaktadır.



(Kaynak: Amos Tversky ve Daniel Kahneman (1992), “*Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty*”, Journal of Risk and Uncertainty, 5:297-323, s. 313.)

Yukarıda sunulan grafik hem pozitif prospectler için ve hem de negatif prospectler için; bireylerin küçük olasılıkları olduğundan daha değerli olarak değerlendirdiklerini, diğer bir yandan orta ve büyük olasılıkları olduğundan daha az değerli olarak değerlendirdiklerini göstermektedir. Bu durumdan bireylerin orta ve ortanın biraz altında bulunan olasılıklara olduğu gibi algıladıkları sonucunu çıkarmak mümkündür. Grafikten ayrıca, kazanç ve kayıp için olan ağırlık fonksiyonlarının

birbirine çok benzediği, ancak yine de kazanç için olanın kayıp için olana göre daha eğimli olduğu görülmektedir<sup>135</sup>.

Karar ağırlıklarının bu yapısı gerçek hayatta oldukça sık olarak gözlemlenmektedir. Küçük olasılıklarının olduğundan daha değerli olarak algılanması piyango biletlerine ve sigorta hizmetlerine olan talebi açıklamaktadır. Bu iki tüketimin kararının da beklenen değerleri negatif olmasına rağmen bireyler tarafından hem piyango bileti ve hem de sigorta hizmeti satın alınmaktadır. Diğer yandan orta düzeyde ve üzerindeki olasılıkların olduğundan daha az değerli olarak algılanmaları, bireylerin genelinin riskten kaçınan tutumlarına bir açıklama getirmektedir.

### 1.2.3 Dinamik Talep Yaklaşımı

Tezin bu bölümüne kadar sunulan geleneksel ve modern talep teorileri zaman boyutu ihmal edilerek incelenmiştir. Diğer bir deyişle, geliştiren talep modelleri tüketici gelirlerinin tamamının ilgili mal veya hizmetlere aynı anda ve tek seferde harcadığı varsayımına dayanmaktadır. Dolayısıyla bu modellerde tüketicilerin gelirlerinden daha fazla veya daha az harcaması söz konusu değildir. Oysaki gerçek hayatta tasarruf ederek veya borçlanarak gelirin altında veya üstünde tüketim yapılması oldukça sık rastlanan ve olağan bir durumdur. Talep teorilerinin temel varsayımlarından biri olan rasyonel tüketici davranışı, faydayı maksimum yapacak şekilde tüketim kararı verilmesidir. Tüketiciler mal veya hizmetlerin bol ve ucuz olduğu dönemlerde ihtiyaçlarından daha fazla satın alıp fazlasını stokta bulundurarak; diğer bir yandan mal veya hizmetlerin kıt ve pahalı olduğu dönemlerde ihtiyaçlarından az satın alarak eksikliğini stoktan tüketerek faydalarını arttırma eğilimindedirler. Ayrıca, dayanıklı tüketim mallarında olduğu gibi tüketiciler gelecekteki gelirlerinden harcama yapabilmektedirler. Bundan dolayı gerçekçi bir talep modelinde stok, tasarruf ve borçlanma gibi zaman boyutuna bağlı parametrelerin incelemesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır<sup>136</sup>.

Tüketicinin tasarruf veya borçlanma güdüsünü belirleyen önemli bir unsur da gelecek ile ilgili olarak yaptığı tahminlerdir. Nitekim, rasyonel bir tüketici gelecekteki talebi, başka bir ifadeyle gelecekteki bolluğu veya kıtlığı tahmin ederek

---

<sup>135</sup> Amos Tversky ve Daniel Kahneman (1992), *a.g.e.*, s. 312.

<sup>136</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *An Introduction to Modern Demand Theory*, Random House, New York, ss. 231-232.

tüketim kararını bugün veya gelecekte vermek arasında seçim yapmaktadır. Bu seçimi etkileyen diğer bir parametre ise tüketicinin ileriye görebilme yeteneğidir. İleri görüşlü bir tüketici geleceği düşünerek bugünkü tüketimi olduğundan daha az çekici olarak hesaplayabilmektedir. Buna karşılık, ileri görüşlü olmayan bir tüketici ise gelecekteki tüketimden elde edeceği faydayı olduğundan daha düşük olarak algılayabilmektedir. Bu durum aslında irrasyonel tüketici davranışlarının sebeplerinden biridir. Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, talep tahmin yöntemleri dinamik talep yaklaşımının bütünleyici bir unsuru olarak ortaya çıkmaktadır<sup>137</sup>.

Dinamik modelde hesaplamaları kolaylaştırmak için tüketicinin zamanı birbirine eşit aralıklara bölünmektedir. Tüketici her zaman aralığının başında gelirini elde etmektedir ve bu gelirini tüketim ve tasarruf arasında paylaşmaktadır. Aşağıda modelin notasyonu sunulmaktadır<sup>138</sup>.

$Y_i$  :  $i$ 'nci mal veya hizmet,  $i=1, 2, \dots, n$ ,

$y_{i,t}$  :  $T$  döneminin başında gerçekleştirilecek  $Y$  mal veya hizmetinin tüketim miktarı,  $i = 1, 2, \dots, n$   $t = 1, 2, \dots, T$ ,  $y_{i,t} \geq 0$

Tüketicinin elde stok bulundurmadığı varsayılarak model basitleştirildiği takdirde, toplam fayda fonksiyonu aşağıdaki hale gelecektir.

$$U = U (y_{1,1}, \dots, y_{n,1}, \dots, y_{1,t}, \dots, y_{n,t}, \dots, y_{n,T}) \quad (1.65)$$

$P_{i,t}$  :  $Y_i$  mal veya hizmetinin  $t$  dönemindeki fiyatı  $i = 1, 2, \dots, n$   $t = 1, 2, \dots, T$ ,

$\dot{I}_t$  :  $t$  dönemindeki faiz oranı,

$M_t$  :  $t$  dönemindeki tüketici geliri,

Bu modelde mal veya hizmetlerin fiyatları ve faiz oranları sabit olarak varsayılmaktadır.

Aşağıda  $t$  dönemindeki tüketici harcamaları sunulmaktadır.

$$E_t = \sum_{i=1}^n P_{i,t} y_{i,t} \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (1.66)$$

<sup>137</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, s. 232.

<sup>138</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, ss. 233-234.



Dinamik modelin statik modelden en önemli farkı olan tasarruf parametresi  $S_t$  ile ifade edilmektedir. Tasarruf son dönem dışında kalan her  $t$  dönemi için pozitif, negatif veya sıfır olabilmektedir. Son dönemde tasarruf sıfıra eşittir ( $S_T = 0$ ). Bu durumda tasarruf için aşağıdaki eşitlikler sağlanmalıdır.

$$M_1 = E_1 + S_1 \quad (1.67)$$

$$M_2 + S_1(1+i_1) = E_2 + S_2$$

.

.

.

$$M_t + S_{t-1}(1+i_{t-1}) = E_t + S_t$$

.

.

.

$$M_T + S_{T-1}(1+i_{T-1}) = E_T$$

Yukarıda sunulan bütçe kısıtları ve tüketim miktarlarının negatif olmaması ( $y_{i,t} \geq 0$ ) koşulları altında, Lagrange yöntemi ile toplam fayda fonksiyonunun maksimizasyonunu gerçekleştirmek mümkündür.

$$L = U(\dots, y_{1,t}, \dots, y_{n,t}, \dots) - \sum_{t=1}^T \lambda_t [E_t + S_t - M_t - S_{t-1}(1 + i_{t-1})] \quad (1.68)$$

$\lambda_t$  : Lagrange çarpanı  $t = 1, 2, \dots, T$ ,

Eğer  $U$  ve  $E_t + S_t - M_t - S_{t-1}(1 + i_{t-1}) = 0$ ,  $t = 1, \dots, T$  fonksiyonları içbükey ve  $y_{i,t}$  ve  $S_t$ 'ye göre türevi alınabilir ise Kuhn Tucker teoremine göre,  $(y^0, s^0)$  vektörü ve  $\lambda^0$  vektörü Lagrange fonksiyonunun ( $L$ ) çözümünü veriyorsa ancak ve ancak  $(y^0, s^0)$  vektörü maksimizasyon probleminin çözümüdür. Eğer aşağıdaki eşitlikler sağlanıyorsa  $((y^0, s^0), \lambda^0)$  noktası  $L$ 'nin kritik bir noktasıdır (saddle point).

$$L_{y^0} \leq 0, L'_{y^0} \cdot y^0 = 0 \quad y^0 \geq 0 \quad (1.69)$$

$$L_{s^0} = 0$$

$$L_{\lambda^0} = 0$$

Tüketicinin fayda fonksiyonunun ve aşağıdaki kısıt fonksiyonlarının içbükey olduğu varsayılmaktadır.

$$E_t + S_t - M_t - S_{t-1}(1 + i_{t-1}) = 0 \quad t = 1, \dots, T \quad (1.70)$$

Buna göre Lagrange fonksiyonunun kritik noktası aşağıdaki koşulları sağlamaktadır.

$$U_{y_{i,t}^0} - \lambda_t^0 P_{i,t} \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (1.71)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n [U_{y_{i,t}^0} - \lambda_t^0 \cdot P_{i,t}] y_{i,t}^0 = 0, \quad (1.72)$$

$$y_{i,t}^0 \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (1.73)$$

$$-\lambda_t^0 + \lambda_{t+1}^0(1 + i_t) = 0 \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (1.74)$$

$$E_t + S_t - M_t - S_{t-1}(1 + i_{t-1}) = 0 \quad t = 1, \dots, T \quad (1.75)$$

Yukarıda sunulan üçüncü koşulun ifade ettiği gibi eğer tüketim miktarları negatif değil ise, birinci eşitsizlik sağlanmaktadır. Ayrıca dördüncü eşitlik de aşağıdaki şekilde de yazılabilir.

$$\lambda_t^0 = \frac{\lambda_1^0}{(1+i_1)(1+i_2)\dots(1+i_{t-1})} \quad t = 1, 2, \dots, T \text{ ve } i_0=0 \quad (1.76)$$

Beşinci eşitlik ise tüketicinin t dönemindeki bütçe kısıtıdır.

Pozitif tüketim miktarları için yukarıdaki eşitlikler aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$U_{y_{i,t}^0} - \lambda_t^0 P_{i,t} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (1.77)$$

$$E_t + S_t - M_t - S_{t-1}(1 + i_{t-1}) = 0 \quad t = 1, \dots, T \quad (1.78)$$

$$\lambda_t^0 = \frac{\lambda_1^0}{(1+i_1)(1+i_2)\dots(1+i_{t-1})} \quad t = 1, 2, \dots, T \text{ ve } i_0=0 \quad (1.79)$$

Yukarıdaki eşitliklerde Lagrange çarpanı olan  $\lambda_t^0$ , aynı zamanda t dönemindeki beklenen parasal faydayı ifade etmektedir. Bütçe kısıtına göre tüketici faydasının maksimum olabilmesi için, t döneminde  $Y_i$ 'nin ( $y_{i,t}^0 \geq 0$ ) tüketiminden elde edilen marjinal faydanın t döneminde  $Y_i$ 'nin satın alınmasına harcanan paranın beklenen marjinal faydasına eşit olması gerekmektedir. Ayrıca bütçe eşitliğine göre, tüketicinin tasarrufu optimum miktarda ise, t dönemindeki beklenen parasal marjinal fayda birinci dönemdeki parasal iskonto edilmiş marjinal faydaya (discounted marginal utility) eşittir.

Verilen bir t döneminde herhangi iki  $Y_i$  ve  $Y_j$  mal veya hizmetlerinin ( $i \neq j$ ) tüketim dengesindeki miktarları pozitif ise, tüketim dengesi eşitliği aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\frac{U_{y_{i,t}}^0}{U_{y_{j,t}}^0} = -\frac{P_{i,t}}{P_{j,t}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (1.80)$$

$$E_t + S_t - M_t - S_{t-1}(1 + i_{t-1}) = 0 \quad t = 1, \dots, T \quad (1.81)$$

$$-\lambda_t^0 + \lambda_{t+1}^0(1 + i_t) = 0 \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (1.82)$$

Yukarıdaki eşitliklerden birincine göre iki mal veya hizmet arasındaki tüketicinin faydasını maksimum yapacak tüketim dengesi; bu mal veya hizmetlerin marjinal ikame hadlerinin birbirine oranı ile yine bu mal veya hizmetlerin fiyatlarının birbirine oranının negatifine eşit olduğu, bu tüketimlerin bütçe eşitliği sağladığı ve bütün dönemlerdeki iskonto edilmiş marjinal faydaların eş olduğu noktada kurulmaktadır<sup>139</sup>.

Fayda fonksiyonundan ve bütçe eşitliğinden tüketim dengesine ulaşıldıktan sonra bireyin talep fonksiyonuna ulaşılması, buradan da piyasa talebinin elde edilmesi yöntemi ordinal teori ile birebir aynıdır. Bundan dolayı tezin bu kısmında aynı süreç tekrar ifade edilmemektedir.

### 1.3 BİNEK OTOMOBİLİ TALEP FONKSİYONUNUN TANIMLANMASI

Bu bölümde binek otomobili talebinin özellikleri hakkında bilgi sunulmakta, ardından bu bilgilerin ışığı altında çağdaş talep teorileri ve özellikle dinamik talep yaklaşımı açılarından binek otomobili talebi değerlendirilmektedir. Daha sonra bu değerlendirmelerden elde edilen verilere dayanılarak binek otomobili talep fonksiyonunun tanımı yapılmaktadır.

#### 1.3.1 Binek Otomobili Talebinin Özellikleri Ve Çağdaş Talep Teorileri İle Dinamik Talep Yaklaşımı Açılarından Değerlendirilmesi

Dayanıklı tüketim malı, sermaye malı, rakibi olmayan mal ve tamamlayıcı mal gibi özelliklere sahip olan binek otomobiline olan talebin nitelikleri hakkında aşağıda

---

<sup>139</sup> Shih-Yen Wu ve Jack Pontley (1986), *a.g.e.*, ss. 234-237.

bilgi sunulmaktadır. Bu özellikler, binek otomobiline ilişkin talep fonksiyonunun bağımsız değişkenleri hususunda ipuçları vermektedir.

- Çeşitli markalar ve modeller açısından bakıldığında binek otomobili talebi rekabetçi bir taleptir. Ancak, tezde marka ve model gözetilmeden Türkiye piyasasındaki toplam binek otomobili talebi ile ilgili analiz yapıldığından burada rekabetçi talep bahis konusu değildir.
- Binek otomobili ile benzin veya mazot birbirini tamamlayan mallardır. Bu nedenle, binek otomobili talebi ortak veya tamamlayıcı niteliğe sahiptir.
- Binek otomobili, hem tüketicilerin özel seyahat ihtiyaçlarını karşılamak için ve hem de ticari amaçla talep edildiğinden dolayı aynı zamanda karma bir talep özelliğine sahiptir.
- Binek otomobili, dayanıklı tüketim malı ve sermaye malı özelliğine sahip olduğundan dolayı bireyler, bu maldan teknik ve ekonomik ömrü boyunca elde edecekleri faydayı gözeterek talepte bulunmaktadırlar. Bu nedenle binek otomobilinin talebi beklenen fayda yaklaşımını esas alan bir modelleme ile incelenmelidir.
- Binek otomobili talep eden bireyler satın alma anındaki bütçe gelirleri yerine gelecekteki gelirlerini göz önünde bulundurarak karar vermektedirler. Bu nedenle, bireylerin gelirleri yanında tüketici kredileri faizleri ile kredi olanakları satın alma kararlarının oluşmasında önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır.

### **1.3.2 Talep Teorileri Bağlamında Binek Otomobili Talep Fonksiyonunun Tanımlanması**

Talep teorileri, fayda fonksiyonlarından yararlanılarak talep bağımlı değişkeni ile talebi etkileyen bağımsız değişkenler arasındaki fonksiyonel ilişkileri açıklayan yaklaşımları kapsamaktadır.

Bireyin mal ve hizmetleri satın alma anındaki faydayı esas alan geleneksel talep teorileri, talep fonksiyonunu aşağıdaki gibi tanımlamaktadırlar.

$$T = f(P_1, P_2, \dots, P_n, M) \quad (1.83)$$

$P_i$  :  $i$  mal veya hizmetinin fiyatı,

$M$  : tüketici geliri,

Çağdaş talep teorilerine göre, bir mal veya hizmetin satın alma anındaki faydasının kesin olarak bilinmesi mümkün değildir. Bu faydanın ancak belirli olasılık modelleri ile tahmin edilmesi söz konusudur. Bu nedenle, geleneksel talep teorilerinin fayda fonksiyonu, çağdaş talep teorilerinde beklenen fayda fonksiyonuna dönüşmüştür. Dolayısıyla çağdaş talep teorilerine göre yukarıdaki talep fonksiyonu geçerliliğini korumaktadır. Ancak bağımsız değişkenler tahmine dayanmaktadır.

Geleneksel talep teorileri ile çağdaş talep teorileri başlıkları altında aktarılan yaklaşımlarda zaman boyutu ihmal edilmektedir. Başka bir ifadeye göre, bu yaklaşımların geliştirdiği talep modelleri tüketici gelirinin ilgili mal ve hizmetlerin satın alma anında ve tek seferde tamamının harcandığı varsayımına dayanmaktadır. Oysa gerçek yaşamda bireyler tasarruf ederek veya borçlanarak gelirlerinin altında veya üstünde harcama yapabilmektedirler. Talep teorilerinin bu eksikliği dinamik talep yaklaşımı ile giderilerek, aşağıda sunulan talep fonksiyonu geliştirilmiştir.

$$T = f(P_1, P_2, \dots, P_n, M, S, i) \quad (1.84)$$

$P_i$  :  $i$  mal veya hizmetinin fiyatı,

$M$  : tüketici geliri,

$S$  : tasarruf veya borçlanma,

$i$  : faiz oranı.

Binek otomobili talebinin tamamlayıcı bir talep olduğu ve uygulamada çoğunlukla kredili satın alındığı varsayıldığı takdirde, binek otomobili talep fonksiyonunu aşağıdaki gibi tanımlamak mümkündür. Bağımsız değişkenler reel değerlerdir.

$$T = f(P_1, P_2, M, S_1, S_2, i) \quad (1.85)$$

$P_1$  : binek otomobili fiyatı,

$P_2$  : akaryakıt fiyatı,

$S_1$  : ülkenin tasarruf hacmi,

$S_2$  : tüketici kredileri hacmi,

$M$  : toplam milli gelir,

$i$  : tüketici kredileri faiz haddi

Yukarıda sunulan çeşitli talep teorilerine göre talep fonksiyonlarını tanımlayan yaklaşımlar Çizelge 1.1’de sunulmaktadır.

**Çizelge 1-1 Çeşitli Talep Teorilerine Göre Fayda ve Talep Fonksiyonları**

Talep Fonksiyonunda Bulunan Parametreler	Geleneksel Teoriler	Çağdaş Teoriler	Dinamik Talep Yaklaşımı	Binek Otomobili Talebi
Malın Fiyatı ( $P_1$ )	√	√	√	Binek otomobili fiyatı
Diğer Malların Fiyatları ( $P_i$ ) $i=2, \dots, n$	√	√	√	Akaryakıt fiyatı
Tüketici Geliri ( $M$ )	√	√	√	Milli Gelir
Tasarruf ( $S$ )			√	Tasarruf hacmi
Borçlanma ( $S$ )			√	Kredi Hacmi
Faiz Oranı ( $i$ )			√	Taşıt Kredisi Faizi
Fayda Fonksiyonu ( $U$ )	$U = U_1(y_1) + U_2(y_2) + U_3(y_3) + \dots + U_n(y_n)$	$\Phi(y^i) = \sum_{k=1}^n P(y_k^i) \Phi(y_k^i)$	$U = U(y_{1,1}, \dots, y_{n,1}, \dots, y_{1,t}, \dots, y_{n,t}, \dots, y_{n,T})$	
Talep Fonksiyonu ( $T$ )	$f(P_1, P_2, \dots, P_n, M)$	$f(P_1, P_2, \dots, P_n, M)$	$f(P_1, P_2, \dots, P_n, M, S, i)$	$f(P_1, P_2, M, S_1, S_2, i)$

(Kaynak: Bu bölümde sunulan talep teorilerinden ve binek otomobili sektörü ile ilgili değerlendirmelerden yararlanılarak hazırlanmıştır.)

## 2 TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ

Literatürde, üretilen mal ve hizmetlerin gelecekteki tüketim miktarlarının öngörülmesi olarak tanımlanan talep tahmin yöntemleri, rasyonellik ilkesine göre yönetilen işletmeler açısından son derece önemli bir konudur<sup>140</sup>. Henri Fayol, “1916 yılında yayınladığı “*Administration Industrielle et Générale*” adlı baş yapıtında yönetiminin fonksiyonlarını *planlama, organize etme, uygulama, koordine etme ve kontrol etme* olmak üzere beş aşamalı bir süreçle tanımlamaktadır<sup>141</sup>.

Planlama, kuruluşun amacına ulaşması için neyin, nerede, ne zaman, nasıl ve ne ile yapılacağı işlemlerinin önceden belirlenmesi faaliyeti olarak tanımlanmaktadır<sup>142</sup>. Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi işletmelerdeki planlama faaliyeti geleceğe dönük öngörülerden oluşmaktadır. Bu nedenle planlama sürecinin başarıya ulaşmasındaki en önemli engellerden birisi günümüze ve özellikle geleceğe ait bilinmezliklerdir. Yöneticilerin geleceğe dönük tahminlerinin isabet derecesi, bilinmezlikleri asgari düzeye indirerek işletmelerin başarı oranını yükseltecektir.

İşletme planları kapsadıkları zamanın uzunluğuna göre; uzun vadeli planlar, orta vadeli planlar ve kısa vadeli planlar olmak üzere üç çeşide ayrılmaktadır<sup>143</sup>. Uzun vadeli planlar, ekonomide geleceği değerlendirme olanaklarının genişlik derecesine göre 5-25 yıllık süreleri kapsayan planlardır. Bu planlar büyük ölçüde belirsizliğin etkisi altında oldukları için ayrıntılı ve kesin rakamlarla ifade edilen hedefler yerine, genel prensipleri kapsamaktadırlar. 1-5 yıllık süreleri kapsayan planlar ise orta vadeli planlar olarak isimlendirilmektedir. Bu planlar, ekonomide öngörü olanaklarının elverdiği ölçüde ayrıntılı ve kesin rakamlarla ifade edilen hedefleri kapsamaktadır.

---

<sup>140</sup> J. Scott Armstrong (2001), *Principles of Forecasting*, 1. Baskı, Springer Science, New York, s. 783.

<sup>141</sup> Daniel A. Wren ve Arthur G. Bedeian (2009), *The Evolution of Management Thought*, 6. Baskı, John Wiley & Sons, Chennai, s. 221.

<sup>142</sup> İlker Birdal (1986), *İşletme Ekonomisi*, 1. Baskı, Çağlayan Yayınevi, İstanbul, ss. 234-235.

<sup>143</sup> İlker Birdal (1986), *a.g.e.*, ss. 234-235.

İşletmelerdeki stratejik planlar bunlara güzel bir örnek teşkil etmektedir. En fazla bir yıllık süreyi kapsayan işletme bütçeleri ile buna bağlı olarak geliştirilen yıllık satış, üretim ve tedarik programları da kısa vadeli planları oluşturmaktadırlar.

Yukarıda bilgi verilen planların hemen hepsi işletmenin üretmekte olduğu mal ve hizmetlere olan talebin gelecekteki miktarının tahminine dayanan hedefleri gerçekleştirmek üzere hazırlanmaktadır. Bu nedenle talep tahminlerinin isabet derecesi, işletme planlarının gerçekçiliği açısından önemli bir rol oynamaktadır.

Talep tahminleri, işletme fonksiyonlarının yönetiminde belirleyici bir niteliğe sahip olmasının yanında, ülke ekonomisini yönetenler bakımından da önemli bir rehberdir. Örneğin, bir ülkedeki talep açığı, o ülkede tüketicilerin ihtiyaçlarının yeterince karşılanmadığı anlamına gelmektedir. Günümüzde yaygın olarak benimsenmiş olan liberal ekonomik sisteme göre, bu sorun fiyat mekanizması içerisinde otomatik olarak çözümlenmektedir. Ancak, uygulamada söz konusu sorunun fiyat mekanizması içerisinde çözümlenememesi halinde, ekonomi politikasını yöneten otoritelerin yönlendirme politikaları uygulayarak sorunun çözümlenmesine katkı sundukları da gözlenmektedir. Ayrıca, ekonomiyi yönetenlerin çözümlenmesine katkı sunmaları gereken bir diğer sorun da ülkenin ihracat olanaklarının artırılmasıdır. Bu konuda da etkin ve uygulanabilir önlemler alabilmek veya politikalar belirleyebilmek için öncelikle ihracat potansiyeli olan mallarla ilgili yurt dışı talep tahminlerine ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu bölümde, talep tahmin metodolojisi, talep tahmin stratejileri, talep teorileri ile talep tahmin yöntemleri arasındaki ilişki ve talep tahmin yöntemleri konularında teorik bilgi sunulmaktadır.

## **2.1 TALEP TEORİLERİ VE TALEP TAHMİN TEKNİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ**

Talep teorileri ile talep tahmin yöntemleri, talep konusunda farklı disiplinlerin geliştirdiği yaklaşımlardır. Tezin birinci bölümünde sunulan talep teorileri, ekonomistlerin tüketim dengesini açıklama arayışları sonucu ortaya çıkmışlardır. Tezin ikinci bölümünü oluşturan talep tahmin yöntemleri ise, etkin bir planlama faaliyeti oluşturmak amacıyla işletmeciler tarafından geliştirilmiş teknikleri içermektedir. Daha açık ifade edilecek olursa, geçmiş verilerin analizi ile gelecek



hakkında isabetli tahmin yapma ve böylece planların gerçekleşme olasılığını artırma arayışlarının bir sonucu olarak geliştirilmiş yöntemlerdir.

Talep teorileri ile talep tahmin teknikleri farklı disiplinler tarafından geliştirilen yaklaşımlar olmalarına rağmen her ikisi de bir bütünün parçalarını oluşturmaktadır. Talep teorileri talep fonksiyonunu tanımlamaktadır. Tahmin teknikleri ise bu fonksiyon veri alınarak gelecekteki talebi öngörmek için kullanılmaktadır.

Tezin birinci bölümünde aktarılan dinamik talep yaklaşımına göre, bireyler faydalarını maksimum yapmak için tüketim kararlarını bugün ile gelecekte vermek arasında tercih yapmaktadır. Bu tercihlerinde malların bugün ve gelecekteki bolluk veya kıtlığını karşılaştırılmaktadır. Bireyler, malların bol ve ucuz olduğu dönemde ihtiyaçlarından fazla satın alıp stok yapmaktadırlar. Buna karşılık, malların kıt ve pahalı olduğu dönemde ise ihtiyaçlarından az tüketip eksiklerini stoktan karşılamaktadırlar. Bu modelde talep tahmin yöntemleri gelecekteki bolluğu veya kıtlığı tahmin etmek için kullanılmaktadır. Diğer bir deyişle, talep tahmin yöntemleri talep teorilerini destekleyici bir unsurdur.

Gerçekçi bir talep analizi hem talep teorilerini ve hem de talep tahmin yöntemlerini içermelidir. Bu yüzden, tezin birinci bölümünde talep fonksiyonu oluşturulmasında esas alınacak talep teorileri incelenmiştir. Buna karşılık, ikinci bölümde ise gelecekteki talebin bu talep fonksiyonu esas alınarak öngörülmesinde kullanılacak talep tahmin yöntemleri incelenmektedir.

## **2.2 TALEP TAHMİN METODOLOJİSİ**

Talep tahmin metodolojisi ile ilgili olarak yapılan literatür taramasında, bu konuda Armstrong ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaların öne çıktığı görülmektedir. Talep tahmin metodolojisi konusunda öneride bulunan diğer yazarların Armstrong ve arkadaşlarının çalışmalarından esinlendikleri gözlenmektedir. Bu nedenle, tezde de Armstrong ve arkadaşlarının talep tahmin metodolojisi konusundaki önerileri esas alınmaktadır.

Armstrong, talep tahminini aşağıda açıklaması yapılan 5 aşamalı bir süreç olarak tanımlamaktadır<sup>144</sup>. Bu süreç incelendiğinde, Armstrong'un önerdiği talep tahmin aşamalarının klasik bir karar verme modelinden farklı olmadığı görülmektedir. Ancak, klasik bir karar verme süreci bütün tahmin problemlerini kapsayacak şekilde özelleştirilmiştir. Bundan dolayı bu sürecin bütün aşamalarına her tahmin probleminde ihtiyaç duyulmayabilir. Örneğin yargısal metodların kullanılacağı bir tahmin probleminde, kantitatif yöntemlerin uygulanması ve kantitatif nedensel yöntemlerin uygulanması aşamaları kullanılmayacaktır.

Armstrong'un talep tahmin metodolojisi klasik bir karar verme sürecinden farklı olmadığından dolayı, bu beş aşamalı sürecin orijinalliğinden bahsetmek mümkün değildir. Ancak, Çizelge 2.1'de sunulan Armstrong ve Green tarafından geliştirilmiş olan talep tahmin yönteminin seçimi ve uygulanmasına ilişkin tahmin yöntemi seçim ağacı orijinal bir yaklaşımı içermektedir ve araştırmacının işini kolaylaştırmaktadır.

- Talep tahmin probleminin formulasyonu;
  - Amacın belirlenmesi,
  - Probleminin yapılandırılması,
- Bilgi toplanması;
  - Bilgi kaynaklarının belirlenmesi,
  - Datanın toplanması,
  - Datanın hazırlanması,
- Tahmin yönteminin uygulanması;
  - Yöntemin seçimi,
  - Yöntemin uygulanması (genel),
  - Yargısal yöntemlerin uygulanması,
  - Kantitatif yöntemlerin uygulanması,
  - Kantitatif nedensel yöntemlerin uygulanması,
  - Kantitatif ve yargısal yöntemlerin entegrasyonu,
  - Tahminlerin birleştirilmesi,
- Tahmin yönteminin değerlendirilmesi;
  - Yöntemin değerlendirilmesi,

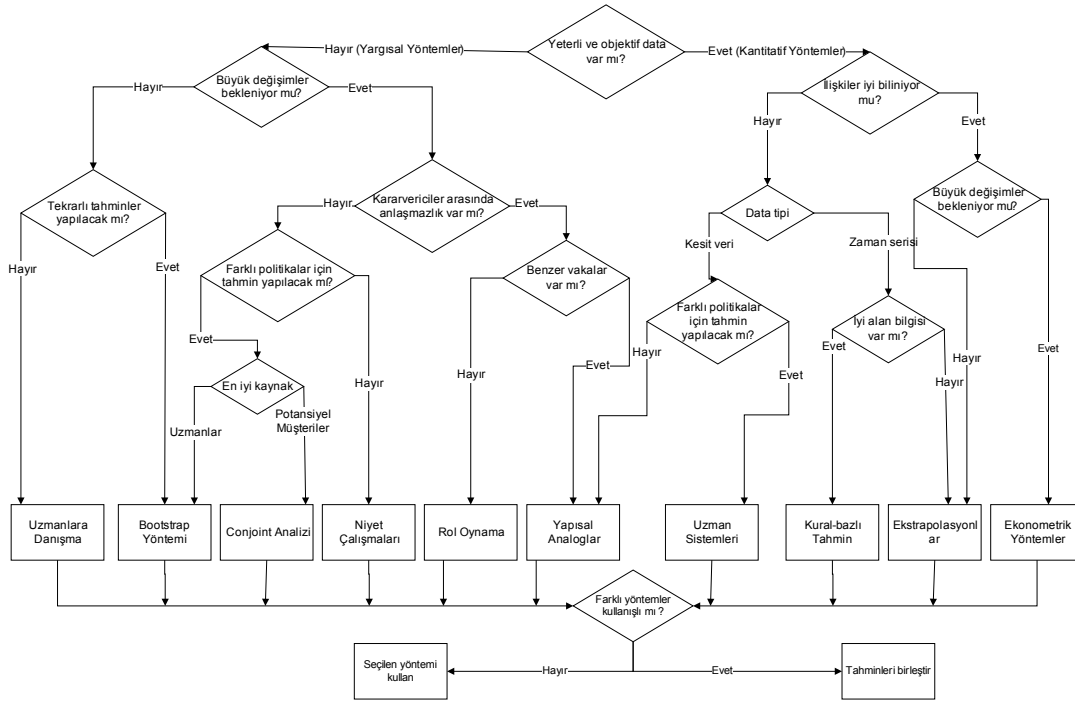
---

<sup>144</sup> J. Scott Armstrong (2001), *Principles of Forecasting*, 1. Baskı, Springer Science, New York, s. 1-46.

- Güvenilirliğin değerlenmesi,
- Tahmin sonuçlarının sunulması;
  - Sonuçların sunulması
  - Tahmin prosedürlerini geliştirecek kazanımların değerlendirilmesi.

Talep tahmin süreci ile ilgili olarak yukarıda sunulan aşamalar içerisinde en önemlisi tahmin yönteminin seçimidir. Yukarıda da ifade edildiği gibi J. Scott Armstrong'un Kesten C. Green'le birlikte bu konuda yaptığı çalışma öne çıkmaktadır. Armstrong ve Green, tahmin yöntemi seçim ağacı (selection tree for forecasting methods) adı altında sundukları şemada (Şekil 2.1) talep tahmin seçimi ile ilgili metodolojinin aşamalarını sunmaktadırlar. Tezde de bu talep tahmin yöntemi seçim ağacını esas alan bir metodoloji benimsenmiştir.

Talep tahmini, verilerin objektiflik derecesi başta olmak üzere çeşitli koşullara göre değişen, birbirini izleyen ve tamamlayan bir dizi işlemler sürecinden oluşmaktadır. Armstrong ve Green talep tahmin metodolojisinin içeriğini, nedensellik modeline göre geliştirilmiş olan karar verme yaklaşımının prensiplerini esas alarak ve özellikle karar ağacı ilkelerinden esinlenerek geliştirmişlerdir. Şekil 2.1'de bu şema sunulmaktadır. Şemanın daha kolay okunabilecek bir versiyonu ise EK-1'de takdim edilmektedir.



**Şekil 2-1 Tahmin Yöntemi Seçim Ağacı**

(Kaynak: Armstrong ve Green'in hazırladığı tahmin yöntemi seçim ağacından esinlenilerek hazırlanmıştır<sup>145146</sup>.)

Şekil ile ilgili açıklama: bu şekilde; karar verme süreçleri baklava dilimi (□) simgesi ile, tahmin yöntemleri ise dikdörtgen (□) bir simge ile gösterilmektedir.

Armstrong'a göre tahmin yöntemi seçiminde *kolaylık (convenience)*, *popülerlik (market popularity)*, *yapısal değerlendirme (structured judgment)*, *istatistiksel kriter (statistical criteria)*, *göreceli sicil (relative track records)* ve *geçmiş araştırmaların kılavuzluğu (guidelines from prior research)* olmak üzere altı kriter değerlendirilmelidir<sup>147</sup>.

<sup>145</sup> Forecasting Method Selection Tree, [http://www.forecastingprinciples.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=17&Itemid=138](http://www.forecastingprinciples.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=138), 03.06.2014.

<sup>146</sup> Forecasting Method Selection Tree, [http://www.forecastingprinciples.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=16&Itemid=137](http://www.forecastingprinciples.com/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=137), 03.06.2014.

<sup>147</sup> J. Scott Armstrong (2009), "*Selecting Forecasting Methods*", Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1, ss. 1-18.

Kolaylık kriterine göre küçük değişimlerin beklendiği durumlarda farklı tahmin yöntemleri benzer sonuçlar verecektir. Tahmin hatalarının önemsiz olduğu bu durumlarda tahmin yöntemi seçimine fazla zaman harcanması gereksizdir. Nitekim, uzmanlar büyük değişimlerin beklenmediği durumlarda iyi bildikleri yöntemleri kullanma eğilimindedirler. Ancak, kolay yöntemin tercih edilmesi büyük değişimler olduğunda önemli sapmalara neden olabilmektedir.

Popülerlik kriteri diğer uzmanların veya kuruluşların geçmişte hangi yöntemleri tercih ettiğinin belirlenmesi sürecini kapsamaktadır. Armstong'a göre popülerlik kriterinin esası, bireylerin geçmişte yaptığı talep tahminlerinde en iyi yöntemi bulmuş olmaları ve çoğunluğun tercih ettiği bu yöntemin araştırmacı için de en uygun yöntem olmasıdır. Ancak bu kriterin uygulanmasının; bireylerin yargısal yöntemleri tercih etme eğiliminde olmaları, kullanılan tahmin yöntemlerindeki kavram kargaşası, araştırmacıların tahmin probleminin koşullarını tanımlamamaları ve yapılan çalışmaların önemli bir kısmının başarı oranının ölçülmemesi gibi dikkat edilmesi gereken ortak hataları mevcuttur. Ayrıca, yazar popüler yöntemin tercih edilmesinin inovasyonu engelleyeceği konusunda da uyarıda bulunmaktadır.

Yapısal değerlendirme kriteri; birden fazla seçim kriteri olduğunda ve seçilecek birden fazla tahmin yöntemi bulunduğunda kullanılmaktadır. Yapısal değerlendirme ile uzman önce seçim kriterlerini belirlemekte ve daha sonra farklı tahmin yöntemlerini bu kriterlere göre puanlamaktadır. Örneğin işe alınacak personellerin seçimi aşamasında iş görüşmelerini yapısal bir süreci izleyerek gerçekleştirmek seçim sürecinin başarısını ve güvenilirliğini artırmaktadır. Bu örnekten de anlaşılacağı gibi yapısal değerlendirme kriteri, analitik hiyerarşi süreci ile benzerlik göstermektedir.

Hata dağılımları, ilişkilerin istatistiksel anlamlılığı veya Durbin-Watson istatistiği gibi istatistiksel kriterler tahmin yöntemi seçiminde kullanılabilir. Cox ve Loomis de özellikle tahmin yöntemleri kitabı yazarlarının bu kritere önem verdiğini belirtmektedir<sup>148</sup>. Ancak bu kriterin kullanım alanı diğer kriterlere göre sınırlıdır.

---

<sup>148</sup> J. E. Cox ve D. G. Loomis (2001), "*Diffusion of Forecasting Principles: An Assessment of Books Relevant to Forecasting*", Principles of Forecasting, Kluwer Academic Publishers, aktaran: J. Scott Armstong, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1, ss. 633-651,

Armstrong'a göre bir tahmin yönteminin göreceli sicili bu yöntemin performansının sistematiklik, tarafsızlık (unbiased) ve güvenilirlik (reliability) açılarından diğer yöntemlerle karşılaştırılmasıdır.

Armstrong geçmiş araştırmaların kılavuzluğu kriterini bir örnekle açıklamaktadır. Bu örnekte Çin'de satılacak kişisel bilgisayar sayısı 10 yıllık bir süre için tahmin edilecektir. Bu tahmin için kullanılacak yöntem seçilirken benzer durumlar için geçmişte yapılan tahminlerde başarılı sonuçlar veren yöntemler araştırılmaktadır. Bu araştırma yapılırken;

- geçmişte yaşanan durumların mevcut durumla benzerliği,
- öne çıkan yöntemlerin önceki çalışmalarla karşılaştırılması,
- değerlendirmelerin tarafsızlığı,
- bulguların güvenilirliği,
- gelecekte karşılaşılabilecek olası vakaların sorgulanması,
- yeterli sayıda geçmiş tahminin karşılaştırılması ile ilgili sorulara cevap verilmelidir.

Armstrong geçmişte yapılan çalışmalarını inceleyerek aşağıda maddeler halinde sıralanan sonuçlara ulaşmıştır<sup>149</sup>.

- Yapısal yöntemler yapısal olmayan yöntemlere tercih edilmelidir.
- Yeterli data bulunduğu kantitatif yöntemler yargısal yöntemlere tercih edilmelidir.
- Büyük değişimler beklendiğinde nedensel yöntemler (causal methods) sade yöntemlere (naive methods) tercih edilmelidir.
- Karmaşık yöntemlerin faydalı olacağına dair güçlü deliller yoksa basit yöntemler tercih edilmelidir.
- Vakalarla tahmin yöntemleri eşleştirilmelidir.

Şekil 2.1'de sunulan Armstrong ve Green'in hazırladığı tahmin yöntemi seçim metodolojisi yeterli ve objektif datanın varlığının belirlenmesi ile başlamaktadır. Yeterli ve objektif dataya ulaşıldığında kesinlikle kantitatif yöntemler tercih

---

<sup>149</sup> J. Scott Armstrong (2001), *Principles of Forecasting*, 1. Baskı, Springer Science, New York, ss. 7-9.

edilmelidir. Buna karşılık yeterli ve objektif dataya ulaşamadığında veya data yoksa yargısal tahmin yöntemlerine başvurulmalıdır.

Şekil 2.1'in sol tarafında bulunan yargısal yöntemler arasından seçim yaparken ilk kontrol edilmesi gereken tahmin edilecek süre boyunca geçmiş datanın basit bir projeksiyonundan büyük sapmalar gerçekleşmesinin beklenilip beklenilmediğidir.

Beklenen değişimler veya sapmalar büyük değil ise seçilecek tahmin yöntemlerinin sonuçları veya isabet dereceleri arasında büyük farklılıklar olmayacaktır. Bu durumda uzmanlara danışma veya bootstrap (judgmental bootstrapping) yöntemi önerilmektedir. İki yöntem arasında yapılacak seçim ise tahmin maliyetine ve dolayısıyla yapılması gereken tahmin sayısına bağlıdır. Tekrarlı ve sık tahminler yapılması gerekiyorsa bu tahminlerin uzmanlara danışma yöntemi ile yapılmasının yüksek maliyetli olması beklenir. Bu durumda bootstrap yöntemi önerilmektedir. Bootstrap yöntemi mekanik ve yapısal bir sürece sahip olduğundan daha isabetli sonuçlar verecektir. Buna karşılık, sürekli veya sık yapılmayacak bir tahminin uzmanlara danışma yöntemi ile yapılması hızlı ve yeterli bir çözümdür.

Yukarıdaki paragraftan da anlaşılacağı gibi büyük değişimler beklenilmediğinde uzmanlara danışma veya bootstrap yöntemi önerilmektedir. Buna karşılık büyük değişimler beklenildiğinde ise karar veren uzmanlar arasında beklenen büyük değişimlerle ilgili görüş ayrılıkları olup olmadığı belirlenmelidir. Görüş ayrılığı yoksa, karar veren uzmanlar veya katılımcılardan tahminler elde edilmelidir. Ayrıca bu tahminler farklı politikaların incelenmesini gerektiriyorsa bootstrap yöntemi ve conjoint analizi önerilmektedir. Örneğin Çin'de bilgisayar satmayı planlayan bir işletme fiyat, reklam ve ürün dizaynı konularında karar vermek için tahminlere ihtiyaç duymaktadır. Bootstrap yöntemi bu işletmenin farklı politikalarına yönelik tahminler yapmak için ucuz ve etkilidir. Bu işletmenin 20 farklı pazarlama planı için tahmin yapılması mümkündür. Ayrıca Bootstrap yöntemi ile yapılan bu tahminler, bunlardan farklı planları tahmin etmek için de kullanılabilir. Bootstrap yönteminin kilit noktalarından biri uzmanın vaka hakkında bilgi sahibi olmasıdır. Armstrong'a göre bootstrap yöntemi uzmanlara danışma yönteminden daha isabetli sonuçlar vermektedir. Ayrıca alternatif politika seçenekleri için tutarlı tahminler yapılması mümkündür. Buna ek olarak bootstrap yöntemiyle politika değişkenlerini değerlemek de imkan dahilindedir. Örneğin bir ürünün reklam harcamalarının

artırılmasının toplam satışlara etkisi incelenebilmektedir. Bu işlem conjoint analizi ile yapılamamaktadır.

Müşterilerin yeni ürünlere vereceği tepkiler konusunda uzmanlar yeterli tecrübeye sahip değilse, potansiyel müşterilerden bilgi almak faydalı olacaktır. Conjoint analizi ile müşterilerin farklı tekliflere vereceği bu tepkilerin tahmin edilmesi son derece uygundur.

Önemli tahminler için conjoint analizinin ve bootstrap yönteminin birlikte kullanılması önerilmektedir. Bu yöntemlerle yapılacak tahminler politika opsiyonlarına göre farklılık gösterebilmektedir. Buna rağmen birlikte kullanılmaları büyük sapma risklerini azaltacaktır.

Farklı politikalar için tahminler yapılması gerekmiyorsa niyet çalışmaları (intensions) önerilmektedir. Bu yöntemde bireylere problem tarif edilerek nasıl tepki verecekleri sorulmaktadır. Örneğin vergilerin azaltılması referandumu veya torba başına çöp vergileri konularında bireylerin tepkilerinin niyet çalışmaları ile tahmin edilmesi mümkündür.

Uzmanlara danışma yöntemi politika değişiminin yaratacağı etkileri belirlemek için kullanılabilir. Yazarın verdiği bir örnekte potansiyel müşterilere yeni toplu taşıma sistemine üye olmaya nasıl baktıkları sorulmaktadır. Bu çalışma altı toplu taşıma uzmanına hedef pazarın yüzde kaçının yeni toplu taşıma sistemine üye olacağını sorulmasıyla uzmanlara danışma yöntemine başvurularak daha ucuz ve daha hızlı olarak yapılabilmektedir. Ayrıca J. B. Lemert'in 1986 yılında Oregon referandum sonuçları için yaptığı çalışmada 58 politikacının tahminleri 273 katılımcının tahminlerinden daha isabetli olarak gerçekleşmiştir. Bu çalışma uzmanların tahminlerinin potansiyel müşterilerden veya bireylerden daha başarılı olduğunu desteklemektedir.

Niyet çalışmaları ve uzmanlara danışma yöntemleri karşılaştırılırken dikkat edilmesi gereken husus, uzmanlara danışma yönteminde birkaç uzmana popülasyonun eğilimi hakkında soru sorulmasıdır. Niyet çalışmasında ise bireylere kendi görüşleri sorulmaktadır. Yapılan bir çalışmada bireylere kendi destekledikleri aday ile yine aynı bireylerin oylamayı kimin kazanacağı hakkındaki görüşleri sorulmuş ve karşılaştırılmıştır. Bireylere oylamayı kimin kazanacağını sorulması stratejisinde bu



bireyler uzman olarak kullanılmaktadır. Tarafsızlıktan ve yeterli bilgiden yoksun bireylerden sağlıklı tahminler beklemek zayıf bir strateji olacaktır.

Büyük değişimlerin beklenildiği ve uzmanlar arasında görüş ayrılığı olduğu durumlarda alakalı analogların bulunması zorlaşmaktadır. Örneğin FedEx'in 1970'lerde A.B.D. posta pazarına girmesinden dolayı U.S. Post Office'in izleyeceği politikaların tahmin edilmesi için rol oynama (role-playing) yöntemi önerilmektedir<sup>150</sup>. Armstrong'a göre analogların bulunmasının güç olduğu bu vakalarda rol oynama yöntemi uzmanlara danışma yönteminden daha isabetli sonuçlar vermektedir. Ancak varsa analoglar son derece kullanışlıdır. Örneğin uyuşturucuların serbest bırakılmasının kullanıcı sayısına ve bölgenin suç oranlarına etkilerinin araştırılması için A.B.D.'deki ve diğer ülkelerdeki alkol yasaklarına bakılması akıllıca olacaktır.

Armstrong ve Green'in hazırladığı bu metodolojide yeterli ve objektif data bulunduğu kesinlikle kantitatif yöntemler tercih edilmektedir. Yeterli ve objektif data bulunsa dahi parametrelerin gelecekteki ilişkileri hakkında yeterli bilgi her zaman bulunmamaktadır. Parametrelerin ilişkileri hakkında yeterli bilgi yoksa eldeki data tipine göre hareket edilmelidir. Eğer ilişkiler bilinmiyorsa ve kesit veri varsa farklı politikalar için tahmin istenilip istenilmediği öğrenilmelidir. Eğer istenmiyorsa analogların kullanılması önerilmektedir. Yeterli sayıda analog seçimi için tarafsız prosedürler kullanılmalıdır. Örneğin Yeni Zelanda'da suyun florürlenmesi için yapılacak bir kampanyayı tahmin etmek için kullanılabilir A.B.D.'de gerçekleşmiş benzer çok sayıda analog vaka bulunmaktadır.

Kantitatif yöntemlerle analiz edilen data; *kesit data*, *zaman serisi datası* ve *panel data* olmak üzere 3 çeşide ayrılmaktadır. Kesit data bir popülasyondan alınan bir örnek ile yapılan çalışma sonucu ölçülen bir parametrenin anlık verilerini ifade etmektedir. Bu veri tipinin zaman boyutu olmadığından dolayı popülasyonun zaman içerisindeki gelişimi hakkında fikir vermemektedir. Zaman serisi verisi ise popülasyonun belirli bir zaman süresince ölçülen bir parametresinin verileri olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle popülasyonun zaman içindeki gelişimi hakkında bilgi vermektedir. Ayrıca hesaplamaları kolaylaştırmak için ölçüm yapılan zaman

---

<sup>150</sup> J. Scott Armstrong (2001), *"Judgmental Bootstrapping: Inferring Experts' Rules for Forecasting"*, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1, ss. 1-15.

aralıkları günlük, aylık veya yıllık gibi eşit olarak belirlenmektedir. Panel data ise popülasyonun yine belirli bir zaman diliminde ölçülen parametrelerinin bir başka parametreye göre kırılımını da gösteren verileridir<sup>151</sup>.

Yukarıda da ifade edildiği gibi yeterli ve objektif veri varsa, ilişkiler iyi bilinmiyorsa, kesit veri varsa ve farklı politikalar için tahmin yapılması istenmiyorsa yapısal analoglar önerilmektedir. Ancak bu analoglara ulaşılamıyorsa, analog yaratabilmek için laboratuvar deneyleri (laboratory experiments) veya saha deneyleri (field experiments) yapılmalıdır. Armstrong'a göre saha deneyleri laboratuvar deneylerine göre daha gerçekçidir. Saha deneyleri yeni ürünlerin satışlarının tahmininde yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna karşılık saha deneylerinin geçerliliği konusunda rakiplerin deneye katılarak çarpıtması ve çevresel değişimler gibi riskler de mevcuttur.

Hem saha ve hem de laboratuvar deneyleri dizaynının esası bu deneylerin gerçek tahmin problemine benzer olmalarıdır. Örneğin fiyat elastikiyetini ölçmek için yapılan bir laboratuvar deneyi potansiyel müşterilerin tepkilerini ölçmek için en azından ürünün bir resminin olmasının önemini ortaya koymuştur. Daha önce yapılan resimsiz çalışmalarda genellikle hatalı sonuçlar elde edilmiştir.

Yeterli ve objektif data bulunduğu, ilişkiler iyi bilinmiyorsa, kesit data varsa ve farklı politikalar için tahmin yapılması isteniyorsa uzman sistemleri (expert systems) önerilmektedir. Bu yöntem, vaka karmaşık ise ve uzmanların tahmin yeteneği farklılık gösteriyorsa etkilidir. Bir uzman sistemi en iyi uzman olduğunu düşünülen bireylerin kullandığı prosedürlere dayanmalıdır.

Bootstrap yöntemi de farklı politikalar için tahmin yapılması gerektiğinde kullanışlıdır. Bu yöntemle öncelikle uzman tahminlerini gerçek data ile karşılaştırarak kurallar belirlemek mümkündür. Ayrıca ikinci olarak uzmanlara gerçekçi fakat fiktif vakalarla ilgili tahminlerini sorarak da bu kuralların üretilmesi mümkündür. İkinci yöntem, geçmiş değerler fazla sapma göstermediğinde ve bu sapmalar birbirinden bağımsız olmadığında kullanılabilir.

Uzman sistemleri ve bootstrap yöntemi arasında tercih yaparken maliyet ve karmaşıklık parametreleri değerlendirilmelidir. Bootstrap yöntemi ucuz olmasına

---

<sup>151</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, s. 21.

karşın, yüksek düzeyde basitleştirme gerektirmektedir. Eğer karmaşıklığa ihtiyaç duyuluyorsa çok iyi alan bilgisine (domain knowledge) sahip olunmalıdır. Uzman sistemlerinin sağlayabileceği yapılandırılmış koşullar, tahminlerin isabetini artırabilmektedir.

*Alan bilgisi (domain knowledge)* uzmanın vaka ile ilgili ürün, marka, pazar ve benzeri derinlemesine bilgileridir. Alan bilgisi bağlamsal bilginin alt kümesidir. *Bağlamsal bilgi (contextual information)* ise zaman serisinin tahminini etkileyen nedensel faktörler hakkındaki bilgidir. Tahmin uzmanının bağlamsal bilgisi ise alan bilgisidir.

Yeterli ve objektif veri varsa, ilişkiler iyi bilinmiyorsa, zaman serisi verisi varsa ve iyi alan bilgisi (domain knowledge) varsa kural bazlı tahmin yöntemleri (rule-based forecasting) önerilmektedir. Örneğin bir yöneticinin ürün hakkındaki derin bilgisi satış tahminleri yapmasına yardımcı olabilmektedir. Kural bazlı tahmin yönteminin ekstrapolasyondan pahalı olmasına rağmen, bu yöntemde alan bilgisi yardımıyla ekstrapolasyon vakaya uyarlandığından dolayı tahminlerin isabet derecesi artmaktadır.

Kural bazlı tahmin yöntemi alan bilgisi olmadığında da kullanılabilir. Çünkü bu yöntem geçmiş çalışmaların kılavuzluğuna dayanmaktadır. Yine de bu yargıyı destekleyecek fazla çalışma bulunmamaktadır.

Zaman serilerinin ekstrapolasyonu alan bilgisi olmadığında, seri stabil olduğunda ve çok sayıda tekrarlı tahmin yapılması gerektiğinde hassas ve etkili bir yöntemdir.

Parametreler arasındaki ilişkiler, geçmişte yapılan karşılaştırılabilir çalışmaların sonuçlarıyla ilgili uzmanlara geri besleme sağlanmasıyla elde edilebilmektedir. Örneğin farklı pazarlama planlarının bir ürüne etkilerinin araştırılmasında fiyat ve reklam elastisitesi üzerine yapılan çalışmalar bu geri beslemeyi sağlayabilir.

Yeterli ve objektif veri varsa, ilişkiler iyi biliniyorsa ve büyük değişimler beklenmiyorsa; ilişkilerle ilgili bilgi çok gerekli olmayabilir. Bu durumda ekstrapolasyonlar da ekonometrik modeller kadar isabetli sonuçlar verebilmektedir. Ayrıca uzmanlara danışma yöntemi de bu durumlarda uygulanabilmektedir.

Yeterli ve objektif veri varsa, ilişkiler iyi biliniyorsa ve büyük değişimler bekleniyorsa; ekonometrik yöntemler önerilmektedir. Büyük değişimler

beklenildiğinde ekonometrik yöntemler ekstrapolasyonlara göre son derece isabetli sonuçlar vermektedir.

Yukarıda Armstrong ve arkadaşlarının geliştirdikleri tahmin metodolojisi konusundaki açıklamaları özet olarak sunulmuştur. Armstrong, bu açıklamalar yanında tahmin yapacak uzmanlara aşağıda belirtilen önerilerde de bulunmaktadır<sup>152</sup>:

- Büyük değişimlerin beklenmediği stabil durumlar ve isabet derecesinin çok önemli olmadığı durumlar dışında kolay yöntemler tercih edilmemelidir.
- Yöntemin popülerliği etkili olduğu anlamına gelmemektedir.
- Yapısal değerlendirme önemlidir ve özellikle puanlama uzmanlar tarafından yapıldığında daha fazla değer kazanmaktadır.
- İstatistiksel kriter tahmin doğruluğu (unbiased) ile ilişkilendirildiğinde daha kullanışlı hale gelmektedir.
- Büyük değişimler beklenildiğinde ve hataların ciddi yanlışlıklara sebep olabileceği durumlarda göreceli sicil kriterine başvurulmalıdır. Bu kriter kullanışlı ve ikna edici olsa da, pahalıdır ve fazla zaman almaktadır.
- Geçmiş çalışmaların kılavuzluğu ile hızlı ve ucuz bir şekilde tahmin yöntemi seçimi mümkündür. Eğer birden fazla tahmin yönteminin uygulanması söz konusu ise, tamamının kullanılıp tahmin sonuçlarının birleştirilmesi faydalıdır.

### 2.3 TALEP TAHMİN STRATEJİLERİ

Talep tahmin yöntemlerini açıklamaya başlamadan önce talep tahmin stratejileri konusuna da değinmek faydalı olacaktır. Bu stratejiler bugün ve gelecek arasındaki ilişkinin niteliğini ortaya koyan yaklaşımları içermektedir. Daha açık bir ifadeye göre, talep fonksiyonundaki bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin niteliği talep tahmin stratejisinin özünü oluşturmaktadır. Literatüre göre

---

<sup>152</sup> J. Scott Armstrong (2001), *a.g.e.*, ss. 14-15.

*deterministik strateji, semptomatik strateji ve sistematik strateji* olmak üzere başlıca üç tip talep tahmin stratejisi bulunmaktadır<sup>153</sup>.

Deterministik stratejiye göre bugün ve gelecek arasında tam veya tama yakın nedensel bir ilişki bulunmaktadır. Diğer bir deyişle, bugünün şartlarına dayanarak geleceğin doğruya çok yakın olarak tahmin edilmesi mümkündür. Bu stratejiye göre, bugünün şartları detaylı olarak analiz edilmeli ve gelecek üzerine hesaplamalar yapılmalıdır. Ayrıca tahmin modeli geçmiş verilerle test edilmelidir. Zaman serileri modelleri deterministik stratejiye son derece uygundur.

Semptomatik strateji anlayışına göre geleceğin nasıl gelişeceğine dair bazı işaretler bulunmaktadır. Bu işaretler, deterministik stratejide olduğu gibi gelişmelerin nedeni olmamakla birlikte, gelecekte yaşanabilecek büyük veya küçük değişimlerin semptomlarıdır. Bu semptomlara dayanarak gelecekle ilgili öngörülerde bulunmak mümkündür. Örneğin inşaat sektöründeki gelişme demir ve çimentoya olan talebi artırmaktadır. Ancak, demir talebindeki artış inşaat sektöründeki artışa sebep olmayabilir. Örneğin inşaat demiri ihracatı da demir talebindeki bir başka artış nedeni olabilir.

Sistematik stratejinin dayandığı düşünceye göre, gelecekle ilgili gelişmeler sosyoekonomik teoriler gibi katı prensiplerle açıklanabilir. Ancak, gerçek yaşam son derece karmaşıktır. Bu nedenle sistematik stratejiyi kaos teorisinin içeriği ile birlikte açıklamak konuyu daha anlaşılır hale getirmektedir. Edward Lorenz'in kaos tanımına göre; "Bugünün parametreleriyle gelecek belirlenebilir, ancak bugünün yaklaşık parametreleriyle yaklaşık bir gelecek tahmini yapılamaz."<sup>154155</sup> Daha açık bir ifadeye göre, tahmin modelinde önemsenmeyen ve bu nedenle ihmal edilen faktörler ile yapılacak tahminler yanılgıya neden olabilmektedir. Bu nedenle sistematik stratejiye dayanan tahminler yapılırken detay gibi gözükken faktörler de modelin içine dahil edilmelidir. Gelişmelerin altında yatan bazı sistematik durumlar tamamen rastlantısal

---

<sup>153</sup> Johan Ernberg vd. (1997), *"Guidelines of the Elaboration of a Business-Oriented Development Plan"*, Telecommunication Development Bureau, ss. 6.2.1-6.2.5.

<sup>154</sup> Andrew Reagan (2013), *Predicting Flow Reversals in a Computational Fluid Dynamics Simulated Thermosiphon Using Data Assimilation*, Doktora Tezi, Burlington.

<sup>155</sup> Edward N. Lorenz (2004), *"Designing Chaotic Models"*, Journal of the Atmospheric Sciences, Vol. 62, ss. 1574-1587.

olabilir. Gerçek dünyanın modellenmesini oluştururken, bir soyutlama derecesiyle birlikte bu gelişmelerin altında yatan nedenlerin tespiti her zaman mümkündür.

Yukarıda açıkladığımız üç talep tahmin stratejisini siyah ve beyaz gibi birbirinden ayırtmak ve buna göre bir tahmin stratejisi geliştirmek talep tahmin modellerinin yanlış çıktılar vermesine neden olabilmektedir. Bu nedenle kusursuz ve isabetli talep tahmin modeli oluşturabilmek için yukarıdaki talep tahmin stratejilerinden birden fazlasını aynı anda uygulanması daha sağlıklı bir yaklaşım olacaktır.

## 2.4 YARGISAL TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ

Çoğunlukla sübjektif değerlendirmeleri içeren yargısal talep tahmin yöntemleri, yöntemin karmaşıklık derecesine göre; uzmanlara danışma (unaided judgment), büyüme eğrileri (growing curves), oyun teorisi (game theory), yapısal analoglar (structured analogies), senaryo yazma (scenario writing), yargısal ayırıştırma (judgmental decomposition), conjoint analizi (conjoint analysis), bootstrap yöntemi (judgmental bootstrapping), niyet çalışmaları (intensions), rol oynama yöntemi (role playing) ve delphi tekniği (delphi tekniği) gibi yöntemlerden oluşmaktadır<sup>156157158</sup>.

Şekil 2.1'den de anlaşılacağı gibi, Armstrong ve Green bu yöntemlerin yeterli ve objektif verilerin bulunmadığı koşullarda uygulanmalarını önermektedirler. Uygulamada ise yargısal yöntemlerin genellikle kısa vadeli plan hedeflerinin belirlenmesinde kullanıldıkları gözlenmektedir. Ayrıca, yargısal tahmin teknikleri çoğunlukla kısa vadeli talep tahmin teknikleri olmalarına rağmen, uzun vadeli talep tahmin tekniklerini destekleyen bir araç olarak da kullanılmaktadırlar. Örneğin istatistiksel talep tahmin tekniklerine ilişkin bağımsız değişkenlerin yorumlanması ve ayırıştırılması ile talep tahminlerinin yorumlanmasında ve gelecekle ilgili beklenen büyük değişimlere uyarlanmasında kullanılabilirler. Bunlara ilave olarak,

---

<sup>156</sup> Johan Ernberg vd. (1997), "*Guidelines of the Elaboration of a Business-Oriented Development Plan*", Telecommunication Development Bureau, ss. 6.2.1-6.2.7.

<sup>157</sup> J. Scott Armstrong ve Kesten C. Green (2005), "*Demand Forecasting: Evidence Based Methods*", Monash University, Working Paper 24/5, ss. 2-15.

<sup>158</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, ss. ix-xiv.

objektif verilerin bulunmadığı piyasaya yeni çıkacak ürünlerin talep tahminlerinde de bu yöntemlere başvurulduğu gözlenmektedir<sup>159</sup>.

Yargısal yöntemlerde her ne kadar sübjektif veriler kullanılsa da, bu verilere dayalı tahminler matematiksel ve istatistiksel analiz teknikleri kullanılarak yapılmaktadır. Diğer bir ifadeye göre, bu yöntemlerin yargısal olması verilerin sübjektifliğinden kaynaklanmaktadır. Örneğin yargısal bir teknik olan bootstrap yöntemiyle yapılan talep tahminlerinde regresyon analizi sıklıkla kullanılmaktadır<sup>160</sup>.

Bu yöntemler konusunda aşağıda özet bilgi sunulmaktadır. Ancak, delphi tekniği binek otomobili talep fonksiyonunda ifade edilmiş olan değişkenlerin uzman görüşlerine dayanılarak doğrulanması amacıyla kullanıldığından dolayı daha kapsamlı olarak aktarılmaktadır. Buna karşılık, binek otomobili sektöründe objektif ve yeterli data bulunduğundan dolayı talep tahmininde kantitatif yöntemlere başvurulmaktadır. Bu nedenle tezin uygulamasında kullanılmayan diğer yargısal yöntemler aşağıda kısaca verilmektedir.

#### **2.4.1 Uzmanlara Danışma (Unaided Judgement)**

Bu yöntemde herhangi bir prosedüre veya yapılaşmış metodolojiye bağlı kalmadan uzmanlara gelecekle ilgili öngörülerini sorulmaktadır. Yöntemden verim alınabilmesi için; uzmanların tarafsız olması, büyük değişimlerin beklenmemesi, uzmanların parametreler arasındaki ilişkilerle ilgili bilgi sahibi olması, uzmanların gizli olabilecek bilgileri paylaşması ve uzmanlara tahminleri ile ilgili sağlıklı geri besleme verilmesi gerekmektedir<sup>161</sup>.

Kesten C. Green ve J. Scott Armstrong'un yaptığı çalışmaya göre uzmanlara danışma yöntemi genellikle yukarıda sayılan şartlar sağlanmadan kullanılmaktadır. Yazarlara göre bu şartlar sağlanmadan uzmanların rastgele yapılacak tahminlerden daha doğru öngörülerde bulunmaları beklenmemektedir<sup>162</sup>.

---

<sup>159</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 483.

<sup>160</sup> J. Scott Armstrong (2001), *Principles of Forecasting*, 1. Baskı, Springer Science, New York, s. 173.

<sup>161</sup> J. Scott Armstrong ve Kesten C. Green (2005), *"Demand Forecasting: Evidence Based Methods"*, Monash University, Working Paper 24/5, ss. 3.

<sup>162</sup> Kesten C. Green ve J. Scott Armstrong (2004), *"Value of Expertise for Forecasting Decisions in Conflicts"*, University of Pennsylvania Marketing Papers, s. 3.

### 2.4.2 Büyüme Eğrileri (Growing Curves)

Büyüme eğrileri tahmin yönteminde ilgili parametrelerin uzun dönemli değişimlerine odaklanılmaktadır. Ancak teknolojik değişimlerin bu parametrelere etkileri ihmal edilmektedir. Örneğin binek otomobillerinin kilometre başına yakıt maliyeti veya Türkiye popülasyonunun binek otomobili kullanımı geçmiş verilere dayanılarak öngörülürken otomobil üretimi teknolojisindeki veya yakıt kullanım özelliklerindeki değişimler dikkate alınmamaktadır<sup>163</sup>.

Büyüme eğrileri ile uzun dönemli tahminler yapıldığından dolayı zaman ve parametre arasındaki farklı ilişkilendirme eğrileri kullanılabilir. Örneğin üssel eğriler üssün birden büyük veya küçük olmasına göre artan veya azalan trendleri tahmin etmek için genellikle tercih edilmektedir.

Bu yöntemle yapılan tahminlerde hatalar beklense de geleceğe dönük düşünme ve planlama bakış açısı kazandırdığından işletmeler için faydalı bulunmaktadır.

### 2.4.3 Oyun Teorisi

Green ve Armstrong, oyun teorisinin pazarlık veya anlaşmazlık içeren özel koşullarda talep tahmin yöntemi olarak kullanılabilirliğini iddia etmektedirler. Ancak, Green bu konuda yaptığı bir çalışması ile oyun teorisinin başarılı bir tahmin yöntemi olmadığını göstermiştir<sup>164</sup>. Bu nedenle, bazı düşünürlerin oyun teorisini talep tahmin yöntemleri arasına dahil etmelerine rağmen literatürde genel kabul görmüş bir talep tahmin yöntemi olarak görülmemektedir.

### 2.4.4 Yapısal Analoglar (Structured Analogies)

Geçmişte yaşanan benzer analogların sonuçları, özellikle pazarlama alanında yeni vakaların olası sonuçlarının tahmin edilmesinde kullanılabilir. Çünkü bu geçmiş analoglar benzer durumlarda bireylerin nasıl davrandığına dair bilgilere sahiptir. Örneğin A.B.D.'de yapılan bir ürün lansmanına ait veriler, benzer özellikler

---

<sup>163</sup> John E. Hanke ve Arthur G. Reitsch (1998), *Business Forecasting*, 6. Baskı, Prentice Hall, New Jersey, ss. 496-497.

<sup>164</sup> J. Scott Armstrong ve Kesten C. Green (2005), *"Demand Forecasting: Evidence Based Methods"*, Monash University, Working Paper 24/5, ss. 4.



taşıyan başka bir ülkede yapılacak aynı ürünün lansmanında aydınlatıcı öngörüler sağlayabilmektedir<sup>165166</sup>.

Analogların yaygın olarak tahmin faaliyetlerinde kullanılmalarına rağmen, bu süreç gerçekleştirilirken genellikle yapısal prosedürler izlenmemektedir. Örneğin, bireyler subjektif bir anlayışla kendi düşüncelerini ve beklentilerini destekleyecek analoglar bulma eğilimindedirler. Ayrıca bir analog bulduklarında araştırmayı bırakmak sıkça rastlanan bir durumdur. Yapısal analoglar yöntemi benzer olayların verimsiz kullanımını ve önyargıların yaratacağı hataları önlemek için formel bir süreç sahiptir.

Green ve Armstrong'a göre karar verme veya tahmin süreçlerinin yapılandırılması bireylerden alınan bilgilerin daha verimli ve etkili kullanılmalarına olanak sağlamaktadır. Kahneman'ın aktardığı bir anektot da bu durumu desteklemektedir. Kahneman ve küçük bir grup akademisyen karar verme teknikleri üzerine İsrail'de lise eğitiminde kullanılacak bir müfredat hazırlamaktadırlar. Kahneman takımın her üyesinden eğitim bakanlığına önerge sunulmasının kaç ay süreceğini sorar. Verilen cevaplar 18-30 ay aralığındadır. Kahneman aynı grubun müfredat konusunda çok tecrübeli bir üyesinden geçmiş tecrübelerini değerlendirerek cevabını gözden geçirmesini ister. İlk tahmininde 18-30 ay aralığında cevap veren uzman, daha önce yapılan müfredat hazırlama çalışmalarının ancak % 40'ının tamamlandığını, tamamlanan çalışmaların en az 7 yıl sürdüğünü, mevcut takımın kaynak ve potansiyel olarak ortalamanın altında olduğunu aktarmıştır. Bu müfredat projesi ancak 8 yılda tamamlanmıştır<sup>167</sup>.

Green ve Armstrong'a göre yapısal analoglar süreci yöneticinin hedef durumu tanımlaması, uzmanların seçimi, uzmanların her birinin analogları belirlemesi ve tanımlaması, benzerliklerin puanlanması ve yöneticinin analoglardan tahmini türetmesi olmak üzere beş aşamadan oluşmaktadır<sup>168</sup>.

---

<sup>165</sup> J. Scott Armstrong ve Kesten C. Green (2005), *a.g.e.*, s. 4.

<sup>166</sup> Kesten C. Green ve J. Scott Armstrong (2007), "*Structured Analogies for Forecasting*", International Journal of Forecasting, Vol. 23, ss. 365-376.

<sup>167</sup> Daniel Kahneman ve Dan Lovallo (1993), "*Timid Choices and Bold Forecasts: A Cognitive Perspective of Risk Taking*", Management Science, Vol. 39, No. 1, ss. 17-31.

<sup>168</sup> Kesten C. Green ve J. Scott Armstrong (2007), "*Structured Analogies For Forecasting*", International Journal of Forecasting, Vol 23, ss. 365-376.

#### 2.4.5 Senaryo Yazma (Scenario Writing)

Senaryo yazma yöntemi işletmenin iç, yakın uzak ve uzak çevresinde olabilecek gelişmelere dair belirsiz bir geleceğin ayrıntılarını senaryolaştırma sürecini kapsamaktadır. Teknolojik gelişmeler, popülasyon kaymaları ve müşteri taleplerinde olabilecek değişimler gibi işletmeyi direkt olarak etkileyebilecek bu faktörlerin öngörülmesi üst yönetim için elzemdir. Üst düzey yöneticiler bu öngörülere dayanarak, çalıştıkları işletmelere kendi bilgi ve tecrübelerini aktarmaktadırlar<sup>169</sup>. Ayrıca ekonomik, coğrafi, sosyokültürel, politik ve demografik çevrede olabilecek gelişmelerin öngörülebilmesi işletmelere rekabet avantajı kazandırmaktadır. Bu bakış açısı ile işletmeler kısa vadeli kar hedefleri yerine uzun dönemli başarıya odaklanabilmektedir<sup>170</sup>.

Senaryo yazma sürecini genellikle bir tartışma aşaması takip etmektedir. Senaryoları üreten ve eleştiren grupların tartışması ile alternatif senaryoların geliştirilmesi ve ortak görüşlere varılması amaçlanmaktadır.

Bu yöntemle elde edilen senaryoların tam olarak gerçekleşmesini beklemek gerçekçi bir yaklaşım değildir. Ancak, bu yöntem işletmelerin uzun dönemde çevresel değişimlere uyum sağlaması için gerekli stratejik planlar geliştirebilmesi açısından önemlidir.

#### 2.4.6 Yargısal Ayırıştırma (Judgmental Decomposition)

Algoritmik ayırıştırma olarak da adlandırılan bu yöntemde; ilk aşamada tahmini yapılacak bütün, parçalara ayırılmakta, bu parçalar uygun yöntemlerle tahmin edilmekte ve daha sonra parçaların tahminleri bir araya getirilerek bütünü tahminine ulaşılmaktadır<sup>171</sup>. Parçaların tahmin edilmesinin bütününden kolay olduğu ayırıştırma yöntemi çarpımsal kırılımların (multiplicative) veya bölümlendirilmiş (segmented) tahminlerin kullanılmasıyla uygulanabilmektedir. Ayrıca belirsizliğin yüksek olduğu durumlarda kullanışlıdır.

---

<sup>169</sup> İlkay Karaduman (2013), *“The Effect of Socila Media on Personal Branding Efforts of Top Level Executives”*, Procedia Social and Behavioral Sciences, 99, ss. 468.

<sup>170</sup> John Hanke ve Arthur G. Reitsch (1998), *Business Forecasting*, 6. Baskı, Prentice Hall, New Jersey, ss. 497-498.

<sup>171</sup> Kesten C. Green ve J. Scott Armstrong (2005), *“Demand Forecasting: Evidence Based Methods”*, Monash University Working Paper 24/5, s. 4.

#### 2.4.7 Conjoint Analizi (Conjoint Analysis)

Conjoint analizi pazarlama başta olmak üzere çeşitli alanlarda bireylerin çok boyutlu alternatifler karşısında nasıl tepki verdiklerini sayısal olarak ölçmek için kullanılan bir tahmin yöntemidir. Araştırmacı bireylere çeşitli varsayımsal ürün ve servis bileşenlerini içeren mal veya hizmet tercihlerini sormaktadır. Daha sonra, bireylerin bu yargılarını kullanarak bir tercih fonksiyonu tahmini yapmaktadır. Araştırmacı, bireyin tercih yargılarını iki veya daha fazla farklı nitelik seviyesine göre ayırtmakta ve kısmi fayda değerlerini (partial utility values veya partial worths) elde etmektedir. Çalışmanın sonunda elde edilen tercih fonksiyonu ile yöneticiler bir mal veya hizmetin diğerlerine göre ne düzeyde tercih edileceği öngörülmektedir. Ayrıca, verilen bir ürünün karakteristiklerini değiştirerek çeşitli pazar koşullarının simülasyonunun yapılması da mümkündür. Conjoint analizi bu şekilde kullanıldığında karakteristikleri belirtilmiş ürünün olası pazar payının öngörülmesini sağlamaktadır. Ancak, bu tahminler müşterilerin bu ürünler varlığının farkında olması ve ürünlerin bu pazar senaryosundaki bulunabilirliği gibi faktörlere bağlıdır<sup>172</sup>.

Conjoint analizinin temel aşamaları aşağıda sıralanmaktadır<sup>173</sup>:

- Ürün kategorisinin seçimi (örnek: hali hazırda üretilen ürün kategorileri, yeni ürün kategorileri),
- Hedef pazarın tanımlanması (örnek: bilgi toplanacak olan müşteri veya organizasyon tipleri, ev halkı, bireysel tüketiciler),
- Ürünün niteliklerinin belirlenmesi ve tanımlanması,
- Ürünün niteliklerinin içinde bulunduğu aralıkların seçimi (örnek: minimum ve maksimum fiyatları),
- Makul tercih modellerinin veri toplama yöntemlerinin tanımlanması (örnek: ürünün niteliklerinin doğrusal veya doğrusal olmayan etkileri),
- Anketlerin geliştirilmesi (örnek: ürün kullanımı hakkındaki sorular, demografik sorular),

---

<sup>172</sup> Dick R. Wittink ve Trond Bergenstuen (2001), *“Forecasting with Conjoint Analysis”*, Forecasting Principles, Kluwer, Vol. 1, ss. 147-148.

<sup>173</sup> Dick R. Wittink ve Trond Bergenstuen (2001), *a.g.e.*, s. 151.

- Örnek büyüklüğün belirlenmesi ve data toplanması (örnek: kişisel görüşme, telefon, internet),
- Data analizi (tercih eden pazar payının tahminini de içermektedir.).

#### 2.4.8 Bootstrap Yöntemi (Judgmental Bootstrapping)

Bireyler kararlarında genellikle kişisel yargılarını kullanmaktadır. Ancak, bu yargılar çoğunlukla tarafsızlık ve güvenilirlik parametrelerinden yoksun olduğundan dolayı, bunlara dayanan tahminler önemli sapmalar göstermektedir. Bootstrap yöntemi bireylerin yargılarındaki bu hatalardan kurtulmaya odaklanmaktadır. Bu yöntemle taraflılıkların (bias) tanımlanması ve azaltılması, güvenilirliğin artırılması, en iyi uzmanlardan tarafından yapılan tahminlerin daha az bilgili olanlar tarafından kullanılabilmesi, tahmin maliyetlerinin azaltılması ve hızlı tahminleri yapılması mümkündür.

Bootstrap yöntemi ile uzmanların muhakemesi açık ve seçik kurallara dönüştürülmektedir ve bir uzmanın tahmin yaparken uyguladıkları prosedürler ortaya çıkarılmaktadır. Bir uzman sistemi (expert system) olan bu yöntem uzmanların tahminlerine ve bu tahminleri yaparken kullandıkları bilgilere ve ipuçlarına dayanmaktadır. Buna karşılık, uzman sistemleri bir uzmanın kullandığı veriyle veya uzmanlığını ortaya koyma yolu ile sınırlandırılmamıştır<sup>174</sup>.

Bootstrap yöntemi bir uzmanın derinlemesine bilgisini veya farklı durumlar karşısında göstereceği esnekliği kapsama dahi, uzmanların kurallarına tutarlı olarak sadık kalmaktadır. Bu yapılaşmış kurallar sayesinde yapılan tahminlerin isabet derecesi artmaktadır. Thomas R. Stewart'a göre tahminlerin yargıya dayanması en majör tahmin hatalarından biridir<sup>175</sup>. Stewart'ın bu çalışması da bootstrap yönteminin yapısal avantajını önemini ortaya koymaktadır.

Yöntemin uygulamasında uzmanlar gerçek ve simülasyonu yapılmış durumlar hakkında tahminler yapmaktadır. Daha sonra tahmin modelinin oluşturulması için istatistiksel bir prosedür izlenmektedir. Dolayısıyla bootstrap yöntemi uzmanların tahminleriyle ilerlemekte ve uzmanların bu tahminleri yaparken kullandığı kuralların

---

<sup>174</sup> J. Scott Armstrong (2001), "*Judgmental Bootstrapping: Inferring Experts' Rules for Forecasting*", Principles of Forecasting, Kluwer, Vol. 1, ss. 172-173.

<sup>175</sup> Thomas R. Stewart (2001), "*Improving Reliability of Judgmental Forecasts*", Principles of Forecasting, Kluwer, Vol. 1., ss. 81-106.

tespit edilmesiyle geriye doğru çalışmaktadır. Bu durum daha yaygın bir yöntem olan uzman sistemleri (expert systems) ile çelişmektedir. Uzman sistemleri yönteminde önce uygulanmış kurallar tespit edilmekte ve daha sonra daha sonra hangi kuralların kullanılması gerektiği araştırılmaktadır. Bootstrap yönteminde ise uzmanların tahminlerini bağımlı değişken ve bu tahminleri yaparken kullandıkları ipuçları nedensel değişken olarak kullanılmaktadır. Model tipik olarak küçük kareler regresyon analizi ile tahmin yapmaktadır. Bu regresyon modeli aşağıda sunulmaktadır<sup>176</sup>:

$$Y' = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (2.01)$$

Bootstrap modelleri Y'nin gerçek sonuçlar yerine uzmanların tahminlerini göstermesi dışında ekonometrik modellere benzemektedir. Örneğin bir doktora 50 hastalık bir örnek verilecektir ve doktordan hastaları muayene etmesi ile çeşitli tedavi yöntemlerinin sonuçları hakkında tahminlerde bulunması istenecektir. Bu durumda yapılması gereken açıklayıcı değişkenler ve doktorun tahminlerine regresyon yönteminin uygulanmasıdır.

Bootstrap modelinin geliştirilmesinin prensipleri temel olarak uzman görüşleri ile sosyal bilimler ve ekonometrinin genel kabul görmüş prosedürlerine dayanmaktadır<sup>177</sup>. Armstrong'un bir bootstrap modeli oluşturmak için ortaya koyduğu prosedür ve prensipler aşağıda sunulmaktadır<sup>178</sup>:

- Uzmanların kullanabileceği bütün değişkenlerin derlenmesi,
- Nedensel değişkenlerin ölçülmesi,
- En başarılı uzmanların kullanılması,
- Değişkenlerin geçerliliğin sağlanması,
- Birden fazla uzmanla (veya uzman grubuyla) çalışılması,
- Farklılık gösteren uzmanların tercih edilmesi,
- Yeterli sayıda aydınlatıcı vaka (stimulus cases) kullanılması,

---

<sup>176</sup> J. Scott Armstrong (2001), "*Judgmental Bootstrapping: Inferring Experts' Rules for Forecasting*", Principles of Forecasting, Kluwer, Vol. 1, s. 173.

<sup>177</sup> P. Geoffrey Allen ve Robert Fildes (2001), "*Econometric Forecasting*", Principles of Forecasting, Kluwer, Vol. 1, ss. 303-362.

<sup>178</sup> J. Scott Armstrong (2001), "*Judgmental Bootstrapping: Inferring Experts' Rules for Forecasting*", Principles of Forecasting, Kluwer, Vol. 1, ss. 174-189.

- En çok akla yatkın aydınlatıcı vakaların (stimulus cases) kullanılması,
- En düşük korelasyon gösteren fakat aynı zamanda gerçekçi olan aydınlatıcı vakaların kullanılması,
- Davranışı temsil edecek basit analizlerin kullanılması,
- Formel izlemenin uygulanması.

#### 2.4.9 Niyet Çalışmaları (Intentions)

Anket çalışmaları olarak da bilinen niyet çalışmaları; bireylerin gelecekle ilgili planlarının, hedeflerinin veya beklentilerinin ölçülmesi sürecini kapsamaktadır. Kuruluşlar bireylerin gerçek niyetlerini tahmin edebilmek için bu çalışmalara düzenli olarak yapmaktadırlar. Örneğin pazarlamacılar genellikle yeni bir ürün piyasaya sürüleceğinde bu ürün için yeterli talep var mı sorusuna cevap vermek için niyet çalışmalarını uygulamaktadırlar. Vicki G. Morwitz'in bu yöntemin sağlıklı uygulanması için önerdiği dokuz prensip aşağıda sunulmaktadır<sup>179</sup>.

- Niyet ölçekleri yerine olasılıklı ölçekler kullanılmalıdır.
- Katılımcılara cevap verirken bireysel karakterlerini kararlara yansıtmaları gerektiği belirtilmelidir.
- Niyet çalışmaları datası önyargılardan arındırılması için görüldüğü gibi kullanmak yerine düzeltilerek kullanılmalıdır.
- Niyet çalışmaları datasını düzenlemek için belirli bir davranış ile ilgili geçmiş katılımların datası kullanılmalıdır.
- Katılımcılar düzenleme yapılırken bölümlendirilmelidir.
- Niyet çalışmaları olasılıklı tahminlerinin sınırlarının belirlenmesi için en iyi ve en kötü durumlar kullanılmalıdır.
- Katılımcıların daha önce katıldığı benzer davranışları ölçen niyet çalışmalarına daha fazla önem verilmelidir.
- Niyet çalışmaları ölçümlerinin davranışları değiştirebileceği gerçeğinin farkında olunmalıdır.

---

<sup>179</sup> Vicki G. Morwitz (2001), "*Methods for Forecasting from Intentions Data*", International Series in Operations Research & Management Science, Volume 30, ss. 33-56.

- Geçmiş alışverişlerinin tarihlerini yanlış hatırlayan katılımcıların gelecek alışverişleriyle ilgili tahminlerinin hatalı olacağı gerçeği göz ardı edilmemelidir.

#### 2.4.10 Rol Oynama Yöntemi (Role playing)

Rol oynama tekniği anlaşmazlık durumlarında bireyler veya gruplar tarafından verilecek kararları tahmin etmek için kullanılmaktadır. Roller bireylerin durumları anlama ve algılama kapasitelerini artırmaktadır. Bu nedenle, bir başkasının kararını tahmin etmek için onun rolünü oynamak faydalı bulunmaktadır. Bu yöntem savaş tehdidine karşı bir ülkenin tutumunu tahmin etmek, yöneticilerin rakip ataklara karşı takınacakları tutumları öngörmek, önemli bir endüstriyel müşterinin yeni fiyat politikasına nasıl değerlendireceğini tahmin etmek ve benzeri durumlarda kullanılmaktadır. Rol oynama tekniği deneylerin ucuz ve pratik bir alternatifidir. A.B.D.'de avukatlar tarafından jürinin tepkilerini tahmin etmek için senelerdir kullanılmaktadır. Ayrıca askeri stratejistler rakiplerin farklı stratejilere nasıl reaksiyon göstereceklerine ilişkin çalışmalarında bu yönteme başvurmuşlardır. Aşağıda bu yöntemin temel prensipleri sıralanmaktadır<sup>180</sup>.

- İlgili rollere oyuncu seçilirken oyuncuların temsil edecekleri rollerle benzerlik taşımalarına özen gösterilmelidir.
- Oyunculara vakayı okumadan önce kendi rolleri ile ilgili bir açıklama yapılmalıdır.
- Oyunculardan verilen rolü oynarken tanımlanan vaka içerisinde kendileri gibi davranmaları istenmelidir, ya da oynadıkları karakterin nasıl davranacağını tahmin ederek hareket etmeleri telkin edilmelidir.
- Oyunculara doğaçlama oynamalarını, ancak rollerine sadık kalmaları gerektiği aktarılmalıdır.
- Vaka oyunculara doğru, kapsamlı ve kısaca anlatılmalıdır.
- Mümkün olduğunda oyunculara alternatif kararlar açıkça belirtilmelidir.
- Çevresel unsurlar (mekan, kıyafetler vs.) gerçekçi olmalıdır.

---

<sup>180</sup> J. Scott Armstrong (2001), *Principles of Forecasting*, 1. Baskı, Springer Science, New York, ss. 2-28.

- Katılımcılardan davranışlarını ortaya koymaları istenmelidir.
- Oyunculardan gerçek karar verme sürecine uygun şekilde iletişim kurmaları istenmelidir.
- Yanlış yorumlamalara engel olmak için oyunculardan kendi kararlarıyla ilgili bakış açıları yazılı olarak istenmelidir.
- Eğer kararla ilgili yorumlama gerekiyorsa, bu yorum birden fazla kişiden istenmelidir.
- Armstrong'a göre doğru ve geçerli tahminler elde etmek için her beş adedi için ortak bir vaka tanımlaması olan toplam on adet oturum yapılmalıdır. Eğer gruplar arası kararlar farklılık gösteriyorsa oturum sayısı artırılmalıdır. Eğer oturumlar vaka tanımlamasına duyarlı ise ek vaka tanımlamaları da yapılmalıdır.

#### 2.4.11 Delphi Tekniği (Delphi Technique)

İsmi Antik Yunan'da bir kahinin yaşadığı bölgeden alan Delphi tekniği, 1950'lerde Rand Corporation işletmesinde teknolojinin refah üzerindeki etkilerini araştırmak için Olaf Helmer ve Norman Dalkey tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde isimsiz olarak görüşlerini aktaran uzmanların ortak yargılara varması amaçlanmaktadır<sup>181182</sup>.

Delphi tekniği fikir ayrılıklarının bulunduğu konularda, bireylerin çeşitli sebeplerden dolayı rasyonel hareket etmekte zorlandıkları durumlarda, dominant bireylerin veya grupların kararları etkileyeceğinden endişe edildiğinde etkili olarak kullanılabilir.

Delphi tekniğinin katılımcı gizliliği, kontrollü geri besleme ve istatistiksel analiz edilen grup yargısı olmak üzere üç temel prensibi bulunmaktadır. Katılımcı gizliliği prensibine göre, bütün fikirlerin eşdeğer olarak objektif bir bakış açısıyla değerlendirilebilmesi için bu fikirlerin kimlere ait olduğu uzmanlarla paylaşılmamaktadır. İstatistiksel analiz edilen grup yargısı prensibi ise anketlerin istatistiksel analiz edilmesi ve bu analizler hakkında katılımcılara bilgi verilmesi ilkelerini ifade etmektedir. Kontrollü geri besleme prensibine göre anketler üzerine

---

<sup>181</sup> Olaf Helmer-Hirschberg, Systematic Use of Expert Opinions, <http://www.rand.org/topics/delphi-method.html>, 25/04/2014.

<sup>182</sup> Ali Ekber Şahin (2001), "*Eğitim Araştırmalarında Delphi Tekniği ve Kullanımı*", Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 20:215-220, ss. 215-220.



yapılan istatistiksel çalışmalar uzmanlarla paylaşılmaktadır. Böylece uzmanların farklı fikir ve yargılarla alakalı bilgilendirilmesi ile kendi görüşlerini tekrar değerlendirmeleri amaçlanmaktadır.

Yukarıda sunulan prensiplere uygun olarak yapılacak yöntemin uygulaması problemin belirlenmesi, uzmanların seçimi ve tekrarlı anketlerin uygulanması aşamalarından oluşmaktadır.

Problemin belirlenmesi aşamasında uzmanlara danışılacak konu hepsinin okuduktan sonra aynı yargıya varacağı şekilde açık ve net şekilde ifade edilmelidir. Örneğin teze konu olan otomotiv talebini etkileyen faktörlerin araştırılmasında; “Türkiye’de iç piyasa binek otomobili satışlarını etkileyen ekonomik, demografik, küresel, bireysel veya diğer faktörler nelerdir?” sorusu sorulan konunun uzmanlarında benzer algıların oluşması beklenir.

Seçilecek uzmanlar konuya farklı bakış açıları getirebilecek çeşitlilikte ve deneyimde olmalıdır. İstatistiksel çalışmadan sonuç alabilmek için en az 7 uzman gruba dahil edilmelidir. Ancak 10 ile 20 arasında uzman bulunması çalışmanın etkinliğini artıracaktır. İhtiyaç duyulduğunda uzmanların sayısı 100’ün üstüne dahi çıkarılabilmektedir.

Birinci anketteki amaç uzmanların konu ile ilgili görüşlerini toplamaktır. Örneğin teze konu olan binek otomobili talebi için aşağıdaki şekildeki gibi bir anket uzmanlara gönderilebilir. Bu ankette uzmanlardan yanıtlarını cümlelerle ifade etmesi beklenmektedir.

## Çizelge 2-1 Delphi Tekniği Birinci Anketi

Türkiye’de iç piyasa binek otomobili satışlarını etkileyen ekonomik, demografik, küresel, bireysel veya diğer faktörler nelerdir?

Lütfen konu ile ilgili görüşlerinizi belirtiniz. Mümkün olduğunca fazla görüş bildirmeniz çalışmanın etkinliğini artıracaktır. Görüşleriniz bir araya getirilip ikinci anket oluşturulacaktır.

Faktör 1 .....

Faktör 2 .....

.

.

.

Faktör n .....

Uzmanların birinci ankete verdiği cevaplar ikinci anketin sorularını oluşturmaktadır. Uzmanların aktardığı bu görüşlerin listelenmesi ve yapılandırılması sonucu elde edilen faktörlerin ikinci ankette puanlanması beklenmektedir. Bu puanlama için Likert veya benzeri ölçekler kullanılabilir. Örnek bir ikinci anket aşağıda sunulmaktadır.

## Çizelge 2-2 Delphi Tekniği İkinci Anketi

Hiç katılmıyorum						Kesinlikle katılıyorum
1	2	3	4	5	6	7
Faktör 1 Puanı : ( ) Açıklama ve nedenleriniz : .....						
.....						
Faktör 2 Puanı : ( ) Açıklama ve nedenleriniz : .....						
.....						
.						
.						
.						
Faktör n Puanı : ( ) Açıklama ve nedenleriniz : .....						
.....						

Uzmanların ikinci ankete verdikleri puanlar, bir sonraki aşamada istatistiksel olarak analiz edilecektir. Bütün faktörler için birinci çeyrek, ikinci çeyrek, medyan ve genişlik değerleri hesaplanmalıdır. Ayrıca uzmanların açıklama ve nedenleri de derlenip rapor haline getirilmelidir.

Üçüncü anketin ikinci anketten farkı ikinci anketin istatistiksel sonuçlarının uzmanlarla paylaşılmasıdır. Her faktör için birinci çeyrek, medyan üçüncü çeyrek ve genişlik değerleri anket formuna eklenmelidir. Bu bilgilerin yanında uzmanın ikinci ankete verdiği cevap da bulunmalıdır. Ayrıca, bu istatistiksel sonuçların anlamları da anketlerle birlikte uzmanlara sunulmalıdır. Ankete ek olarak uzmanların açıklamaları ile nedensellik ilişkilerini kapsayan rapor da uzmanlara iletilmelidir. Üçüncü ankette uzmanlardan beklenen istatistiksel sonuçları değerlendirerek cevaplarını gözden geçirmeleridir. Örnek bir üçüncü anket aşağıdaki şekilde sunulmaktadır.

**Çizelge 2-3 Delphi Tekniği Üçüncü Anketi**

Hiç Katılmıyorum	1	2	3	4	5	6	7	Kesinlikle Katılıyorum
Birinci Çeyrek	Medyan	Üçüncü Çeyrek	Genişlik	2. Ankete Cevabınız	Yeni Cevabınız	Faktörler		
X	X	X	X	X		1		
X	X	X	X	X		2		
X	X	X	X	X		.		
X	X	X	X	X		.		
X	X	X	X	X		.		
X	X	X	X	X		n		

Uzmanların verdiği puanların %50'si medyandan küçük, diğer %50'si ise medyandan büyüktür. Birinci çeyrek değeri ise uzmanların verdiği puanların %25'inden büyük, diğer %75'inden küçük olmalıdır. Üçüncü çeyrek değeri uzmanlarının puanlarının %75'inden büyük %25'inden küçük olacak şekilde hesaplanmalıdır. Bu hesaplamalar tamamlandıktan sonra üçüncü çeyrek ve birinci çeyrek arasındaki fark alınarak genişlik değeri tespit edilmelidir.

Üçüncü anketin sonuçları da ikinci anket gibi uzmanlarla paylaşılmalıdır. Uzmanlardan beklenen istatistiksel sonuçları değerlendirip ikinci ankete verdikleri cevapları gözden geçirmeleridir. Bu yöntemle ve tekrarlı anketlerle ortak yargılara varmaları hedeflenmektedir. Zelif ve Heldenbrand 1993 yılında yaptıkları çalışmada, ortak yargının göstergesi olarak 1,20'den küçük genişlik değerini

önermektedirler<sup>183</sup>. Bu değere 3 veya 4. puanlama anketine kadar ulaşılabilmesi beklenen durumdur.

Delphi tekniği hem uzmanların aynı odada bulunmasından ve birbirini tanimasından kaynaklanacak fikirleri domine etme gibi yan etkileri bertaraf etmektedir ve hem de farklı lokasyonlarda bulunan uzmanlarla ortak çalışma yapma imkanı sağlamaktadır. Anketlerin cevaplanması için e-mail ve benzeri araçlar son derece uygundur. Yöntemin zorlayıcı tarafı ise bu uzmanların peş peşe yapılacak anketlere sağlıklı destek vermelerini sağlamaktır.

## 2.5 KANTİTATİF TAHMİN YÖNTEMLERİ

Kantitatif talep tahmin yöntemleri, istatistiksel ve matematiksel analizlerin kullanılmasıyla sayısal yorum ve genelleme yapabilmeye elverişli metodları kapsamaktadır. Şekil 2.1'den de görüleceği gibi hem Makridakis<sup>184</sup> ve hem de Armstrong'a göre bu yöntemler yeterli ve objektif veriler bulunduğu kesinlikle yargısal yöntemlere tercih edilmelidirler. Bazı kaynaklar bu yöntemleri zaman serileri ve nedensel yöntemler olmak üzere iki grup altında toplamaktadırlar<sup>185</sup>. Buna karşılık Armstrong ve Green ise tahmin yöntemlerini seçim metodolojisi esasına göre tek çatı altında incelemektedirler. Bu tezde, kantitatif tahmin yöntemleri, Armstrong ve Green'in sınıflandırmaları veri kabul edilerek incelenmektedir. Aslında Şekil 2.1 dikkatle incelendiğinde kantitatif yöntemler arasından seçim yapılırken ilişkilerin iyi bilinmesi, data tipi ve büyük değişimler beklenilmesi koşullarına göre kantitatif zaman serileri yöntemleri ve kantitatif nedensel yöntemler arasında seçim yapıldığı görülmektedir. Bu da iki yaklaşımın da özde birbirinden çok farklı olmadığını ortaya koymaktadır.

Kantitatif tahmin yöntemleri, Şekil 2.1'de de görüldüğü gibi uzman sistemleri (expert systmes), kural bazlı sistemler (rule-based forecasting), extrapolasyonlar ve

---

<sup>183</sup> N.D. Zelif ve S.S. Heldenbrand (1993), *“What's Being Done In The International Business Curriculum?”* Business Education Forum, 48(1), ss. 23-25.

<sup>184</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, ss. 2-10.

<sup>185</sup> Johan Ernberg vd. (1997), *“Guidelines of the Elaboration of a Business-Oriented Development Plan”*, Telecommunication Development Bureau, ss. 6.2.5-6.2.7.

ekonometrik yöntemler olmak üzere dört grup altında incelenmektedir. Bu yöntemlere ilişkin açıklamalar aşağıdaki alt bölümlerde sunulmaktadır.

### **2.5.1 Kesit Veri ve Zaman Serilerinin Ekstrapolasyonu**

Tek değişkenli zaman serilerinin tahminleri olarak da adlandırılan ekstrapolasyonlar, ilgili değişkenin kantitatif metodlarla analiz edilmesine dayanmaktadır. Sade (pure veya naive) ekstrapolasyon sadece tahmin edilen değişkenin değerlerini esas almaktadır. Bu değerler üzerinden tahmin yapılırken, değişkenin geçmişte gösterdiği yapıyı gelecekte de aynı şekilde göstereceği varsayılmaktadır.

Zaman serilerinde sıklıkla kullanılan ekstrapolasyon yöntemi kesit verilere de uygulanabilmektedir. Kesit verilere uygulanmasında, alınan örneğin davranış şekillerine dayanarak, popülasyonun davranışlarının tahmin edilebileceği varsayılmaktadır. Diğer bir deyişle popülasyondan alınan örnek ile popülasyonun benzerlik göstereceği kabul edilmektedir. Örneğin belirli bir işe alınacak bir adayın bir yılda fazla işe devam edip etmeyeceğini tahmin etmek için bu işte çalışan son 50 bireyin verileri kullanılabilir.

Armstrong'a göre zaman serilerinin ve kesit verilerin ekstrapolasyonu verilerin seçilmesi ve hazırlanması, mevsimsel düzeltmelerin yapılması, ekstrapolasyonun yapılması ve belirsizlik düzeyinin tespit edilmesi aşamalarından oluşmaktadır.

Ekstrapolasyon metodu için öncelikle tahmin edilecek olayı temsil eden verilere ihtiyaç vardır. Bazen bu verilerin temsil ettiği değişkenin ölçülme şekli çok açık seçik olmayabilir. Örneğin ülkemizde yaşayan fakir insanların sayısının ekstrapolasyonunu yapmak için öncelikle fakir birey tanımı yapılmalıdır. Farklı tanımlamalar farklı sonuçlara yol açacaktır. Bu tanımlamaya göre, gelirin ölçü alınması ile tüketimin ölçü alınması arasında trendin yukarı veya aşağı olmasına varabilecek kadar farklı tahmin sonuçları elde edilebilmektedir.

Tahmin edilecek durum hakkında yeterli veri yoksa, analog vakalar hakkında dataya başvurulmalıdır. Örneğin, yeni bir MacDonald's franchisee şubesinin başlangıç cirolarını tahmin etmek için benzer lokasyonlardaki başka şubelerin verilerinin ekstrapolasyonu yapılabilir.

Analog olayların verilerine ulaşılamıyorsa, laboratuvar veya saha deneyleri yapılabilir. Deneyler özellikle büyük değişimlerin etkilerinin ölçülmesinde kullanışlı

bir yöntemdir. John R. Nevin 1974 yılında laboratuvar deneylerinin tahmin açısından geçerliliğini test etmiştir ve bazı markaların pazar paylarının tahmin edilmesinde iyi sonuçlar verdiğini tespit etmiştir<sup>186</sup>. Ayrıca Reilly ve Chao, saha deneyleri simülasyonunu iş örneklerini kullanarak personel davranışlarının tahmin edilmesinde başarılı bir şekilde kullanmışlardır<sup>187</sup>. Yine benzer bir çalışmayı I. T. Robertson ve R. S. Kandola 1982 yılında gerçekleştirmiştir<sup>188</sup>. Bu simülasyonlarda bireylerden tipik işlerin yerine getirilmesi istenmiştir. Bu bireylerin performanslarının verileri üzerinden popülasyonun ekstrapolasyonu yapılmıştır.

Aşağıda Çizelge 2.4’de verilerin ekstrapolasyona uygunluğu hakkında Armstrong tarafından bir sıralama yapılmıştır. Yazarın sıralamasına göre, hiç bir data kaynağı bütün durumlar için en iyi değildir. Örneğin büyük değişimler beklenildiğinde geçmiş data, diğer data kaynaklarından daha kötüdür. Bu çizelgede 1 en uygun yöntemi, 4 ise en az uygun yöntemi göstermektedir<sup>189</sup>.

---

<sup>186</sup> John R. Kevin (1974), *“Laboratory Experiments for Estimating Consumer Demand: A Validation Study”*, Journal of Marketing Research, Vol. 11, No. 3, ss. 261-268.

<sup>187</sup> Richard R. Reilly ve Georgia T. Chao (1982), *“Validity And Fairness Of Some Alternative Employee Selection Procedures”*, Personnel Psychology, Vol. 35, ss. 1-62.

<sup>188</sup> I. T. Robertson ve R. S. Kandola (1982), *“Work Sample Tests: Validity, Adverse Impact and Application Reaction”*, Journal of Occupational Psychology, 55, ss. 171-183.

<sup>189</sup> J. Scott Armstrong (2001), *“Extrapolation for Time-Series and Cross-Sectional Data”*, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1, ss. 217-243.

**Çizelge 2-4 Verilerin Ekstrapolasyona Uygunluğunun Sıralanması**

Data Kaynağı	Tahminlerin maliyetini düşürmek	Araştırmacının tarafsızlığının etkilerini azaltmak	Mevcut durumu tahmin etmek	Küçük değişimlerin etkilerini tahmin etmek	Büyük değişimlerin etkilerini tahmin etmek
Geçmiş Data	1	1	1	1	4
Analog Durum Datası	2	2	2	4	3
Laboratuvar Deneyi	3	4	4	3	2
Saha Deneyi	4	3	3	2	1

(Kaynak: J. Scott Armstrong (2001), *Principles of Forecasting*, 1. Baskı, Springer Science, New York, s. 220.)

### 2.5.2 Uzman Sistemleri (Expert Systems)

Uzman sistemlerinde temel olarak iki prosedür izlenebilmektedir. Birincisi uzmanların kullandıkları kuralların ortaya çıkarılmasına dayanan bootstrap yöntemidir. Yardımsız karar alma yöntemine göre daha isabetli sonuçlar veren bootstrap yöntemine alternatif olarak uzmanların nasıl tahmin yaptığının çalışılması ile süreci temsil eden bir uzman sistemi geliştirilebilir<sup>190</sup>.

<sup>190</sup> Fred Collopy vd. (2001), *Expert Systems for Forecasting*, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1, s. 1.



Collopy, Adya ve Armstrong'a göre; uzman sistemleri yöntemi ilgili bilginin toplanması, bilginin yapılandırılması ve uygulanması ve sistemin test edilmesi olmak üzere üç aşamalı bir sürece sahiptir. Bu süreçler aşağıda aktarılmaktadır<sup>191</sup>.

Birinci aşama olan alakalı bilginin toplanması uzman sistemlerinin en zor kısmıdır. Bundan dolayı bu süreç bilgi edinme darboğazı olarak da adlandırılmaktadır. Bilgi direkt olarak uzmanların tecrübe ve görüşlerinden faydalanılarak ortaya çıkarılmalıdır. Bu işlem yapılırken anketler, derinlemesine görüşmeler veya geriye dönük süreç izleme (retrospective process tracing) yöntemleri kullanılabilir. Aşağıda adı geçen yazarların önerdiği bilgi edinme süreci listelenmiştir<sup>192</sup>:

- Uzmanlardan kullandıkları kuralları tanımlamaları istenmelidir,
- Eğer uzmanlar süreçte kullandıkları kurallarda ve düşünce şekillerinde tam olarak bilinçli değil ise, veya süreç çok kompleks ise, protokoller kullanılmalıdır,
- Ampirik literatürden bilgi sağlanmalıdır,
- Birden fazla bilgi kaynağı kullanılmalıdır.

Aşağıda Çizelge 2.5'de, Duokis ve Paul'un yaptığı uzman sistemleri geliştirilmesi için daha önce kullanılan yöntemlerin sıklığına dair bir çalışmanın sonuçları mevcuttur<sup>193</sup>.

---

<sup>191</sup> Fred Collopy vd. (2001), *a.g.e.*, s. 2.

<sup>192</sup> Fred Collopy vd. (2001), *a.g.e.*, ss. 2-4.

<sup>193</sup> G.I. Doukidis ve R. J. Paul (1990), "*A Survey of the Application of Artificial Intelligence Techniques within the OR Society*", *Journal of the Operational Research Society*, No 41, ss. 363-375.

**Çizelge 2-5 Uzman Sistemleri Geliştirilmesi İçin Bilgi Edinme Prosedürleri**  
**Kullanım Sıklığı**

Yöntem	Kullanım Sıklığı (%)
Derinlemesine Görüşme	%100
Uzmanların vaka analizine tabi tutulması	28
Tümevarım teknikleri (Bootstrap)	18
Uzmanların iş üzerinde izlenilmesi (Protokoller)	16

(Kaynak: G.I. Doukidis ve R. J. Paul (1990), “*A Survey of the Application of Artificial Intelligence Techniques within the OR Society*”, *Journal of the Operational Research Society*, No 41, s2. 363-375.)

Uzmanlardan bilgi toplandıktan sonra, bu bilgi kolayca kullanılabilir hale getirilmelidir. Uzman sistemlerinde bilginin ve tecrübenin temsil edilmesi için en yaygın yöntem üretim kurallarıdır (production rules). Üretim kuralları genellikle durum-aksiyon ifadeleridir. Örneğin, “kredi geçmişi zayıf ise, borç verme.” Duokis ve Paul’un yaptığı çalışmada üretim kurallarının uzman sistemlerinin %62’sinde kullanıldığı tespit edilmiştir<sup>194</sup>.

Collopy, Adya ve Armstrong’un bilginin yapılandırılması ve uygulanması süreci için önerdiği aşamalar aşağıda sıralanmaktadır<sup>195</sup>:

- Kurallar mümkün olduğunca basitleştirilmelidir,
- Bilgi problemin bütününe kapsayacak hale getirilmelidir,
- Sistemdeki bütün bilgi ortaya çıkarılmalıdır,
- Uzman sisteminin yeterli açıklamalar eklenmelidir.

<sup>194</sup> G.I. Doukidis ve R. J. Paul (1990), *a.g.e.*, ss. 363-375.

<sup>195</sup> Fred Collopy vd. (2001), “*Expert Systems for Forecasting*”, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1, ss. 4-5.

Uzman sistemlerinin test edilmesi, diğer tahmin yöntemlerinin test edilmesi ile temelde aynıdır. Buna karşılık bir geçerlilik testi olan Turing testi sonuçların karşılaştırılması için sıklıkla kullanılmaktadır<sup>196</sup>.

Turing testi, bir uzman sisteminin ve uzmanlara danışma (unaided judgement) yönteminin sonuçlarının bir uzman grubu tarafından ayırt edilip edilemediğinin incelenmesini kapsamaktadır. Uzman grubunun oluşturduğu panel, uzman sisteminden ve uzmanlara danışma yönteminden açıklamalar edinerek problemi ortaya koyar ve tahminleri ister. Alınan cevaplara dayanarak uzman grubundan hangi tahminlerin uzman sistemlerine ve hangi tahminlerin uzmanlara danışma yöntemine ait olduğunun ayırt edilmesi istenir. Farklı yöntemlerin göreceli avantajlarının tespitinin zor olduğu durumlarda, problem fazla belirsizlik içeriyorsa ve tahmin problemi kompleks ise turing testi uygulanabilmektedir<sup>197</sup>.

Geliştirilmesi pahalı olan uzman sistemlerine başvurmadan önce, hangi durumlarda kullanışlı olacağının ortaya konulması önemlidir. Uzman sistemleri diğer tahmin yaklaşımlarına göre aşağıdaki durumlarda en uygun yöntemdir<sup>198</sup>:

- Tekrarlı tahminler yapılıyorsa, pahalı olan uzman sistemleri yöntemi ekonomik hale gelecektir.
- Problemler tam olarak yapılandırılmıyorsa, bu yöntem faydalıdır. Buna karşılık tam olarak yapılandırılabilen ve kurullarla ifade edilebilen problemlerde regresyon gibi istatistiksel yöntemler isabetli sonuçlar verecektir.
- Bağımlı değişkene ait geçmiş dataya ulaşılamıyorsa veya data zayıf ise, uzman sistemlerine başvurulabilir.
- Uzman sistemlerinin geliştirilmesi yardımcı olmak isteyen uzmanlara bağlı olduğundan, uzmanlar mevcut olduğunda bu yönteme başvurulabilmektedir.

---

<sup>196</sup> Fred Collopy vd. (2001), *a.g.e.*, s. 5.

<sup>197</sup> A. M. Turing (1950), *“Computing Machinery and Intelligence”*, Mind, No 49, ss. 433-460.

<sup>198</sup> Fred Collopy vd. (2001), *“Expert Systems for Forecasting”*, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1, ss. 5-6.

### 2.5.3 Kural Bazlı Tahminler

Geleneksel ekstrapolasyon yöntemlerinin hangi ekstrapolasyon yönteminin duruma en uygun olduğunun bilinmemesi ve yöneticilerin durum hakkındaki bilgisini ihmal etmesi olmak üzere iki önemli dezavantajı mevcuttur. Bir uzman sistemi (expert system) olan kural bazlı tahmin ise tahmin tecrübesini bir kurallar dizisine dönüştürerek bu dezavantajları bertaraf etmektedir. Tahmin tecrübesinden elde edilen kurallara dayanarak yöneticilerin alan bilgisiyle (domain knowledge) ve ekstrapolasyon yöntemlerinin bir kombinasyonu ile tahmin yapılacak datayla işlem yapılmaktadır. Örneğin birçok işletme binlerce farklı ürünü için satış tahminleri yapmaktadır. Araştırmacılar bu tahminlerde klasik ekstrapolasyon yöntemlerini kullanmaktadırlar. Ancak, ekstrapolasyon yöntemleri yöneticilerin bilgilerini ihmal etmektedir. Yöneticiler zaman serisinin rakamlarına henüz yansımamış fakat gerçekleşmiş stok yetmemesi gibi olaylarla ilgili genellikle bilgi sahibidirler. Ayrıca geçmişte gerçekleşmiş ve zaman serisine yansımamış fakat tekrarlanmaması beklenen yasal düzenlemeler veya doğal afetler gibi olaylarla ilgili de fikir sahibidirler<sup>199</sup>.

Makrikadis ve ekibinin gerçekleştirdiği farklı tahmin yöntemlerinin karşılaştırıldığı M-Competition adlı yarışmalara yapılan yorumlarda istatistiksel ekstrapolasyonla yargıların entegre edilmesinden bahsedilmektedir<sup>200</sup>. Ayrıca Bunn ve Wright, yargıların ve istatistiksel ekstrapolasyonların birleştirilmesini önermektedir<sup>201</sup>.

Armstrong, Adya ve Collopy'ye göre kuralların çıkarılabileceği bilgi uzman yargılarından, teorilerden ve önceki ampirik çalışmalardan elde edilebilmektedir. Ayrıca son yıllarda bu konuda yapılmış çok sayıda ampirik çalışma mevcuttur<sup>202</sup>.

---

<sup>199</sup> J. Scott Armstrong vd. (2001), *“Rule-Based Forecasting: Using Judgment in Time-Series Extrapolation”*, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1, ss. 259-260.

<sup>200</sup> J. Scott Armstrong ve E. Lusk (1983), *“The Accuracy of Alternative Extrapolation Models: Analysis of a forecasting Competition, Through Open Peer Review”*, Journal of Forecasting, No 2, ss. 259-311.

<sup>201</sup> D. Bunn ve G. Wright (1991), *“Interaction of Judgmental and Statistical Forecasting: Issues and Analysis”*, Management Science, No 37, ss. 501-518.

<sup>202</sup> J. Scott Armstrong vd. (2001), *“Rule-Based Forecasting: Using Judgment in Time-Series Extrapolation”*, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1, s. 260.

#### 2.5.4 Zaman Serilerinin Ayırıştırılması

Tahmin yöntemlerinin çoğu, geçmiş datanın bir trende sahip olduğu durumlarda, bu trendin geçmiş datanın incelenmesiyle düzeltilerek (smoothing) geleceğe uyarlanması mantığına dayanır. Düzeltme işleminin amacı datadaki rastgelelikten kurtulup geleceğe dair tahminlerde bulunabilmektir. Data trendi, genellikle alt komponent trendlerden oluşmaktadır. Bu komponent trendlerin tanımlanabilmesi için, datanın alt komponent trendlere ayırıştırılması gerekmektedir. Bu ayırıştırma işlemi serinin davranışını anlamaya yardımcı olduğundan, tahminlerin isabet derecesini artırmaktadır<sup>203</sup>.

Ayırıştırma işlemi genellikle trend döngüsü ve mevsimsellik faktörü olmak üzere iki ayrı etkiyi birbirinden ayırmak için kullanılmaktadır. Mevsimsellik faktörü sıcaklık, yağmur ve tatiller gibi yıl içinde gerçekleşen uzunluğu eşit periyodik dalgalanmaları ifade etmektedir. Trend döngüsü ise zaman serisindeki daha uzun süreli değişimleri tanımlamaktadır. Ayırıştırma yöntemi datanın aşağıda 2.02’de sunulan komponentlere sahip olduğunu varsaymaktadır<sup>204</sup>.

$$Y_t = f(S_t, T_t, E_t) \quad (2.02)$$

$Y_t$  : zaman serisinin t periyodundaki gerçek verisi,

$S_t$  : zaman serisinin t periyodundaki mevsimsel komponenti,

$T_t$  : zaman serisinin t periyodundaki trend döngüsü komponenti,

$E_t$  : zaman serisinin t periyodundaki hata (rastgelelik) komponenti,

Yukarıdaki formülde datanın mevsimsellik ve trend döngüsü komponentlerine ek olarak hata elemanı eklenmiştir. Hata elemanı komponent serilerin birleşimi ile gerçek data arasındaki farkı ifade etmektedir.

Formül 2.02’de sunulan ayırıştırma fonksiyonu toplamsal ve çarpımsal kırılım şeklinde olabilmektedir. Toplamsal kırılım formu formül 2.03’de, çarpımsal kırılım formu formül 2.04’de sunulmaktadır<sup>205</sup>.

---

<sup>203</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, s. 82.

<sup>204</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 82-85.

<sup>205</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 85.

$$Y_t = S_t + T_t + E_t \quad (2.03)$$

$$Y_t = S_t \times T_t \times E_t \quad (2.04)$$

Mevsimsel dalgalanmaların büyüklüğü fazla değişmiyorsa toplamsal kırılım önerilmektedir. Ancak mevsimsel dalgalanmaların büyüklüğü zaman serisindeki artış veya azalışla oransal olarak değişiyorsa, çarpımsal kırılımın kullanılması daha uygundur. Çarpımsal kırılım genellikle ekonomik serilerde kullanılmaktadır. Ayrıca logaritma fonksiyonu ile kırılımların dönüştürülmesi de mümkündür. Aşağıda formül 2.05'de, formül 2.04'de verilen çarpımsal kırılımın toplamsal kırılıma dönüştürülmüş hali sunulmaktadır<sup>206</sup>.

$$\log Y_t = \log S_t + \log T_t + \log E_t \quad (2.05)$$

Daha ileri bir ayrıştırma yöntemi ise yalancı-toplamsal kırılımdır (pseudo-additive decomposition). Bu yöntem bir ayın veya bir çeyreğin değeri diğer ayların veya çeyreklerin değerlerinden önemli miktarda daha yüksek veya daha düşük ise kullanışlıdır. Aşağıda yalancı-toplamsal kırılımın formülasyonu sunulmaktadır<sup>207</sup>.

$$Y_t = T_t (S_t + E_t - 1) \quad (2.06)$$

#### **2.5.4.1 Hareketli ortalama (moving averages)**

Mevsimsel komponenti olmayan herhangi bir zaman serisinin ayrıştırılması süreci, bu zaman serisinin sadece trend döngüsünün incelenmesini kapsamaktadır. Trend döngüsü zaman serisinin düzleştirilmesi (smoothing) ile ve dolayısıyla hata komponentinden arındırılmasıyla elde edilmektedir. Hareketli ortalama yöntemi düzleştirme metodlarından en eskisi ve en basitidir. Bu başlık altında basit hareketli ortalama (simple moving average), double hareketli ortalama (double moving average) ve ağırlıklı hareketli ortalama (weighted moving average) yöntemleri aktarılacaktır<sup>208</sup>.

##### **2.5.4.1.1 Basit hareketli ortalama (simple moving average)**

Basit hareketli ortalamanın dayandığı düşünce, birbirine yakın zamanda gözlemlenen değerlerin birbirlerine yakın olmalarının beklenmesidir. Bundan dolayı, istenen

---

<sup>206</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 85.

<sup>207</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 85.

<sup>208</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 89.

noktaya yakın zamanda bulunan değerlerin ortalamasını almak trend döngüsü için isabetli bir tahmin sağlayacaktır. Ortalama almak verideki rastgeleliği düzleteceğinden dolayı, düzleştirilmiş bir trend döngüsü elde edilebilmektedir<sup>209</sup>.

Bu yöntem uygulanmadan önce ortalamaya kaç tane veri noktası eklenmesi gerektiğine karar verilmelidir. Örneğin ortalamaya 5 tane veri noktası katılacak ise bu durumda 5MA düzleştirici kullanılmaktadır. 5 veri noktası kullanılması, her noktanın sağından solundan iki nokta eklenerek ortalama alınması anlamına gelmektedir. Bir sonraki veri noktasına geçerken en eski veri noktası atılacak ve yerine sıradaki veri noktası eklenecektir. Bu işlemden dolayı yöntem hareketli ortalama adı verilmektedir. Bu işleme zaman serisinin sonunda hesaplanması mümkün olan son veri noktasına kadar devam edilmektedir. Örneğin 5MA düzleştirici kullanılırken zaman serinin sondan üçüncü noktasına kadar bu işlem yapılabilir<sup>210</sup>.

MA düzleştiririnin uzunluğu yarım genişlik (half-width) ölçeği ile de tanımlanmaktadır. Yarım genişlik hareketli ortalamaya veri noktasının sağından veya solundan eklenen veri noktası sayısıdır. Örneğin, 5MA düzleştirici kullanıldığında veri noktasına sağından ve solundan ikişer nokta eklenmektedir. Bu durumda yarım genişlik 2'ye eşittir. Bu örneği genellersek, kMA düzleştirici için yarım genişlik (m) aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır<sup>211</sup>.

$$m = (k-1)/2 \quad (2.07)$$

Bütün tek sayılarla uygulanabilen basit hareketli ortalama aşağıda 2.08'de sunulan formülle hesaplanmaktadır<sup>212</sup>.

$$T_t = \frac{1}{k} \sum_{j=-m}^m Y_{t+j} \quad (2.08)$$

$T_t$  : zaman serisinin t periyodundaki trend döngüsü komponenti,

$Y_t$  : zaman serisinin t periyodundaki gerçek verisi,

k : düzeltirme işleminde ortalamaya alınan veri noktası sayısı,

---

<sup>209</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 89-90.

<sup>210</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 90.

<sup>211</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 93.

<sup>212</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 93.

m : yarım genişlik değeri

Yarım genişlik değerine karar verilmesi hareketli ortalama yönteminde önemli bir konudur. Kural olarak yarım genişlik değerinin artırılması, diğer bir deyişle düzleştiricinin artırılması, hata veya rastgelelik faktörünü azaltarak daha düz bir eğri elde edilmesini sağlayacaktır. Buna karşılık, yarım genişliğin artırılması hesaplanabilen veri noktası sayısını azaltacaktır. Ayrıca zaman serisinin eğrinin fazla düzleştirilmesi, eğride önemli olabilecek tümsek veya döngülerin kaybolmasına da sebep olabilmektedir<sup>213</sup>.

Zaman serisinin uç noktalarındaki veri kaybını önlemek için, bu noktalarda daha kısa hareketli ortalama alınabilmektedir. Bir bakış açısına göre, mümkün olan noktaların ortalamaya dahil edilmesi mümkündür. Örneğin 3MA düzleştirici ile birinci noktanın değeri  $T1=(Y1+Y2)/2$  formülüne göre hesaplanabilir, çünkü sadece bu iki nokta mevcuttur. Bu işleme uç nokta ayarlaması adı verilmektedir<sup>214</sup>.

#### **2.5.4.1.2 Merkezlenmiş hareketli ortalama (centered moving average)**

Basit hareketli ortalama yönteminde ortalamaya katılan veri noktası sayısı, diğer bir deyişle MA düzleştiricisinin sayısı, tek sayı olduğundan dolayı, hesaplanan noktanın bu veri noktalarının tam merkezinde olması garantilenmektedir. Ancak düzleştirici sayısı çift bir sayı olduğunda, basit hareketli ortalama ile hesaplanan noktanın merkezde olması mümkün değildir. Örneğin, zaman serisine 4MA düzleştirici uygulandığında, veri noktasının sol tarafından iki, sağ tarafından ise bir nokta alınacaktır. Bu durumda ortalamanın merkezi hesaplanan noktadan 0,5 birim ileride olacaktır. Bu sorunun çözümlenmesi, 4MA düzleştirici uygulanmış seriye, yeniden 2MA düzleştirici uygulanması ile mümkündür. Bu şekilde alınan merkezlenmiş ortalamaya 2x4MA düzleştirici uygulanmış olmaktadır. Aşağıda 2x4MA uygulaması örneği için ilk uygulanabilir veri noktasına birinci ve ikinci aşama hareketli ortalama formülleri sunulmaktadır<sup>215</sup>.

$$T_{2,5} = ( Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 ) / 4 \quad (2.09)$$

$$T_{3,5} = ( Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 ) / 4 \quad (2.10)$$

---

<sup>213</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 93.

<sup>214</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 94.

<sup>215</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 94-96.



$$T_3 = (T_{2,5} + T_{3,5}) / 2 \quad (2.11)$$

$$= (Y_1 + 2Y_2 + 2Y_3 + 2Y_4 + Y_5) / 8$$

Yukarıda sunulan 3.8 ve 3.9 numaralı formüller hareketli ortalamının ilk aşamasıdır ve merkezlenmişlerdir. Formül 3.10'da sunulan ikinci aşamada ise ilk aşamanın sonuçlarının ortalamasının alınması ile merkezlenme sağlanmaktadır. Formül 3.10'da görüldüğü gibi ağırlıkları birbirinden farklı beş veri noktası ortalamaya dahil edildiğinden dolayı 2x4MA hareketli ortalama, beşinci dereceden bir hareketli ortalamaya eşdeğerdir.

#### 2.5.4.1.3 Çift hareketli ortalama (double moving average)

Merkezlenmiş hareketli ortalama aynı zamanda bir çift hareketli ortalamadır, çünkü hareketli ortalaması alınmış bir zaman serisine tekrar hareketli ortalama işlemi uygulanmaktadır. Düzleştirme işleminin aynı zaman serisine iki kere peşpeşe uygulanmasına çift hareketli ortalama adı verilmektedir. Bu yöntemin merkezlenmiş hareketli ortalamadan farkı ise her yarım genişlik kombinasyonu ile zaman serisine uygulanabilmesidir<sup>216</sup>.

#### 2.5.4.1.4 Ağırlıklı hareketli ortalama (weighted moving average)

Bu yöntemin önceki hareketli ortalamalardan farkı farklı veri noktaları için farklı ağırlıklar tanımlanmasıdır. Aşağıda 2.12'de ağırlıklı hareketli ortalama formülü sunulmaktadır.

$$T_t = \sum_{j=-m}^m a_j Y_{t+j} \quad (2.12)$$

$T_t$  : zaman serisinin t periyodundaki trend döngüsü komponenti,

$Y_t$  : zaman serisinin t periyodundaki gerçek verisi,

$k$  : düzleştirme işleminde ortalamaya alınan veri noktası sayısı,

$m$  : yarım genişlik değeri

$a_j$  : ağırlık katsayısı

Bu formülde ağırlık katsayılarının toplamı bire eşit olmalıdır ve ağırlıklar simetrik olmalıdır ( $a_j = a_{-j}$ ). Ayrıca katsayı setine ağırlık fonksiyonu adı da verilmektedir.

---

<sup>216</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 98.

Ağırlıklı hareketli ortalama yönteminin avantajı sonuçta elde edilen trend döngüsü eğrisinin göreceli olarak daha düz olmasıdır. Ortalamaya eşit ağırlıkla yeni veri noktalarının alınması yerine, daha düşük katsayılarla veri noktaları eklenmektedir<sup>217</sup>. Bazı araştırmacıların oluşturduğu ağırlık setleri uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, Spencerin ortaya koyduğu 5x4x4MA 5 terimli düzleştiricisi  $a_0=1$ ,  $a_1=a_{-1}=3/4$ ,  $a_2=a_{-2}=-3/4$  ağırlıklarına sahiptir. Spencer bu ağırlıkları rastgele seçmemiştir. Hesaplandığında 15 terimli katsayı setine karşılık gelmektedir ve bu katsayılar iyi sonuçlar vermektedir<sup>218</sup>.

Ağırlıklı hareketli ortalama yönteminde Henderson'un katsayı seti de sıklıkla kullanılmaktadır. Amerikan Sayım Bürosu (U.S. Census Bureau) Henderson'un 5'li, 7'li, 9'lu, 13'lü ve 23'lü katsayı setlerinden faydalanmaktadır. Bu setler arasında seçim yapılırken, rastgelelik faktörü yüksek olduğunda yüksek adetli setlerin seçilmesine dikkat edilmelidir<sup>219</sup>.

#### 2.5.4.2 Lokal regresyon düzleştiricisi (local regression smoother)

Lokal regresyon düzleştiricisinde hareketli ortalama yerine hareketli çizgiler söz konusudur. Bu yöntemde veri noktalarının ortalamalarının alınmalarının yerine bu noktaların olduğu bölgeden geçen bir çizgi oluşturulmaktadır. Düz bir çizginin formülü aşağıda sunulmaktadır<sup>220</sup>.

$$T_t = a + bt \quad (2.13)$$

Yukarıdaki formülde a çizginin koordinat eksenini kestiği noktayı, b ise eğimi temsil etmektedir. a ve b değerleri, hataların karelerinin toplamının minimize edilmesiyle elde edilmektedir. Hata ise zaman serisindeki veri noktaları ile trend çizgisinin ilgili veri noktasına tekabül eden değeri arasında farktır. Hata kareleri formülü aşağıda sunulmaktadır<sup>221</sup>.

---

<sup>217</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 99.

<sup>218</sup> J. Spencer (1904), "*On the Graduation of the Rates of Sickness and Mortality*", Journal of the Institute of Actuaries, No 38, ss. 334–343.

<sup>219</sup> Dominique Ladiray ve Benoit Quenneville (2001), "*Seasonal Adjustment with the X-11 Method*", Lecture notes in statistics, Springer-Verlag, Vol. 158, ss. 1-2.

<sup>220</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, s. 101-102.

<sup>221</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 102.

$$\sum_{t=1}^n (Y_t - a - bt)^2 \quad (2.14)$$

Zaman serisine oturtulacak trend çizgisinin düz olması bazı durumlarda uygundur. Ancak, genellikle eğrisel bir trend çizgisi daha isabetli sonuçlar vermektedir. Lokal regresyon yöntemi dataya trend döngüsü oturtmak için son derece esnek bir yöntemdir. Datanın tamamına bir çizgi yerine, datanın her veri noktasına bir çizgi atanmaktadır. Herhangi bir  $t$  zamanında trend döngüsünü hesaplayan  $T_t = a + bt$  formülündeki  $a$  ve  $b$  değerleri aşağıda 2.15’de sunulan formül ile hata kareleri toplamının minimizasyonuna dayanarak hesaplanmaktadır. Bu formülde her  $t$  veri noktası için ayrı bir  $a$  ve  $b$  değeri hesaplanmaktadır.

$$\sum_{j=-m}^m a_j (Y_{t+j} - a - b(t+j))^2 \quad (2.15)$$

Lokal regresyon düzleştiricisi kullanmanın en önemli avantajı, talep döngüsel bir davranış izlediğinde sapma (bias) düzeyini kayda değer bir ölçüde azaltmasıdır. Bunun sebebi diğer hareketli ortalama düzleştiricilerinin döngüsel komponenti bir doğru olarak kabul etmesidir.

Lokal regresyon düzleştiricisi kullanılmadan önce bir düzleştirme parametresi olan  $k$  belirlenmelidir. Hareketli ortalama derecesinde olduğu gibi  $k$  sayısı büyüdükçe elde edilen eğri göreceli olarak daha düzdür.

### 2.5.5 Zaman Serilerinin Nedensel Güçlerle Ayrıştırılması (Decomposition of Time Series by Causal Forces)

Armstrong, Fred Folly ve Thomas Yokum’a göre yargısal ayrıştırma yöntemi, kompleks zaman serilerinin tahmininde de başarılı bir şekilde kullanılabilir. Bu bakış açısına göre yöntemin tanımı “zaman serisini iki veya daha fazla komponent seriye ayırarak, bu serileri tahmin etmek ve tahmin edilen komponent serileri birleştirerek bütüne ulaşmak<sup>222</sup>”tır. Bu yöntemde ayrıştırma kelimesi problemin çarpımsal kırılımları (multiplicative) anlamında kullanılmaktadır ( $Z=X*Y$ ). Yazarların çalışmasında disagregasyon veya segmentasyon olarak adlandırılan ( $Z=X+Y$ ) toplamsal kırılımlarına (additive) ise yer verilmemiştir.

---

<sup>222</sup> J. Scott Armstrong vd. (2005), “*Decomposition by Causal Forces: A Procedure for Forecasting Complex Time Series*”, International Journal of Forecasting, Vol 21, Issue 1, ss. 25-36.

İlk olarak 1958’de Julius Shiskin’in ortaya koyduğu zaman serilerinin ayrıştırılması yöntemi; ortalama, mevsimsellik veya trend gibi parametrelerle yapılan ekstrapolasyonlara göre çok daha başarılı sonuçlar vermektedir<sup>223</sup>. Ayrıca Donald McGregor’un 2001’de yaptığı çalışma da bu yargıyı desteklemektedir<sup>224</sup>.

Alan bilgisinin (domain knowledge) ekstrapolasyonların isabet derecesini artırdığı genel olarak kabul görmüş bir yargıdır. Ancak, yazara göre nadiren yapısal bir prosedüre dayandırılarak kullanılmaktadır.

Komponent serilerin trendlerinin farklılık göstermesi beklenildiğinden dolayı, ayrıştırma yönteminin doğruluğu alan bilgisine dayandırıldığında artmaktadır. Örneğin İngiltere demiryolları kazalarının zaman serisi demiryollarında yapılan mil sayısı ve iş güvenliği gelişmelerinden ayrı ayrı etkilenmektedir. Yapılan mil sayısı komponent serisin iş kazalarını artırmaya karşılık, iş güvenliği gelişmeleri komponent serisi bu kazaları azaltmaktadır. Demiryolları kazalarını etkileyen bu iki güç birbirlerinden farklı yönde etki ettiklerinden dolayı tahmin hataları birbirini kompanse edecektir ve dolayısıyla tahminin bütününe hatası azalacaktır.

Alan bilgisi ayrıca ayrıştırmanın fonksiyonel formunun toplama veya çarpımsal kırılıma göre oluşturulması konusunda kullanılmaktadır. Örneğin azalan ekonomik seriler negatif sayılara duyarlı olmadığından dolayı, bu serilerde çarpımsal kırılımlar tercih edilmektedir.

Zaman serilerinin ayrıştırılması çarpımsal kırılıma göre yapıldığında, komponentler tekrar birleştirilirken tahmin hataları da çarpılarak birleştirilecektir. Bu nedenle çarpımsal kırılıma dayanarak ayrıştırma yapılmasının yüksek tahmin hatası riski vardır. Bu riskten kaçınmak için zaman serilerinin ayrıştırılması yöntemi, komponent serilerin hatalarının aşırı olmadığı durumlarda kullanılmalıdır. McGregor’a göre bu çıkarım, yargısal ayrıştırma yöntemi için de geçerlidir. Armstrong ve arkadaşları, zaman serilerinin yargısal ayrıştırılması yönteminin kullanılabilmesi için iki kural önermektedir. Tercih ettikleri birinci kurala göre, belirli bir simülasyon periyodunda komponent serilerin hataları bütün serinin hatasından küçük olmalıdır. Genellikle

---

<sup>223</sup> J. Scott Armstrong vd. (2005), *a.g.e.*, ss. 25-36.

<sup>224</sup> Donald McGregor (2001), *“Decomposition for Judgmental Forecasting”*, Principles Of Forecasting, International Series in Operations Research & Management Science Volume 30 ss. 107-123.

kısa serileri için kullanılan ikinci kurala göre ise, komponent serilerin varyasyon katsayısı (coefficient of variation) bütün serinin varyasyon katsayısından küçük olmalıdır. Özetle, ayrıştırma yöntemi hem Armstrong'a göre ve hem de McGregor'a göre kayda değer düzeyde belirsizlik olduğu durumlarda uygulanmalıdır<sup>225226</sup>.

Alan bilgisinin zaman serilerinin ayrıştırılması yönteminde kullanılabilmesi için geçmiş verilerle ilgili güvenilir bilgi gereklidir. Armstrong ve arkadaşları bu bilgiyi *nedensel güçler* olarak adlandırmaktadır. Nedensel güçlerin kullanımının amacı serinin trendine en uygun fonksiyonel formun tespit edilmesinin gerekliliğidir. Yazar nedensel güçleri *büyüme (growth)*, *küçülme (decay)*, *destekleyici (supporting)*, *ters (opposing)*, *geri dönen (regressing)* ve *bilinmeyen (unknown)* olmak üzere altı başlık altında sınıflandırmaktadır<sup>227</sup>.

*Büyüme gücü*, geçmiş data ne olursa olsun trendi yukarı yönde etkilemektedir. Bu güç sağlıklı bir ekonomide agresif olarak pazarlanan bir ürünün satışlarında kullanılabilir.

*Küçülme gücü* ise, büyüme gücünün tam aksine, geçmiş data ne olursa olsun trendi aşağı yönde etkilemektedir. Bu güç hayat eğrisinin sonuna yaklaşmış ve dolayısıyla satışları gerileyen bir ürünün trendini temsil etmek için kullanılabilir.

*Destekleyici güç* geçmiş verinin trendini güçlendiren ve sağlamlaştıran etkileri ifade etmektedir. Yazara göre bu gücün geleneksel ekstrapolasyon yöntemlerin fazla bir uygulaması bulunmamasına rağmen emlak fiyatlarının gösterilmesinde kullanılabilir.

*Ters güç* geçmiş trendin aksi yönünde hareket etmektedir. Bu durumda zaman aralığı karar vericinin müdahale edebileceği kadar uzun olmalıdır. Örneğin çeyrek yıl aralığıyla izlenen stok seviyesi düştüğünde yöneticiler hizmet kalitesini korumak için stoğu artırmakta, buna karşılık stok arttığında stok maliyetini azaltmak için ters yönde azaltmaktadır.

*Geri dönen güç* zaman serisini ortalama bir değere doğru hareket ettirmektedir. Koşucuların performansları bu güç için güzel bir örnek teşkil etmektedir.

---

<sup>225</sup> Donald McGregor (2001), *a.g.e.*, ss. 1-15

<sup>226</sup> J. Scott Armstrong vd. (2005), "*Decomposition by Causal Forces: A Procedure for Forecasting Complex Time Series*", International Journal of Forecasting, Vol 21, Issue 1, s. 5.

<sup>227</sup> J. Scott Armstrong vd. (2001), *a.g.e.*, ss. 5-6.

Bazı zaman serilerinde güçlerin seriyeye nasıl etki edeceği bilinmemektedir. Armstrong bu güçleri *bilinmeyen güç* olarak adlandırmaktadır.

Armstrong ve Fred Collopy'ye göre tahmin periyodu uzadığında nedensel güçlerin kullanım imkanları genişlemektedir. Çünkü süre uzadıkça bu güçlerin etkileri artmaktadır<sup>228</sup>.

Armstrong ve arkadaşları yaptıkları çalışmada zaman serilerinin doğrudan ekstrapolasyonu ve nedensel güçler ile ekstrapolasyonunu karşılaştırmaktadır. Doğrudan ekstrapolasyon şimdiki uygulamaları temsil etmektedir ve tahmin üzerine yazılan çalışmaların genelinde önerilmektedir. Buna karşılık, nedensel güçlere dayanılarak yapılan ayrıştırma; belirsizlik yüksek olduğunda, uzmanın alan bilgisini (domain knowledge) kullanıp serinin bütününe komponent serilere ayırabildiğinde, nedensel güçler zaman serisinin trendini farklı yönlere doğru etkilediğinde ve komponent seriler serinin bütününden daha doğru tahmin edilebildiğinde tahminin isabet derecesini artırmaktadır.

### 2.5.6 Regresyon (Regression)

Regresyon hem başlı başına bir tahmin metodu olmakla birlikte; gerek yargısal tahmin yöntemlerinde, gerekse kantitatif modellerde sıklıkla kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Regresyon yöntemi, bağımlı bir değişkenle ve bu değişkenle ilişkisi olması muhtemel bağımsız değişken veya değişkenler arasında ilişki kurmaktadır. Bağımsız değişken bir tane olduğunda *basit regresyon (simple regression)*, birden fazla olduğunda *çoklu regresyon (multiple regression)* olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca kullanılan verinin çeşidine göre yapılan bir sınıflandırma da mevcuttur. Regresyon yöntemi eğer zaman serisi verisine uygulanıyorsa zaman serisi regresyonu, kesit veriye uygulanıyorsa kesit veri regresyonu olarak adlandırılmaktadır.

Basit regresyon genellikle zaman serilerinin gelecek tahminlerinde kullanılmaktadır. Bu modelde zaman bağımsız değişken, zamana bağlı değişen tahmin edilecek parametre ise bağımlı değişken olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca zaman yerine başka bir bağımsız değişken ile tekli regresyon yöntemi başarılı şekilde

---

<sup>228</sup> J. Scott Armstrong ve Fred Collopy (2001), "*Identification of Asymmetric Prediction Intervals Through Causal Forces*", Journal of Forecasting, 20, ss. 273-293.

uygulanmaktadır. Çoklu regresyon ise genellikle ekonometrik modellerde birden fazla bağımsız değişkenle açıklanabilen bağımsız değişkenlerin tahmininde kullanılmaktadır<sup>229</sup>.

### 2.5.6.1 Basit regresyon (simple regression)

Basit regresyon yöntemi tahmin edilecek bağımlı değişken (Y) ile bir tane açıklayıcı veya bağımsız değişken (X) arasında doğrusal bir ilişki kurmaktadır. Diğer bir deyişle, Y ve X'in koordinat düzleminde bulunan ikili veri noktalarına *en uyumlu* (*goodness of fit*) doğruyu bulmayı amaçlamaktadır. En uyumlu ile kastedilen doğru ile veri noktaları arasındaki düşey uzunlukların karelerinin toplamının minimum olmasıdır. En uyumlu doğru ile veri noktası arasındaki mesafe *hata* (*error*) olarak adlandırılmaktadır. Aşağıda basit regresyon denklemi sunulmaktadır.

$$Y_i = a + bX_i + e_i \quad (2.16)$$

$$Y_i = \hat{Y}_i + e_i$$

$Y_i$  : bağımlı veya tahmin edilecek değişkenin gözlem değeri,

$X_i$  : bağımsız veya açıklayıcı değişkenin gözlem değeri,

$a$  : doğrunun Y eksenini kestiği nokta,

$b$  : doğrunun eğimi,

$e_i$  : hata terimi

$\hat{Y}_i$  : bağımsız değişkenin hesaplanmış değeri,

Bu denklem elde edilirken hata terimlerinin karelerinin toplamının en küçüklenmesi söz konusudur. *Hata kareleri toplamı* (*SSE, sum of square errors*) denklemi aşağıda sunulmaktadır<sup>230</sup>.

$$SSE = e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_n^2 = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (2.17)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - a - bX_i)^2 \quad (2.18)$$

SSE : hata kareleri toplamı,

---

<sup>229</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, ss. 186-187.

<sup>230</sup> Richard L. Scheafer ve James T. McClave (1995), *Probability and Statistics for Engineers*, 4. Baskı, Duxbury Press, California, ss. 480-484.

n : örnek büyüklüğü,

Yukarıdaki eşitliğin a'ya ve b'ye göre türevlerin alınıp sıfıra eşitlenmesi ile bulunan a ve b formülleri aşağıda sunulmaktadır.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (2.19)$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (2.20)$$

$\bar{Y}$  : Y veri noktalarının ortalaması,

$\bar{X}$  : X veri noktalarının ortalaması,

Regresyon yöntemi ile iki sayısal değişken arasında bir ilişki bulunsa dahi, bu durum her zaman bir değişkenin diğeri bağımlı olduğu anlamına gelmemektedir. Korelasyon katsayısı (coefficient of correlation) değişkenler arasındaki bu bağımlılığı ölçmekte kullanılmaktadır ve r sembolü ile gösterilmektedir. Bu katsayı +/-1 aralığında değerler almaktadır. Sıfır değeri korelasyonun olmadığını, 1 değeri tam ve pozitif korelasyonu, -1 değeri ise tam ve negatif korelasyonu ifade etmektedir. Korelasyon katsayısı hesaplaması aşağıda sunulmaktadır<sup>231</sup>.

$$Cov_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \quad (2.21)$$

$$S_x^2 = Cov_{xx} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (2.22)$$

$$S_y^2 = Cov_{yy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (2.23)$$

$$r_{xy} = \frac{Cov_{xy}}{S_x S_y} \quad (2.24)$$

$Cov_{xy}$  : X ve Y arasındaki kovaryans

$\bar{Y}$  : Y veri noktalarının ortalaması,

$\bar{X}$  : X veri noktalarının ortalaması,

$S_x^2$  : X'in varyansı,

$S_y^2$  : Y'in varyansı,

n : örnek büyüklüğü,

---

<sup>231</sup> Richard L. Scheafer ve James T. McClave (1995), *a.g.e.*, ss. 496-498.



$r_{xy}$  : X ve Y arasındaki korelasyon,

Yukarıdaki formülden de çıkarılabileceği gibi  $r_{xy} = r_{yx}$  eşitliği doğrudur, diğer bir deyişle X'in Y ile korelasyonu ile Y'nin X ile korelasyonu birbirine eşittir.

İstatistiksel çalışmalarda korelasyon katsayısı sıklıkla kullanılsa da her zaman değişkenler arasındaki ilişkiyi doğru olarak ifade etmemektedir. Aşağıda korelasyon katsayısı kullanılırken dikkat edilmesi gereken hususlar sıralanmaktadır<sup>232</sup>:

- Değişkenler arasında doğrusal olmayan ilişkiler varsa korelasyon katsayısı sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Örneğin Y ve X arasında koordinat düzleminde “U” veya “V” benzeri bir dağılım grafiği varsa korelasyon katsayısı sıfıra yakın bir değer alabilmektedir. Ancak bu durum Y ve X arasında bir korelasyon olmadığı anlamına gelmemektedir.
- Örnek büyüklüğü sayısı küçük ise, r değeri tutarlı sonuçlar vermemektedir. Örneğin dünyadaki bütün yetişkinlerin boyları ve kiloları arasında pozitif bir korelasyon olduğu bilinmektedir. Ancak on kişilik bir örnek alındığında r değeri 1 ve -1 aralığında değerler alabilmektedir. Makridakis'e göre örnek sayısı 30'un üzerinde olduğunda, korelasyon katsayısı oldukça tutarlı sonuçlar vermektedir.
- Diğerlerine göre değeri çok büyük bir veri noktası olduğunda, bu veri noktası r değerini ciddi oranda değiştirmektedir. Bu etkiye King Kong etkisi adı verilmektedir. Örneğin gorilleri boy ve kiloları arasında 0,50 seviyesinde bir korelasyon varken, bu verilere çok çok büyük bir goril olan King Kong'un verisi eklendiğinde korelasyon 0,90 seviyesine çıkabilmektedir veya sıfıra yaklaşabilmektedir. King Kong'un verisi ile boy ve kilo arasında çarpık bir dağılım (skewed distribution) oluşmaktadır.

Korelasyon katsayısı ve regresyon yöntemi arasında ilişkiyi aşağıdaki formül açıklamaktadır. Regresyon yönteminde hesaplanan eğim ile korelasyon katsayısı arasında doğru orantı bulunmaktadır<sup>233</sup>.

---

<sup>232</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, ss.. 196-198.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} = \frac{Cov_{xy}}{S_x^2} \quad (2.25)$$

$$r_{xy} = \frac{Cov_{xy}}{S_x S_y} \quad (2.26)$$

$$b = \frac{Cov_{xy}}{S_x^2} = r_{xy} \frac{S_x}{S_y} \quad (2.27)$$

Bağımlı değişkenin veri noktası  $Y_i$  değerleri ve hesaplanmış  $\hat{Y}_i$  değerleri arasındaki korelasyonun karesine belirleme katsayısı (coefficient of determination) adı verilmektedir ve  $R^2$  ile gösterilmektedir.  $R^2$ 'nin formülü aşağıda sunulmaktadır<sup>234</sup>.

$$R^2 = r_{Y\hat{Y}}^2 = r_{XY}^2 = \frac{(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{(Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{\hat{Y}_i\text{'lerin varyansı}}{Y_i\text{'lerin varyansı}} = \frac{Y'\text{nin açıklanmış varyansı}}{Y'\text{in toplam varyansı}} \quad (2.28)$$

Yukarıdaki denklemin en sağında bulunan açıklanmış ve toplam varyans, toplam varyansın açıklanmış ve açıklanmamış olarak ikiye bölünmesine dayanmaktadır. Bu bölümlenme aşağıda sunulmaktadır.

$$(Y_i - \bar{Y}) = (Y_i - \hat{Y}_i) + (\hat{Y}_i - \bar{Y}) \quad (2.29)$$

Toplam sapma = Açıklanmamış sapma + Açıklanmış sapma

$Y_i$  : Y değişkeninin gözlem değeri,

$\bar{Y}$  : Y veri noktalarının ortalaması,

$\hat{Y}_i$  : Y değişkeninin hesaplanmış değeri,

Yukarıdaki denklemin iki tarafının da karelerinin alınması ve sifıra eşit olan ortak çarpanın elenmesi ile aşağıdaki eşitlik elde edilmektedir<sup>235</sup>.

$$\sum (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 + \sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 \quad (2.30)$$

$$SST = SSE + SSR \quad (2.31)$$

SST = toplam kareler toplamı (total sum of squares),

SSE = (açıklanmamış) hata kareleri toplamı (sum of square errors),

SSR = (açıklanmış) regresyon kareleri toplamı (sum of squares from regression),

<sup>233</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 198-199.

<sup>234</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 199-200.

<sup>235</sup> Richard L. Scheafer ve James T. McClave (1995), *Probability and Statistics for Engineers*, 4. Baskı, Duxbury Press, California, ss. 498-501.

Yukarıdaki elemanlarla oluşturulan belirleme katsayısı formülü aşağıda sunulmaktadır.

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (2.32)$$

Regresyon denkleminin hata terimlerinin diğer bir adı *artıklar*dır (*residual*). Regresyonun açıklayamadığı kısmı olan artıkların x ekseninde, açıklayıcı değişken X'in y ekseninde gösterildiği grafiğe ise artık grafiği (*residual plot*) adı verilmektedir. Eğer regresyon doğrusu uygun ise artıklar X'e bağımlı olmamalıdır. Bundan dolayı, artık grafiği yatay bir şeritte, şeride fazla uzak olmayan, artan veya azalan trend göstermeyen rastgele dağılmış veri noktalarından oluşmalıdır<sup>236</sup>. Artık grafiği çoklu regresyon bölümünde daha detaylı olarak sunulmaktadır.

Artık değerlerinin büyük olduğu gözlem noktalarına ise *uç değerler* (*outlier*) adı verilmektir.

Regresyon yönteminin uygulanabilmesi için aşağıdaki varsayımların sağlanması gerekmektedir<sup>237</sup>.

- Açıklayıcı değişkenlerin ya hatasız ölçülen sabit sayılar oldukları, ya da rastgele oldukları ve  $\varepsilon_i$  hata terimleri ile korelasyonsuz olduğu varsayılmaktadır. İki durumda da bu değişkenlerin değerleri aynı olmamalıdır.
- Hata terimleri  $\varepsilon_i$ 'ler birbirleriyle korelasyonsuz olmalıdır.
- Hata terimleri  $\varepsilon_i$ 'lerin hepsinin ortalamaları sıfır ve varyansları  $\beta \sigma_\varepsilon^2$  olmalıdır, ve normal dağılıma göre dağılmalıdır.

Hata terimlerinin varyansı aşağıda belirtilen formülle hesaplanmaktadır<sup>238</sup>.

$$S_e^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n e_i^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (2.33)$$

$S_e^2$  : hata terimi varyansı,

n : örnek büyüklüğü,

$Y_i$  : Y değişkeninin gözlem değeri,

---

<sup>236</sup> Richard L. Scheafer ve James T. McClave (1995), *a.g.e.*, ss.513-514.

<sup>237</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, ss. 209-210.

<sup>238</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 209-210.

$\hat{Y}_i$  : Y değişkeninin hesaplanmış değeri,

Y ve X arasındaki ilişkinin anlamlılığı (significance) F testi ile ölçülmektedir. F istatistiği aşağıdaki formülle tanımlanmaktadır<sup>239</sup>.

$$F = \frac{\text{Açıklanmış MS}}{\text{Açıklanmamış MS}} = \frac{\text{Açıklanmış SS} / \text{Açıklanmış df}}{\text{Açıklanmamış SS} / \text{Açıklanmamış df}} \quad (2.34)$$

$$F = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y}_i)^2}{(m-1)}}{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{(n-m)}} \quad (2.35)$$

MS : kareler ortalaması (mean square),

SS : kareler toplamı (sum of squares),

df : serbestlik derecesi (degrees of freedom),

n : örnek büyüklüğü,

m : regresyon denklemindeki katsayı (parametre sayısı),

F formülünde pay regresyon tarafından açıklanmış varyansı, payda ise regresyonun açıklamadığı varyansı diğer bir deyişle hataları ifade etmektedir.

F istatistiğinin belirleme katsayısı ile ilişkisi aşağıdaki formülde sunulmaktadır<sup>240</sup>.

$$F = \frac{R^2 / (m-1)}{(1-R^2) / (n-m)} \quad (2.36)$$

Eğer eğim sıfırdan anlamlı düzeyde farklı ise, regresyon varyansın önemli kısmını açıklamaktadır. Bundan dolayı F istatistiği yüksek bir değer almaktadır.

F istatistiği ile birlikte hesaplanan bir başka istatistik P değeridir. P değeri gerçek eğim sıfır olduğunda, datadan hesaplanan kadar büyük bir F istatistiği elde etme olasılığıdır. Makridakis'e göre P değeri 0,05'in altında olduğunda regresyon anlamlıdır<sup>241</sup>.

---

<sup>239</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 211-212.

<sup>240</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 213.

<sup>241</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 213.

Bilgisayar programlarının sunduğu varyans analizi (ANOVA, analysis of variance) aşağıdaki çizelgede sunulmaktadır.

**Çizelge 2-6 Basit Regresyon ANOVA Çizelgesi**

Kaynak	df	SS	MS	F	P
Regresyon	df <sub>R</sub> =m-1	SSR	MSR=SSR/df <sub>R</sub>	MSR/MSE	P değeri
Hata	df <sub>E</sub> =n-m	SSE	MSE=SSE/df <sub>E</sub>		
Toplam	df <sub>T</sub> =df <sub>R</sub> +df <sub>E</sub>	SST=SSR+SSE			

(Kaynak: Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, s. 213.)

Basit regresyonda F testi eğim katsayısının anlamlılığını test etmek ile tamamen aynıdır. Ancak çoklu regresyonda ise, F testi katsayılara özel bir test değildir.

Regresyon ile ilgili bahsedilmesi gereken bir başka husus güvenilirlik aralıklarıdır (confidence interval). Güvenilirlik aralığı katsayılar için hesaplanmaktadır. Y eksenini kesen nokta olan a katsayısı ile eğimi gösteren b katsayısı rastgele değişkenler olarak addedilmektedir. Diğer bir deyişle a ve b değerleri örnekten örneğe farklılık göstermektedir.

a katsayısının örneklem dağılımı (sampling distribution) ortalaması  $\alpha$  ve standart hatası aşağıdaki formülle hesaplanan normal dağılım göstermektedir<sup>242</sup>.

$$se(a) = \sigma_e \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\bar{X}^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}} \quad (2.37)$$

se(a) : a'nın standart hatası (standard error),

$\sigma_e$  : hatanın standart sapması,

b katsayısının örneklem dağılımı ise, ortalaması  $\beta$  standart hatası aşağıdaki formülle hesaplanan normal dağılım göstermektedir.

$$se(b) = \sigma_e \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}} \quad (2.38)$$

<sup>242</sup> Richard L. Scheafer ve James T. McClave (1995), *Probability and Statistics for Engineers*, 4. Baskı, Duxbury Press, California, ss. 503-508.

se(b) : b'nin standart hatası (standard error),

$\sigma_e$  : hatanın standart sapması,

İki denklemde de bulunan hatanın standart sapması  $\sigma_e$  terimi bilinmeyen olmasına rağmen, bu terime aşağıdaki formülle bir değer biçilebilmektedir.

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-2}} \quad (2.39)$$

Standart hatalar ölçümlerin örnekten örneğe ne kadar değişeceğine dair bir açıklama sağlamaktadır. Bu açıklama güvenilirlik aralığı formu ile yapılmaktadır. Aşağıda eksenini kesen a ve eğimi gösteren b değişkeninin güvenilirlik aralıkları sunulmaktadır<sup>243</sup>.

$$\alpha : a \pm t \text{ s.e.}(a), \quad (2.40)$$

$$\beta : b \pm t \text{ s.e.}(b), \quad (2.41)$$

t : regresyonda kullanılan gözlem sayısına ve güvenilirlik seviyesine göre değişen çarpım faktörü,

t istatistiğinin değerinin tablodan okunması serbestlik derecesi (df) açısından F istatistiği ile aynıdır. Serbestlik derecesi n-m formülü ile hesaplanmaktadır. Basit regresyonda sadece a ve b olmak üzere iki katsayı bulunduğundan m her zaman 2'ye eşittir. Güvenilirlik aralığı ile t istatistiğinin ilişkisi ile genellikle doğru orantılıdır, diğer bir deyişle güvenilirlik aralığı genişledikçe t istatistiği değeri büyümektedir.

Basit regresyon yöntemi ile gelecek tahmini yapılırken verilen bir  $X_0$  değerine karşılık beklenen bir Y değeri hesaplanmaktadır. Bu hesaplama denklemi aşağıda sunulmaktadır<sup>244</sup>.

$$\hat{Y}_0 = a + bX_0 \quad (2.42)$$

Bu denklemde bulunan a ve b değerleri örnekten örneğe değişen rastgele değişkenler olduğundan her gözlemden bir rastgele hata bulunmaktadır. Bu değişkenlik aşağıdaki standart hata formülü ile ölçülmektedir.

---

<sup>243</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, ss. 215-216.

<sup>244</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 218-219.

$$se(\hat{Y}) = s_e \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}} \quad (2.43)$$

Yukarıdaki eşitliğin sağ tarafında tek değişken  $X_0$  değeridir. Bu değer ortalamaya yani  $\bar{X}$ 'e eşit olduğunda, denklem ortalama tahminin standart hatası için minimum değere ulaşmaktadır. Diğer yandan,  $X_0$  değeri  $\bar{X}$ 'den uzaklaştıkça standart hata değeri büyümektedir.

### 2.5.6.2 Çoklu regresyon (multiple regression)

Çoklu regresyon basit regresyonun bağımsız ve açıklayıcı değişken sayısının birden fazla olduğu özel bir tipidir. Çoklu regresyon eşitliğinin genel formu aşağıda sunulmaktadır<sup>245</sup>.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k + e \quad (2.44)$$

$Y$  : tahmin edilecek bağımlı değişken,

$X_j$  : bağımsız değişken üzerinde etkisi olması beklenen  $i$ 'nci açıklayıcı ve bağımsız değişken, regresör (regressor) olarak da adlandırılmaktadır,

$b_0$  : regresyon eğrisinin  $Y$  eksenini kestiği nokta

$b_j$  : regresyon eğrisinin eğiminin  $i$  değişkenine ait komponenti,

$e$  : hata terimi

Örneğin satış bağımlı değişkeninin tahmini yapılırken gayri safi milli hasıla, fiyatlar, rekabet, Ar&Ge bütçesi ve zaman gibi değişkenlerin satışlara etkileri test edilebilmektedir.

Çoklu regresyon modelinde her veri noktası, yukarıda verilen genel formdan hareketle aşağıdaki eşitlikle tahmin edilmektedir<sup>246</sup>.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1X_{1,i} + \beta_2X_{2,i} + \dots + \beta_kX_{k,i} + \varepsilon_i \quad (2.45)$$

$Y_i$  :  $Y$  değişkeninin  $i$ 'nci gözlemi,

$X_{i,k}$  :  $k$ 'inci değişkenin  $i$ 'nci gözlemi,

$B_j$  : sabit fakat bilinmeyen parametreler,

<sup>245</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, s. 241.

<sup>246</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 248-249.

$\varepsilon_i$  : normal dağılıma uygun ortalaması sıfır varyansı  $\sigma_\varepsilon^2$  olan  $i$ 'nci rastgele değişken,

Aşağıda bu çoklu regresyonun uygulanabilmesi için gerekli olan varsayımlar takdim edilmektedir<sup>247</sup>:

- Açıklayıcı değişkenlerin ya hatasız ölçülen sabit sayılar oldukları, ya da rastgele oldukları ve  $\varepsilon_i$  hata terimleri ile korelasyonsuz olduğu varsayılmaktadır. İki durumda da bu değişkenlerin değerleri aynı olmamalıdır.
- Hata terimleri  $\varepsilon_i$ 'ler birbirleriyle korelasyonsuz olmalıdır.
- Hata terimleri  $\varepsilon_i$ 'lerin hepsinin ortalamaları sıfır ve varyansları  $\beta \sigma_\varepsilon^2$  olmalıdır, ve normal dağılıma göre dağılmalıdır.

Regresyon yönteminde hata terimi veri noktasının gözlem değeri ile hesaplanan değerinin farkına eşittir. Bu eşitlik aşağıda sunulmaktadır.

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad (2.46)$$

$e_i$  :  $i$ 'nci veri noktasının hata terimi,

$Y_i$  :  $i$ 'nci veri noktasının gözlem değeri,

$\hat{Y}_i$  :  $i$ 'nci veri noktasının hesaplanmış değeri,

Regresyon eşitliği hata terimlerinin karelerinin toplamının minimizasyonu esasına göre çözülmektedir. Bu esasa dayanarak  $b_0, b_1, \dots, b_k$  değerleri hesaplanmaktadır. Normalde bilgisayar programları yardımı ile çözülen regresyon eşitliğinin hesaplama mantığı aşağıda sunulmaktadır<sup>248</sup>.

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (2.47)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (2.48)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - b_0 - b_1 X_{1,i} \dots - b_k X_{k,i})^2 \quad (2.49)$$

SSE : hata karelerinin toplamı (sum of square errors)

---

<sup>247</sup> Richard L. Scheafer ve James T. McClave (1995), *Probability and Statistics for Engineers*, 4. Baskı, Duxbury Press, California, ss. 487-490, 586-587.

<sup>248</sup> Richard L. Scheafer ve James T. McClave (1995), *a.g.e.*, ss. 541-547.



Yukarıdaki eşitlikte SSE'nin minimizasyonu için, eşitliğin bilinmeyen  $b_0, b_1, \dots, b_k$  katsayılarına göre kısmi türevleri alınmaktadır ve bu türevler sıfıra eşitlenmektedir. Bu şekilde elde edilen  $n$  bilinmeyenli  $n$  eşitlik çözülerek katsayılar hesaplanmaktadır. Regresyon yönteminde  $Y$  ve  $\hat{Y}$  arasındaki korelasyonun karesi belirleme katsayısı (coefficient of determination) olarak adlandırılmaktadır ve  $R^2$  ile gösterilmektedir.  $Y$  ve  $\hat{Y}$  arasındaki korelasyona, diğer bir deyişle  $R$ 'ye çoklu korelasyon katsayısı (multiple correlation coefficient) da denmektedir<sup>249</sup>.

$$R^2 = r_{Y\hat{Y}}^2 \quad (2.50)$$

$R^2$  aşağıdaki eşitle bulunan formülle hesaplanabilmektedir.

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{SSR}{SST} = \frac{\text{Açıklanmış Hata Kareleri Toplamı}}{\text{Toplam Hata Kareleri Toplamı}} \quad (2.51)$$

Regresyon yönteminde hata kareleri toplamı açıklanmış hata kareleri toplamı ve açıklanmamış hata kareleri toplamı olmak üzere ikiye bölünmektedir. Bu bölümlenme aşağıda sunulmaktadır<sup>250</sup>.

$$\sum(Y_i - \bar{Y})^2 = \sum(Y_i - \hat{Y})^2 + \sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 \quad (2.52)$$

$$SST = SSE (\text{Açıklanmamış}) + SSR (\text{Açıklanmış}) \quad (2.53)$$

Bu eşitlikte SST toplam kareler toplamını (total sum of squares), SSE açıklanmış hata kareleri toplamını (sum of square errors), SSR açıklanmış veya regresyon kareleri toplamını (explained sum of squares) ifade etmektedir. Buraya kadar çoklu regresyonun F istatistiği esaslı basit regresyon ile örtüşmektedir.

Çoklu regresyonun serbestlik seviyesi aşağıdaki eşitliği sağlamaktadır.

$$\text{toplam df} = \text{açıklanmış df} + \text{açıklanmamış df} \quad (2.54)$$

$k$  sayıda açıklayıcı veya bağımsız değişken ( $X_1, X_2, \dots, X_k$ ) olan bir modelde  $k+1$  sayıda katsayı ( $b_0, b_1, \dots, b_k$ ) bulunmaktadır. Buna göre serbestlik seviyesi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\text{toplam} \quad dfT = n-1 \quad (2.55)$$

$$\text{açıklanmış} \quad dfR = k \quad (2.56)$$

<sup>249</sup> Richard L. Scheafer ve James T. McClave (1995), *a.g.e.*, ss. 545-546.

<sup>250</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, ss. 251-255.

$$\text{açıklanmamış } dfE = n-k-1 \quad (2.57)$$

Serbestlik seviyesi belirlendikten sonra, aşağıdaki formülde görüldüğü gibi kareler toplamı kareler ortalamasına dönüştürülmelidir. Daha sonra F istatistiği hesaplanmaktadır<sup>251</sup>.

$$\text{toplam} \quad MST = SST/dfT, \quad (2.58)$$

$$\text{açıklanmış} \quad MSR = SSR/dfR, \quad (2.59)$$

$$\text{açıklanmamış} \quad MSE = SSE/dfE, \quad (2.60)$$

$$F = \frac{MSR}{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y}_i)^2 / k}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / (n-k-1)} \quad (2.61)$$

Basit regresyonda olduğu gibi çoklu regresyonda da F istatistiği ve belirleme katsayısı arasında güçlü bir ilişki mevcuttur. Bu ilişki aşağıdaki formülde sunulmaktadır.

$$F = \frac{R^2 / k}{(1-R^2) / (n-k-1)} \quad (2.62)$$

Bilgisayar programlarının hazırladığı F istatistiğini de içeren örnek bir varyans analizi (ANOVA) çizelgesi aşağıda sunulmaktadır.

#### Çizelge 2-7 Çoklu Regresyon ANOVA Çizelgesi

Kaynak	df	SS	MS	F	P
Regresyon	dfR=k	SSR	MSR=SSR/dfR	MSR/MSE	P değeri
Hata	dfE=n-k-1	SSE	MSE=SSE/dfE		
Toplam	dfT=dfR+dfE	SST=SSR+SSE			

(Kaynak : Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, s. 254.)

<sup>251</sup> Richard L. Scheafer ve James T. McClave (1995), *Probability and Statistics for Engineers*, 4. Baskı, Duxbury Press, California, ss. 545-546.

Çoklu regresyon yönteminde değişkenler arası ilişkilerin yöntemin anlamlılığı açısından incelenmelidir. Açıklayıcı değişkenler ( $X_1, X_2, \dots, X_k$ ) arasındaki korelasyon katsayısı regresyon denkleminin konulması gerektiği hususunda bilgi vermektedir. Ayrıca çoklu doğrusal bağımlılık (multicollinearity) tespitinde kullanılmaktadır. Bağımlı değişken Y ile açıklayıcı değişken X'lerin her biri arasındaki korelasyon, o değişkenin Y ile bireysel ilişkisini göstermektedir.  $R^2$  ise X değişkenlerinin doğrusal toplamının Y'deki değişkenliğinin ne kadarını açıkladığı hakkında bilgi vermektedir.

Regresyon denkleminin bütününün anlamlılığı incelendikten sonra, regresyon katsayılarının (parametrelerin) bireysel anlamlılığının da incelenmesi faydalıdır. Regresyon katsayısına t testi yapılması bu regresyon katsayısının anlamlılığı hakkında diğer açıklayıcı değişkenlerin de hesaba katılmasıyla vermektedir. Bundan dolayı her bir katsayının güvenilirlik aralığı diğer açıklayıcı değişkenlerin de varlığıyla hesaplanmaktadır. Çoklu regresyon açıklayıcı değişkenlerin birbirlerinden bağımsızlığına dayanmaktadır. Bütün açıklayıcı değişkenlerin birbirleriyle korelasyonsuz olduğu özel durum dışında, regresyon katsayılarını bireysel olarak değerlendirmek doğru değildir.

Her regresyon katsayısı  $b_j$  için katsayının tutarlılığını ölçen bir standart hata belirlenmesi mümkündür. Bunun için, katsayının güvenilirlik aralığı hesaplanmaktadır ve regresyon denklemindeki anlamlılığı belirlenmektedir.

t dağılımı gösteren n-k-1 serbestlik derecesine sahip t istatistiği aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır<sup>252</sup>.

$$t = \frac{b_j}{se(b_j)} \quad (2.63)$$

$b_j$  : hesaplanan j'inci regresyon katsayısı,

$se(b_j)$  :  $b_j$ 'nin standart hatası

Yukarıdaki eşitliği kullanarak ilgili katsayının anlamlılığı hakkında muntazam bir test yapılması mümkündür. Bu test ilgili açıklayıcı değişkenin diğer açıklayıcı

---

<sup>252</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, ss. 255-257.

değişkenleri de hesaba katarak birlikte bağımsız değişken olan Y'yi açıklamada anlamlı derecede yardımcı olup olmadığı hakkında bilgi vermektedir.

Regresyon katsayılarının güvenilirlik aralığı yukarıda sunulan standart hatalar kullanılarak aşağıdaki ifade ile hesaplanmaktadır.

$$b_j \pm t.se(b_j) \quad (2.64)$$

t : n ve k'ye göre değişen serbestlik derecesi n-k-1 olan çarpan,

Basit regresyonda olduğu gibi çoklu regresyonda da güvenilirlik aralığı ile P değeri arasında bir ilişki mevcuttur. Örneğin %95 güvenilirlik aralığı sıfır değerini içermez. Bu durumda P değeri 0,05'in altında olmalıdır. Genel olarak, eğer 100γ% güvenilirlik aralığı sıfır değerini içermez. Bu durumda P değeri 1- γ 'dan küçük olmalıdır.

Katsayıların bireysel test edilmesi ile ilgili önemli diğer iki konudan birincisi regresyon katsayılarının kararlılığıdır (stability of regression coefficients). Regresyon katsayılarının kararlılığı açıklayıcı değişkenler arasındaki iç korelasyona (intercorrelation) dayanmaktadır. Örneğin  $X_1$  ve  $X_2$  arasında yüksek korelasyon olması, bu değişkenlerin katsayılarının tutarsızlığına neden olacaktır. Katsayıların bireysel testleri ile ilgili ikinci önemli konu ise regresyon katsayılarının kendilerinin arasındaki hesaplanan korelasyondur. Daha önce ifade edildiği gibi,  $b_0, b_1, \dots, b_k$  katsayıları popülasyondan alınan örnekten örneğe değişen rastgele değişkenlerdir. Bundan dolayı katsayılar arasındaki korelasyonun hesaplanması mümkündür. Örneğin  $b_1$  ve  $b_2$  katsayıları anlamlı düzeyde korelasyonlu olarak tespit edilirse, bu katsayıların birbirinden izole edilmesinde bireysel t testleri kullanılmamalıdır. İki katsayı birbiri ile bağımlıdır.

Teorik regresyon varsayımları bu bölümde daha önce sunulmuştur. Eğer bu varsayımlar eldeki data için geçerli ise, çoklu regresyon yöntemi iyi bir tahmin sağlayabilir. Aşağıda pratik bir uygulamada dikkat edilmesi gereken varsayımlar sıralanmaktadır<sup>253</sup>:

- Bağımsız değişken ve açıklayıcı değişkenlerin arasındaki ilişkinin şekli regresyona uygun olmalıdır. Eğer bu uygunluk yoksa tahminler,

---

<sup>253</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 259-261.

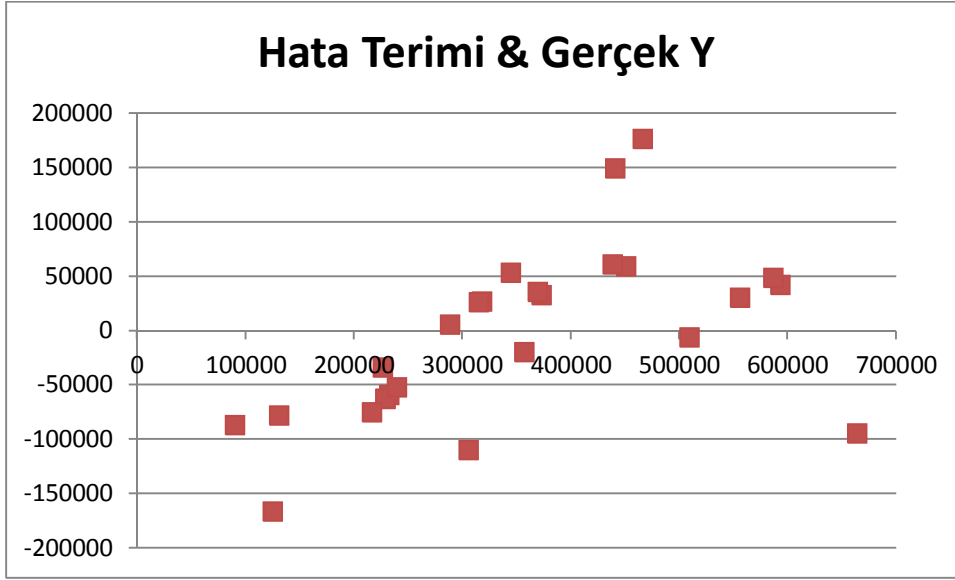
F testi, t testi ve güvenilirlik aralığı geçerliliğini yitirecektir. Bu durumda, doğrusal olmayan modeller veya daha farklı yöntemlere başvurulmalıdır.

- Artık (hata) terimlerin bağımsızlığı sağlanmıyorsa F testi, t testi, R2 ve güvenilirlik aralığı testleri geçerliliklerini yitirecektir. Ayrıca hesaplanan katsayılar tutarsız (unstable) olacaktır.
- Eş varyanslılık (homoscedasticity) kavramı sabit varyans varsayımı için kullanılmaktadır. Regresyon yöntemi artıkların (hataların) eşit varyansa sahip olduğunu varsayar. Bu varsayım F testi, t testi ve güvenilirlik aralıklarının geçerliliğini etkilemektedir. Örneğin turizm, havayolu taşımacılığı ve benzeri veriler çarpımsal trend ve/veya mevsimsellik göstermektedir. Böyle verilere regresyon uygulanması artıkların eş varyans varsayımının ihlaline sebep olabilmektedir. Bunun tersi olan duruma değişken varyanslılık (heteroscedasticity) adı verilmektedir. Artıklar değişken varyanslılık gösterdiğinde bu durum genellikle matematiksel bir dönüşümle düzeltilebilmektedir.
- Regresyon modelleri hata terimlerinin normal dağılım gösterdiklerini varsaymaktadır. Bu varsayım katsayı hesaplamalarını ve modelin tahmin becerisini etkilememesine rağmen, F testi, t testi ve güvenilirlik aralığı hesaplamalarını etkilemektedir. Bu varsayım o kadar da önemli bulunmamaktadır. Eğer ciddi oranda ihlali söz konusu ise anlamlılık testlerini uygulamak sağlıklı sonuçlar vermeyecektir. Bazı durumlarda matematiksel dönüşümlerle problemin bu varsayıma uygunluğu sağlanabilmektedir.

Yukarıda sıralanan varsayımların artık terimlerin bağımsızlığı dışında kalanlarının artık grafiği (residual plot) ile incelenmesi mümkündür. Artık grafiği x ekseninde artığın, y ekseninde ise açıklayıcı değişkenlerinin her birinin ve bağımsız değişkenin bulunduğu grafiklerdir. Bu grafiklerle doğrusallığın ve eş varyanslılığın değerlendirilebilmektedir. Başarılı bir regresyon denklemi için artık grafiklerinde bulunan veri noktaları; yatay bir şeritte bulunmalı, şeride fazla uzaklıkta veri noktaları bulunmamalı, eğrisellik göstermemeli ve artan veya azalan bir trende sahip olmamalıdır. Eğer artık grafiğinde eğrisel bir desen bulunması, bağımlı değişken Y ile açıklayıcı değişken X arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğunu işaret

etmektedir. Bu durum da doğrusallık varsayımının ihlalidir. Eğer artık grafiği artan bir trend gösteriyorsa, bu durum artıkların varyanslarının sabit olmadığını, diğer bir deyişle eş varyanslılığın (homoscedasticity) ihlalini ifade etmektedir. Ayrıca bu grafikte çok büyük değerli artıkların (hata terimlerinin) tespiti de mümkündür (King Kong etkisi).

Aşağıda istenmeyen bir desen içeren bir artık grafiği sunulmaktadır. Grafiğin deseni incelendiğinde  $\cap$  şeklinde olduğu görülmektedir. Bu desen eğrisel bir ilişkinin varlığını ifade etmektedir.



**Grafik 2-1 Artık Grafiği (Residual Plot)**

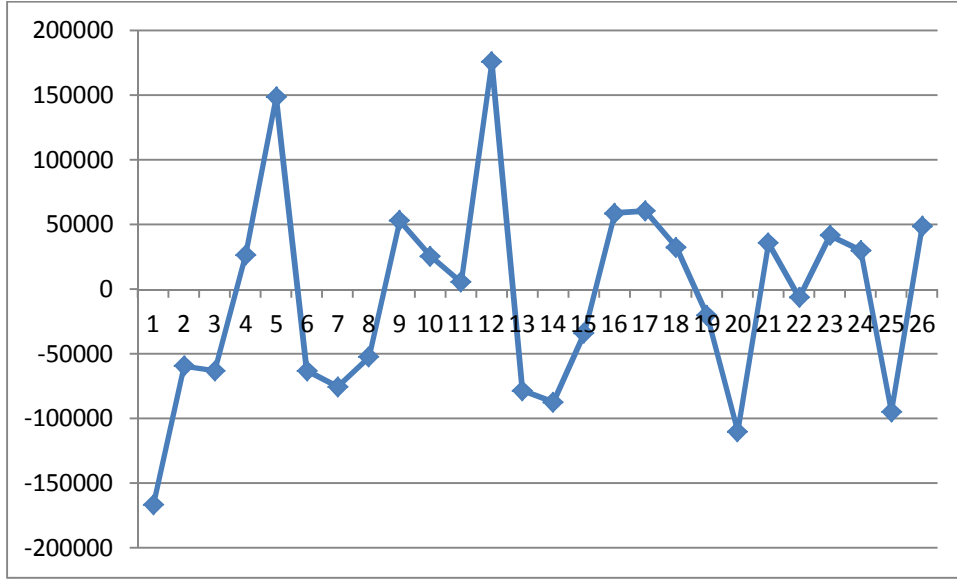
(Kaynak: Tezin üçüncü bölümünde yapılan doğrusal çoklu regresyon uygulamasından elde edilmiştir.)

Artık grafiği modele dahil edilmeyen açıklayıcı değişkenlerin incelenmesi için de kullanışlıdır. Eğer açıklayıcı değişken ile artık terimin grafiği herhangi bir desen gösteriyorsa, bu açıklayıcı değişken muhtelemelen tahmin bilgisi içermektedir ve regresyon denkleminde dahil edilmelidir.

Artık terimlerin normal dağılıma uygunluğunun tespiti için histogram faydalıdır. Artık terimlerin histogramının üzerine normal dağılım eğrisi çizilmesi ile normal dağılıma uygunluk görsel olarak ortaya çıkmaktadır.

Artık terimlerin birbirinden bağımsızlığı ile ilgili bahsedilmesi gereken diğer bir kavram *otokorelasyondur (autocorrelation)*. Artık terimlerin bir önceki artık

terimlerden pozitif veya negatif etkilenmelerini ifade eden bu kavrama seri korelasyon (serial correlation) adı da verilmektedir. Ayrıca artık terimlerin komşu artık terimler dışındaki artık terimlere bağımlı olduğu serilere de rastlanmaktadır. Örneğin veride mevsimsellik bulunduğu halde mevsimsellik faktörünün tahmin modellemesine dahil edilmediği tahmin problemlerinde, artık terimlerin bir periyoddan fazla uzaklıktaki artık terimlerle seri korelasyonunun bulunması mümkündür. Aşağıda artık terimlerin bir önceki terimlerle seri korelasyonunun bulunmadığı örnek bir grafik sunulmaktadır<sup>254</sup>.



**Grafik 2-2 Seri Korelasyon İçermeyen Artık Terimlerin Grafiği**

(Kaynak: Tezin üçüncü bölümünde yapılan doğrusal çoklu regresyon uygulamasından elde edilmiştir.)

Seri korelasyonu tespit etmenin diğer bir yolu da birinci gecikmeleri test eden Durbin-Watson istatistiğidir. Bu testin artık terimlerin birinci sıradaki komşuları dışındaki artık terimlerle oto korelasyonunu ölçmemesine rağmen, Durbin-Watson istatistiği yine de seri korelasyonun tespit edilmesinde faydalıdır. Zira birinci komşu artık terimlerle oto korelasyon varsa, diğerleriyle de olması muhtemeldir. Aşağıda Durbin-Watson istatistiğinin formülü sunulmaktadır<sup>255</sup>.

<sup>254</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 263-267.

<sup>255</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 267-268.

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n (e_t)^2} \quad (2.65)$$

Durbin-Watson istatistiğinin payı sıralı artık terimler arasındaki farkların karelerini toplamaktadır. Paydası ise hata kareleri toplamıdır. Bu istatistik yavaş hareket eden serilerde küçük, zig-zag ve benzeri desenlerle hızlı hareket eden serilerde göreceli olarak daha büyük değerler almaktadır. 0 ile 4 aralığında değerler alabilen Durbin-Watson istatistiği, rastgele bir dağılım gösteren hata terimlerinde ortalama 2 değerini almaktadır. Değerin 2'nin altında olması ise pozitif oto korelasyonun varlığını işaret etmektedir.

Çoklu regresyon yönteminde açıklayıcı değişkenlerden hangilerinin modele dahil edilip hangilerinin elimine edileceği kritik bir konudur. İlk bakışta  $R^2$  değerinin maksimum olması hedeflendiğinde dolayı,  $R^2$ 'yi artırmak için mümkün olduğunca fazla açıklayıcı değişken modele dahil edilmeli gibi gözükmektedir. Ancak  $R^2$  değeri serbestlik derecesinden bağımsız olduğu için, bu kanı elbette doğru değildir. Bu problemi bertaraf etmek için istatistiksel çalışmalarda düzeltilmiş  $R^2$  (adjusted  $R^2$ ) değeri kullanılmaktadır. Serbestlik derecesine bağlı olan düzeltilmiş  $R^2$ 'nin, geleneksel  $R^2$  cinsinden formülü aşağıda sunulmaktadır<sup>256</sup>.

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{\text{toplam serbestlik derecesi}}{\text{hata teriminin serbestlik derecesi}} \quad (2.66)$$

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-k-1} \quad (2.67)$$

Regresyon denklemini iyileştirmek için Mallow'un  $C_p$  İstatistiği (Mallow's  $C_p$  Statistic) ve Akaike Bilgi Kriteri (AIC, Akaike Information Criterion) başta olmak üzere farklı istatistikler de  $\bar{R}^2$  ile birlikte kullanılmaktadır.

### 2.5.7 A.B.D. Sayım Bürosu (Census Bureau) Yöntemleri (ARIMA)

Amerikan Sayım Bürosu tarafından Julius Shiskin'in liderliğinde geliştirilen Census II Yöntemi, hem A.B.D. hükümeti ve hem de işletmeler tarafından yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. 1955 yılında ortaya konulan ilk model, daha sonra çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilmişlerdir. 1967 yılında Shiskin, Young ve Musgrave'in geliştirdiği ikinci versiyon X-11 olarak adlandırılmaktadır. Daha sonra Kanada İstatistik Bürosu tarafından 1988 yılında X-11-ARIMA versiyonu ortaya

<sup>256</sup> Cyprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 279-280.



konulmuştur. X-12-ARIMA ise Finley tarafından 1997 yılında geliştirilmiştir<sup>257</sup>. Bu tezde X-12-ARIMA versiyonundan bahsedilecektir.

ARIMA, Auto Regressive Integrated Moving Average ifadesinin baş harflerinden oluşmaktadır. Bu ifadeden anlaşılacağı gibi ARIMA yürüyen ortalama uygulamaları içermektedir. Bundan dolayı da zaman serisinin başında ve sonunda veri kayıpları oluşmaktadır. Veri kayıplarını önlemek için serinin uç noktalarına göreceli olarak daha kısa ağırlıklı hareketli ortalamalar kullanılmaktadır. Bu kısa ağırlıklı hareketli ortalamalara uç filtreleri (end-filters) adı verilmektedir.

Census II ayrıştırması genellikle çarpımsaldır. Çünkü, ekonomik zaman serilerinde genellikle mevsimsel komponentler bulunmaktadır. Diğer ayrıştırma yöntemlerinde olduğu gibi, ARIMA’da da önce mevsimsel komponent trend komponentinden ayrıştırılmakta, daha sonra hata komponenti izole edilmektedir<sup>258</sup>.

### 2.5.8 Box-Jenkins Metodolojisi

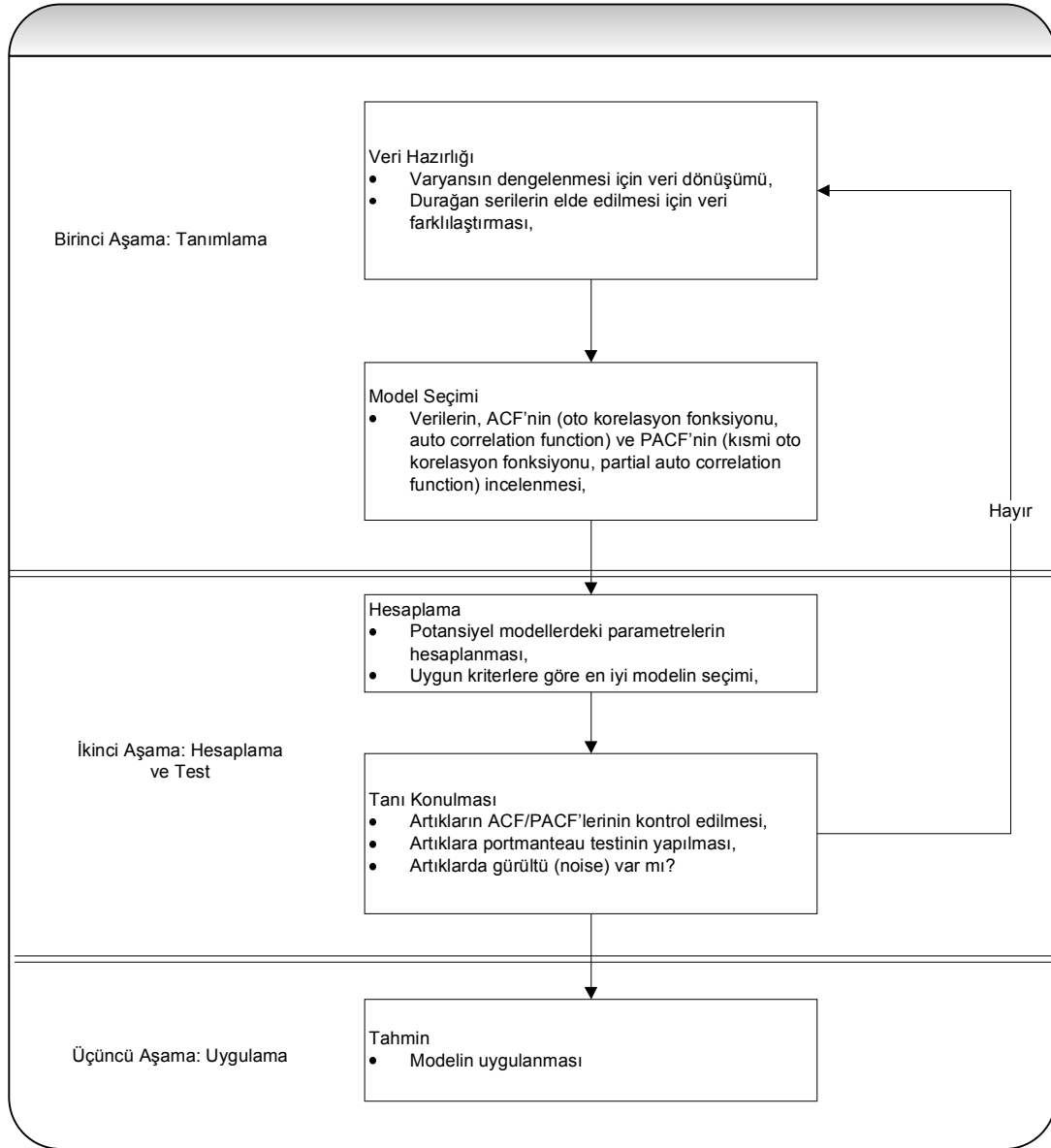
Zaman serisi analizlerinde ve tahmin problemlerinde sıklıkla kullanılan ARIMA yöntemi George Box ve Gwilym Jenkins tarafından 1970’li yıllarda popüler hale getirilmiştir. İki istatistikçi yazdıkları “Time Series Analysis: Forecasting and Control” adlı kitaplarında ARIMA yöntemine daha sonra Box-Jenkins olarak adlandırılan farklı bir yaklaşım geliştirmişlerdir<sup>259</sup>. Literatürde, yöntemin farklı modifikasyonlarında MA (hareketli ortalama, moving average), AR (kendiliğinden gerileyen veya geriye yaslanan, auto regressive), ARMA (geriye yaslanan hareketli ortalama, auto regressive moving average), Box-Jenkins ARMA ve benzeri farklı kısaltmalar kullanılmaktadır. Buradaki MA kısaltması ile daha önce hareketli ortalama için kullanılan MA kısaltması birbirine karıştırılmamalıdır. Burada kullanılan MA hata terimleri serisinin hareketli ortalamasını ifade etmektedir. Zaman serisi düzleştirme yöntemlerinde ifade edilen MA ise Yt’ye uygulanan hareketli ortalamayı ifade etmektedir. Orijinali üç aşamalı olan Box-Jenkins Metodolojisinin aşamaları aşağıda sunulmaktadır.

---

<sup>257</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 113-114.

<sup>258</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 114-119.

<sup>259</sup> G.E.P. Box ve G.M. Jenkins (1970), *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, San Fransisco: Holden-Day.



**Şekil 2-2 Box-Jenkins Metodolojisi Akış Şeması**

(Kaynak: Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, s. 314.)

Zaman serilerindeki birinci gecikmelerin oto korelasyonunu, diğer bir deyişle seri korelasyonunu belirleyen test hakkında çoklu regresyon bölümünde bilgi verilmektedir. Bu testin düzeltilmiş R2 cinsinden yerine veri noktaları ile hesaplanan formülü aşağıda sunulmaktadır.

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (2.68)$$

Yukarıdaki formülle  $r_1$ 'den başlayarak sonuncu hata terimine kadar hesaplanan korelasyonların bütününe oto korelasyon fonksiyonu (ACF, auto correlation function) adı verilmektedir. PACF ile ifade edilen ise diğer test ise kısmi oto korelasyon fonksiyonudur (PACF, partial auto correlation function). Kısmi ile ifade edilen bir açıklayıcı değişkenin izole edilmesi ile diğerinin etkisinin görülmesidir. Örneğin Y bağımlı değişkene X1 ve X2 açıklayıcı değişkenleri dayanarak regresyon yapıldığında X1'in etkisinin izole edilmesi için X2'nin kısmi olarak dışarı alınması gerekmektedir. Bu işlem Y'nin X2 ile regresyonunun yapılması ve daha sonra elde edilen artık terimlerin X1 ile korelasyonlarının bulunması ile aynı anlama gelmektedir<sup>260</sup>. Oto korelasyon fonksiyonunun zaman serisi analizlerinde önemli bir yöntem olmasına rağmen, altında yatan istatistiksel yaklaşımın karmaşık olmasından dolayı bazı durumlarda kullanılmasında güçlükler bulunmaktadır. Buna karşılık, beyaz gürültü (white noise) zaman serilerinde ise kullanılması uygundur. Beyaz gürültü modeli mühendislik kökenli bir kavram olmakla birlikte, istatistiksel terminoloji içerisinde de kullanılmaktadır. İyi bir tahmin uygulamasının beyaz gürültü modeline uygun hataları olmalıdır. Beyaz gürültü modeline göre hata terimlerinin ortalaması 0 ve varyansları sonlu bir sayı olmalıdır. Ayrıca hata terimlerinin periyodlar arası korelasyonu bulunmamalıdır.

Yukarıda sunulan  $r_k$  yaklaşımından farklı olarak bahsedilmesi gereken bir başka test **portmanteau testleridir**. Bu yaklaşıma göre  $r_k$  değerlerinin bir seferde incelenmesi yerine belirlenen bir  $r_k$  kümesinin değerlerinin sıfır kümesinden farklı olup olmadığı birlikte incelenmektedir. Yaygın bir portmanteau testi **Box-Pierce Q istatistiğine** dayanan **Box-Pierce testidir**. Aşağıda bu istatistiğin formülü sunulmaktadır<sup>261</sup>.

$$Q = n \sum_{k=1}^h r_k^2 \quad (2.69)$$

h : maksimum beklenen gecikme (Makridakis'e göre genelde yaklaşık 20 seçilmektedir.)

Yukarıda sunulan formülden de anlaşılacağı gibi,  $r_k$  sifıra yakın oldukça, değerleri ister negatif ister pozitif olsun, Q da küçülecektir. Buna karşılık  $r_k$  değerlerinin bazıları bile büyük değerler olsa, karelerinin katkısı ile Q da göreceli olarak büyük

<sup>260</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, s. 320.

<sup>261</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 318-319.

bir değer alacaktır. Q istatistiği 1970 yılında Box ve Pierce tarafından tahmin modellerinin artık terimlerini test etmek için geliştirilmiştir<sup>262</sup>. Eğer artık terimler beyaz gürültü modeline uyuyorsa, Q istatistiği h-m serbestlik derecesine sahip bir *Ki-kare* ( $X^2$ , *chi-square*) dağılımı göstermektedir. Buradaki m değeri modeldeki parametre sayısıdır. Q istatistiği değerlerinin Ki-kare tablosundaki değerlerle karşılaştırıp değerlendirilmesi mümkündür.

Alternatif bir portmanteau testi ise *Ljung-Box istatistiği*dir. Ljung ve Box bu istatistiğin Box-Pierce Q istatistiğine göre, Ki-kareye daha yakın bir dağılım gösterdiğini iddia etmektedirler. Veride beyaz gürültü modeli varsa, Ljung-Box istatistiğinin Box-Pierce Q istatistiği ile dağılımları aynıdır. Aşağıda Ljung-Box istatistiğinin formülü aşağıda sunulmaktadır<sup>263</sup>.

$$Q^* = n(n + 2) \sum_{k=1}^h (n - k)^{-1} r_k^2 \quad (2.70)$$

Portmanteau testleri bazı durumlarda yanılttığından dolayı tek başlarına model kurmak için baz alınmaları uygun değildir.

Kısmi oto korelasyonlar, diğerlerinin etkileri izole edildikten sonra  $Y_t$  ve  $Y_{t-k}$  arasındaki ilişkiyi ölçmektedir. k dereceden kısmi oto korelasyon katsayısı  $\alpha_k$  ile gösterilmektedir ve  $Y_t$ 'nin  $Y_{t-1}$ , ...,  $Y_{t-k}$ 'ya göre regresyon denkleminin kurulması ile hesaplanmaktadır. Bu denklem aşağıda sunulmaktadır<sup>264</sup>.

$$Y_t = b_0 + b_1 Y_{t-1} + b_2 Y_{t-2} + \dots + b_k Y_{t-k} \quad (2.71)$$

Yukarıdaki denklemde  $Y_t$ 'yi açıklamak için açıklayıcı değişkenler yerine  $Y_t$ 'nin periyod gecikmeli değerleri kullanılmaktadır. Geleneksel regresyondan farklı olan bu uygulama için literatürde *AR* (*oto regresyon*, *autoregression*, *autoregressive*) kısaltması kullanılmaktadır.

Yukarıdaki denklemdeki  $b_k$  katsayısı  $\alpha_k$  ile gösterilen kısmi oto korelasyon değerini vermektedir. Kısmi oto korelasyon her zaman birinci oto korelasyondur. Kısmi otokorelasyonlar, oto korelasyonlar gibi beyaz gürültü serilerinde sıfıra yakın

<sup>262</sup> G.E.P. Box ve D.A. Pierce (1970), "*Distribution of the Residual Autocorrelations in AutoRegressive-Integrated Moving-Average Time Series Models*", Journal of American Statistical Association, 65, ss. 1509-1526.

<sup>263</sup> G.M. Ljung ve G.E.P. Box (1978), "*On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models*", Biometrika, 65, ss. 297-303.

<sup>264</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, ss. 320-321.

değerler almalıdır. Eğer bir zaman serisi beyaz gürültü modeline uygunsa, hesaplanan kısmi oto korelasyonların yaklaşık olarak bağımsız olduğu, normal dağıldığı ve  $1/\sqrt{n}$  standart hataya sahip oldukları Quenouille tarafından ortaya konulmuştur<sup>265</sup>.

Kısmi oto korelasyon ile mevsimsellik etkilerinin tespit edilmesi mümkündür. Eğer 12. gecikmedeki oto korelasyon katsayısının yüksek bir değeri varsa, aylık değişimlerden dolayı veride mevsimsellik bulunması kuvvetle muhtemeldir. Bu değer sıfıra yakın ise verinin mevsimsellik göstermediği sonucuna varılır. Ayrıca 12. gecikmede yüksek oto korelasyon varsa 24. 36. ve benzeri katlarda yüksek oto korelasyon olması beklenir.

Bir serideki durağanlık büyüme veya küçülme olmaması demektir. Diğer bir deyişle, veri zamandan bağımsız olarak sabit bir ortalama etrafında benzer bir varyans ile hareket etmelidir. Box, Jenkins ve Reinsel'in ünlü eserlerinde yaptığı zaman serisi grafiği üzerinden durağanlık tanımlamasının şartları aşağıda sunulmaktadır<sup>266</sup>.

- Zaman serisi grafiği sabit ortalama etrafında hareket etmelidir. Bu durumda serinin durağan ortalamalı olduğu söylenebilir.
- Zaman serisi grafiğinin varyansında belirgin bir değişme olmamalıdır. Bu durumda serinin durağan varyanslı olduğu söylenebilir.

Trend ve benzeri durağan olmayan zaman serisi desenleri pozitif oto korelasyonlara sebep olabildiğinden dolayı zaman serisindeki durağan olmama durumu model geliştirmeden önce bertaraf edilmelidir. Bunun bir yolu da zaman serisindeki ardışık terimlerin farklarını hesaplayarak yeni bir seri oluşturmaktır. Aşağıda t veri noktası için *birinci dereceden farkların alınması* yönteminin formülü sunulmaktadır<sup>267</sup>.

$$Y_t' = Y_t - Y_{t-1} \quad (2.72)$$

Yukarıdaki formülden de anlaşılacağı gibi, birinci veri noktası için fark hesaplanamamaktadır. Dolayısıyla bu işlem sonrası veri noktası sayısı n'den n-1'e

---

<sup>265</sup> M.H. Quenouille (1949), "*The Joint Distribution of Serial Correlation Coefficients*", Annals of Mathematical Statistics, 20, ss. 561-571.

<sup>266</sup> G.E.P. Box, G.M. Jenkins, G.C. Reinsel (1994), *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, 3. Baskı, Prentice Hall, New Jersey, s. 23.

<sup>267</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, ss. 326-329.

düŖecektir. Bazı hallerde yukarıda tanımlanan farkların hesaplanması işlemini durağan olmama durumunu tamamen ortadan kaldırmamaktadır. Eğer birinci farkların alınması işleminde durağan olmama durumu bertaraf edilmemişse, ikinci kez aynı işlem yapılmalıdır. *İkinci dereceden farkların alınması* formülü aşağıda sunulmaktadır.

$$Y_t'' = Y_t' - Y_{t-1}' = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2}) = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} \quad (2.73)$$

Makridakise göre bu işlemi ikiden fazla sayıda yapmaya gerek yoktur. Birinci veya ikinci dereceden farkların alınması ile durağan seriler elde edilmektedir.

Durağan olmayan ve mevsimsellik içeren verilerde *mevsimsel farkların alınması* doğru bir yaklaşım olacaktır. Bu işlem yukarıda sunulan farkların alınması yöntemi ile benzerlik göstermektedir. Ancak ardışık gözlem noktaları yerine mevsimsel olarak tekrar eden noktaların farkları alınmaktadır. Örneğin eldeki veri aylık ise 12 periyod aralıkla, çeyreklik ise 4 periyod aralıkla farklar alınmaktadır. Aşağıda aylık veri için mevsimsel farklar formülü sunulmaktadır.

$$Y_t' = Y_t - Y_{t-12} \quad (2.74)$$

Mevsimsel farkların alınması her zaman tek seferde seriyi durağan hale getirmemektedir. ACF ve PACF testleri ile trend ve mevsimsellik etkilerinin devam ettiği tespit edilirse, bu işlemden sonra birinci dereceden farkların alınması işlemi yapılmalıdır. Aşağıda aylık veriye önce mevsimsel farkların, sonra birinci dereceden farkların alınması formülü bütünleşik olarak sunulmaktadır<sup>268</sup>.

$$Y_t'' = Y_t' - Y_{t-1}' = (Y_t - Y_{t-12}) - (Y_{t-1} - Y_{t-13}) \quad (2.75)$$

$$Y_t'' = Y_t - Y_{t-1} - Y_{t-12} + Y_{t-13} \quad (2.76)$$

Mevsimsel farkların ve birinci dereceden farkların alınması işlemlerinin hangisinin önce yapıldığı önemli değildir. Sonuç iki durumda da aynı çıkacaktır. Ancak mevsimsel farkların alınmasından sonra serinin durağanlaşması ve birinci dereceden farkların alınmasına ihtiyaç duyulmaması ihtimalinden dolayı, önce mevsimsel farkların alınması ve ACF PACF testleri ile durağanlığın test edilmesi önerilmektedir.

$$Y_t = b_0 + b_1 Y_{t-1} + b_2 Y_{t-2} + \dots + b_p Y_{t-p} + e_t \quad (2.77)$$

---

<sup>268</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 331-332.

Yukarıda sunulan regresyon denklemi, Y bağımlı değişkeni ile onun zaman gecikmeli verileri arasında ilişki kurmaktadır. Bu yaklaşıma AR (oto regresyon, autoregression, autoregressive) adı verildiğinden yukarıda da bahsedilmektedir. AR'nin geleneksel regresyondan farkı aşağıda sunulmaktadır:

- AR yaklaşımının temel varsayımı olan artıkların, diğer bir deyişle hata terimlerinin birbirilerinden bağımsızlığı rahatlıkla ihlal edilebilmektedir.
- AR yaklaşımında regresyona katılacak

### 2.5.9 Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)

Canlı organizmaların sinir hücrelerinden esinlenerek geliştirilmiş ve bu sinir hücrelerinin işleyişlerinin matematiksel olarak modellenmesi sonucu oluşturulmuş modellere yapay sinir ağları (YSA, artificial neural networks) veya genetik algoritmalar adı verilmektedir. İnsan beyni gibi bu modeller de eksik veri ile çalışabilmektedir. Ayrıca bu yöntemin insan beyni ile bir başka benzerliği paralel veri işleme becerisidir. Üçüncü bir benzerlik ise bu modellerin insan beyni gibi öğrenebilme yetenekleridir<sup>269</sup>.

Widrow, Rumelhart ve Lehr'e göre yapay sinir ağlarının desen sınıflandırma ve desen algılama yeteneği yüksektir. Biyolojik sistemlerden ilham alınarak ve kısmen beynin incelenmesi ile geliştirilen bu yöntem, tecrübeden öğrenerek genellemeler çıkarabilmektedir. Yapay sinir ağları araştırmacılara bilim, çeşitli endüstri dalları ve işletmeler başta olmak üzere geniş bir yelpazede uygulama imkânları sunmaktadır<sup>270</sup>.

Sharda'ya göre YSA'nın temel kullanım alanlarından birisi tahmindir. YSA, birçok farklı özelliği olduğundan dolayı tahmin konusunda çok önemli bir araçtır.

Öncelikle, veri güdümlü (data-driven) ve kendinden uyarlamalı olan YSA, geleneksel model bazlı yöntemlerden farklı olarak az sayıda varsayıma sahiptir. Datadaki tanımlaması zor ilişkileri zekice ortaya çıkaran bu yöntem örneklerden

---

<sup>269</sup> Zekai Şen (2004), *Yapay Sinir Ağları İlkeleri*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, ss.7-9.

<sup>270</sup> Bernard Widrow, David E. Rumelhart, Michael A. Lehr (1994), "*Neural Networks: Applications in Industry, Business and Science*", Magazine Communications of ACM, Vol. 37, Issue 3, ss. 93-105.

öğrenen bir yapıya sahiptir. Bundan dolayı YSA'lar yeterli gözlem ve veri bulunduğunda, tanımlaması güç problemlerde dahi başarılı sonuçlar vermektedirler. Zhang, Patuwo ve Hu'ya göre yapay sinir ağları çok değişkenli, doğrusal olmayan ve parametrik olmayan bir istatistiksel metottur. Datanın olduğu sistemin altında yatan kuralları tahmin etmektense, elde veri bulunmasının daha kullanışlı olmasından dolayı, tecrübeden öğrenen bu model kullanışlıdır. Data güdümlü (data-driven) modelleme yaklaşımının temel problemi bu sistemin altında yatan kuralların her zaman belirgin olmaması ve gözlemlerin gürültü (noise) sebebi ile maskelenmesidir. Yine de data güdümlü modeller gerçek hayatın modellenmesinde pratik ve bazen tek mümkün yoldur<sup>271</sup>.

İkinci olarak YSA genelleyebilme özelliğine sahiptir. Populasyondan alınan örnek gürültü (noise) içerse dahi, YSA örneğin verisinden öğrendikten sonra, popülasyonun görünmeyen kısımları hakkında bilgiler verebilir. Zira gelecek tahmininde yapılan da geçmiş davranışların incelenmesiyle görünmeyen gelecek davranışları hakkında bilgi edinmektir. Zhang, Patuwo ve Hu'ya göre YSA, tahmin yapmak için en azından prensip olarak idealdir.

Üçüncü olarak YSA'lar evrensel fonksiyonlar oluşturabilmektedir. Irie ve Miyake, Hornik, Cybenko, Funahashi'nin çalışmaları YSA'nın herhangi bir sürekli fonksiyonu istenen doğrulukta ortaya koyabildiğini göstermiştir. YSA'lar geleneksel istatistiksel modellere göre daha genel ve esnek yapılara sahiptir. Bir tahmin modeli girdilerle (zaman serisi verisi veya ilgili değişkenler) çıktılar (gelecek değerleri) arasında bilinen veya bilinmeyen bir ilişki bulunduğunu varsayar. Gerçek dünyanın kompleks yapısından dolayı, bu bilinen veya bilinmeyen fonksiyonel ilişkinin tanımlanmasında, geleneksel modellerin bazı sınırları vardır. Bu yüzden YSA'lar tahmin konusunda geleneksel modellere iyi bir alternatiftir.

YSA'ların dördüncü üstünlüğü ise doğrusal olmamalıdır. İstatistiksel tahminler senelerce doğrusal modellerle yapılmıştır. Box-Jenkins ve ARIMA başta olmak üzere geleneksel zaman serisi yaklaşımları, zaman serisinin doğrusal bir süreç sonucu ortaya çıktığını varsayar. Doğrusal modeller, anlaşılabilirliği, detaylı olarak açıklanmaları ve uygulanmaları konularında, doğrusal olmayan modellere göre çok

---

<sup>271</sup> Guoqing Zhang vd. (1997), *"Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art"*, International Journal of Forecasting, 14, ss. 35-36.



avantajlıdır. Ancak, fonksiyonel ilişki doğrusal değilse, kesinlikle kullanılmamalıdır. Granger, Terasvirta ve Anderson'a göre gerçek dünya modelleri çoğunlukla doğrusal değildir<sup>272</sup>. Granger ve Anderson'un bilinear modeli, Tong and Lim'in TAR (threshold autoregressive) modeli, Engle'nin ARCH (autoregressive conditional heteroscedastic) modeli başta olmak üzere birçok doğrusal olmayan model geliştirilmiştir. Buna rağmen, doğrusal olmayan modellerde ilişkinin altında yatan kural bilinmeden veya çok az bilinirken, zaman serisinin ilişkisi açıkça ortaya konulmak durumundadır. Ancak, doğrusal olmayan ilişkileri modellemek, çok sayıda farklı ilişki deseni bulunduğu ve önceden tanımlanmış doğrusal olmayan bir ilişkinin genellenmesinin bütün özellikleri tanımlamaya yetmeyeceğinden dolayı, çok zordur. Doğrusal olmayan ve data güdümlü olan YSA yaklaşımı ise, ön bilgi olmaksızın girdi ve çıktı arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi modelleyebilecek yeteneğe sahiptir. Bundan dolayı tahmin için daha genel ve esnek bir araçtır<sup>273</sup>.

YSA'nın ilk tahmin uygulamasını yapan HU, 1964 yılında yazdığı doktora tezinde Widrow'un ADALINE'mı (adaptive linear network, Zekai Şen'in çevirisine göre tekli doğrusal algılayıcı) kullanarak hava tahmini yapmıştır. Bu çalışma, çok katmanlı ağların o dönemde eğitim algoritması olmamasında dolayı sınırlıdır. Rumelhart'ın 1986 yılında geriye yaslanan veya geriye yayılan algoritmayı geliştirmesiyle birlikte, YSA'ların tahmin konusundaki uygulamalarının önü açılmıştır<sup>274,275</sup>. Werbos 1988 yılında geriye yayılmanın ilk uygulamalarından birini yaparak, geriye yayılma ile öğretilmiş bir YSA algoritmasının regresyon, Box-Jenkins ve benzeri geleneksel yöntemlerden üstünlüğünü ortaya koymuştur<sup>276</sup>. Aynı dönemde 1988 yılında Lapedes ve Farber, yaptıkları çalışma ile YSA'nın doğrusal

---

<sup>272</sup> C.W.J. Granger vd. (1993), "*Modelling Nonlinearity Over Business Cycle*", National Bureau of Economic Research, ss. 311-326.

<sup>273</sup> Guoian Zhang vd. (1997), "*Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art*", International Journal of Forecasting, 14, ss. 36-37.

<sup>274</sup> D.E. Rumelhart vd. (1986), "*Learning Internal Representations by Backpropagation Errors*", MIT Press, ss. 318-362.

<sup>275</sup> D.E. Rumelhart vd. (1986), "*Learning Representations by Backpropagation Errors*", Nature 323, ss. 533-536.

<sup>276</sup> P.J. Werbos (1988), "*Generalisation of Backpropagation to a Recurrent Gas Market Model*", Neural Networks 1, ss. 339-356.

olmayan zaman serilerine uygulanabilirliğini ortaya koymuşlardır<sup>277</sup>. Bu tarihten sonra YSA'nın tahmin uygulamaları hız kazanarak geniş bir perspektife yayılmıştır.

YSA'nın tahmin uygulamalarında genellikle özel bir formu olan çok-katmanlı ileri beslemeli ağlar (multi-layer feedforward networks) kullanılmaktadır.

Sinir sisteminden esinlenilerek geliştirilen YSA'lar, birbirleriyle bağlantılı nöronlardan (düğümlerden) oluşmaktadır. Bu sistemde her düğüm diğer düğümlerden ve dış çevreden bir girdi sinyali almakta ve bu sinyali aktivasyon veya dönüşüm fonksiyonu ile çıktıya çevirmektedir. Daha sonra bu çıktıyı diğer nöronlara veya dışarıya aktarmaktadır. Bir nöronun tek başına yavaş ve kusurlu olarak fonksiyonunu yerine getirmesine karşın, bir ağ çok sayıda görevi verimli şekilde yerine getirebilmektedir<sup>278</sup>.

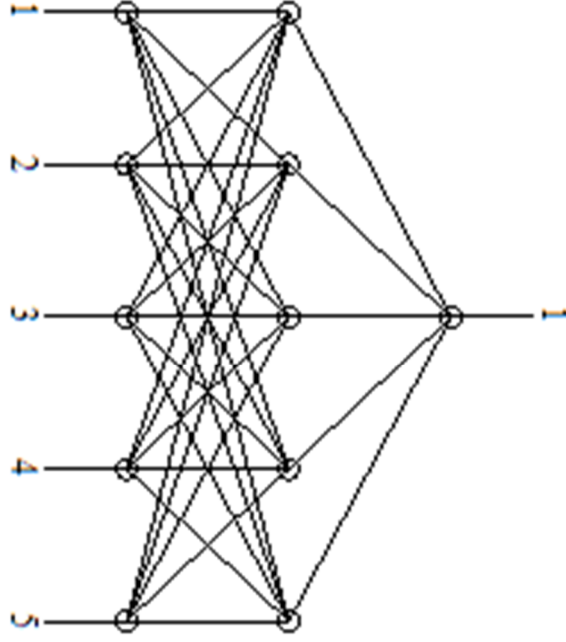
Çok katmanlı algılayıcılar (multi-level perceptrons, MLP), Hopfield ağları ve Kohonen'in kendinden organize ağları başta olmak üzere, 1980'lere kadar birçok YSA modeli geliştirilmiştir. Ayrıca YSA'nın diğer bazı uygulamaları olan radyal bazlı fonksiyon ağları (radial-basis functions networks), ridge polinom ağları (ridge polynomial networks) ve wavelet ağları çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır.

Çok katmanlı algılayıcı birkaç katman ve düğümlerden oluşmaktadır. Ayrıca düğümler birbirine oklarla bağlanmaktadır. İlk katman veya giriş katmanı gelen bilginin kabul edildiği bölümdür. Son katman veya çıkış katmanı ise problemin çözümü çıktı olarak sunmaktadır. Giriş ve çıkış katmanlarının arasında bulunan bir veya birden fazla katmana ise saklı katmanlar adı verilmektedir. Katmanları düğümden düğüme birbirine oklar bağlamaktadır. Aşağıda birbirine tam bağlı çok katmanlı algılayıcının görsel şekli sunulmaktadır.

---

<sup>277</sup> A. Lapedes ve L. Farber (1987), *“Nonlinear Signal Processing Using Neural Networks: Prediction and System Modeling”*, Los Alamos National Laboratory, Technical Report.

<sup>278</sup> D.L. Reilly ve N.L. Cooper (1990), *“An Overview of Neural Networks: Early Models to Real World System”*, Academic Press, ss. 227-248.



**Şekil 2-3 Tam Bağlı Çok Katmanlı Algılayıcı**

(Kaynak: Visual Gene Developer programının Neural Networks modülünde ilgili parametreler seçilerek elde edilmiştir)

Açıklayıcı değişkenlerin bulunduğu tipik bir tahmin probleminde girdi düğümleri genellikle bağımsız veya açıklayıcı değişkenlerden oluşmaktadır. Bu formun fonksiyonel ifadesi aşağıda sunulmaktadır<sup>279</sup>.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_p) \quad (2.78)$$

$y$  : bağımlı veya tahmin edilecek değişken,

$x_i$  :  $p$  adet bağımsız veya açıklayıcı değişkenler,

Yukarıdaki fonksiyon doğrusal olmayan bir regresyon modeline eşdeğerdir. Buna karşılık, zaman serisi tahmin probleminde girdi düğümleri geçmiş veri noktalarından, çıktı düğümleri gelecek veri noktalarından oluşmaktadır. Bu durumun fonksiyonel ilişkisi aşağıda sunulmaktadır.

$$y = f(y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-p}) \quad (2.79)$$

<sup>279</sup> Guoiang Zhang vd. (1997), “*Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art*”, International Journal of Forecasting, 14, ss. 36-39.

$y_t$  : t'inci veri noktası,

YSA modelleri tahminden önce eğitilmektedirler. Bu eğitimde okların ağırlıkları (arc weights) tespit edilmektedir. Bu esasa göre ağın öğrendiği bilgiler ağırlıklar olarak oklarda ve sapmalar (bias) olarak düğümlerde saklanmaktadır. Açıklayıcı değişkenlerinin vektör formu eğitim girdi verilerini oluşturmaktadır. Buna göre girdi vektöründeki her bir eleman, giriş tabakasındaki girdi düğümüne karşılık gelmektedir. Bundan dolayı giriş düğümü sayısı vektörün boyutuna eşittir. Tipik bir tahmin probleminde ise girdi düğümü sayısı açıklayıcı değişken sayısına eşittir. Buna karşılık zaman serisi tahmininde ise girdi düğümü sayısını belirlemek daha karmaşıktır. Bu durumda veri seti eğitim ve test verileri olmak üzere iki parçaya bölünmektedir. Eğitim verileri ile ağırlıklar hesaplanırken, test verileri ağın genelleyebilme kabiliyetini ölçmektedir.

Eğitim sürecinde ilk olarak eğitim verileri giriş düğümlerinden ağa girmektedir. Giriş düğümlerinin aktivasyon değerleri ağırlıklandırılmaktadır ve ilk saklı katmanın her düğümünde kümülatif olarak toplanmaktadır. Daha sonra bulunan toplam değeri aktivasyon fonksiyonu ile düğümün aktivasyon değerine dönüştürülmektedir ve elde edilen sonuç bir sonraki katmandaki düğümün girdi değerini oluşturmaktadır. Bu işlem çıktı aktivasyon değerlerine ulaşılan kadar sürmektedir. Eğitim algoritması SSE (hata kareleri toplamı), MSE (hata kareleri ortalaması) ve benzeri hata kriterlerinin minimize edilmesi esasına dayanmaktadır. Bundan dolayı ağ eğitimi kısıtsız doğrusal olmayan bir minimizasyon problemine benzetilebilir.

Zaman serisi probleminin eğitim deseni sabit bir sayıda gecikmiş gözlem noktalarından oluşmaktadır. Örneğin eğitim setinde  $N$  adet gözlem noktası olduğunda ve bir sonraki gözlem noktası tahmin edileceğinde,  $n$  sayıda girdi düğümü olan bir ağ kullanılırken  $N-n$  sayıda eğitim deseni olacaktır. Buna göre  $y_1, y_2, \dots, y_n$  eğitim deseni ile  $y_{n+1}$  tahmin edilecektir.  $Y_{n+2}$ 'nin tahmini için ise  $y_2, y_3, \dots, y_{n+1}$  kullanılacaktır. Son eğitim deseni ise  $y_{N-n}, y_{N-n+1}, \dots, y_{N-1}$  olacaktır. Hata kriteri olarak SSE kullanıldığında aşağıdaki fonksiyon minimize edilecektir. Fonksiyonun çarpanı olan  $\frac{1}{2}$  değeri eğitim algoritmasındaki türev ifadesinin sadeleştirilmesi sonucu olarak eklenmiştir<sup>280</sup>.

---

<sup>280</sup> Guoian Zhang vd. (1997), *a.g.e.*, ss. 38-39.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=n+1}^N (y_i - a_i)^2 \quad (2.80)$$

$a_i$  : ağın gerçek çıktı değeri,

Yapay Sinir Ağlarının birçok farklı yapıda uygulaması bulunmasına rağmen, tahmin çalışmalarının çoğunluğunda tipik çok katmanlı algılayıcı kullanılmıştır<sup>281</sup>. Diğer istatistik modellerinde olduğu gibi yapay sinir ağlarında da uygunun yapının oluşturulması son derece kritik bir konudur. YSA yönteminde ağ büyüklüğünün tespiti konusunda yapılmış bazı çalışmalar olsa da bu çalışmaların hiçbirinin her zaman en doğru sonucu verdiğini söylemek doğru olmayacaktır. Amirikian ve Nishimura'ya göre ağ büyüklüğü öğrenme konusuna göre belirlenmelidir<sup>282</sup>. Weigend ve arkadaşları ise ağın kompleksliğini belirlemek için ağırlık eliminasyonu (weight elimination) adını verdiği bir metod geliştirmiştir. Weigend ve arkadaşlarının oluşturduğu geri yayılma maliyet fonksiyonu (backpropagation cost function), ağ kompleksliğini cezalandırarak eğitim sürecinde dinamik olarak ağırlıkları elimine etmektedir<sup>283</sup>. Cottrell ve arkadaşları da anlamsız ağırlıkları elimine etmek için ağırlıkların asimptotik özelliklerine dayanan istatistiksel bir metod geliştirmişlerdir<sup>284</sup>. De Groot ve Wurtz ise Akaike Bilgi Kriterini (Akaike Information Criteria, AIC) esas alan ileri beslemeli bir yaklaşım geliştirmişlerdir<sup>285,286</sup>. Ayrıca eğitim için gerekli verileri ve dolayısıyla ağ büyüklüğünü minimize etmek için Lachtermacher ve Fuller, Box-Jenkins ve yapay sinir ağlarının birleştirerek hibrit bir yaklaşım geliştirmişlerdir<sup>287</sup>.

---

<sup>281</sup> R. Sharda ve R.B. Patil (1992), “*Connectionist Approach to Time Series Prediction: An Empirical Test*”, Journal of Intelligent Manufacturing 3, ss. 317-323.

<sup>282</sup> B. Amirikian ve H. Nishimura (1994), “*What Size Network is Good for Generalisation of a Specific Size of Interest?*”, Neural Networks 7, ss. 321-329.

<sup>283</sup> A.S. Weigend vd. (1991), “*Generalisation by Weight Elimination With Application to Forecasting*”, Advances in Neural Information Processing Systems 1, 875-882.

<sup>284</sup> M. Cottrell vd. (1995), “*Neural Modelling For Time Series: A Statistical Stepwise Method for Weight Elimination*”, IEEE Transactions on Neural Networks 6, ss. 1355-1364.

<sup>285</sup> C. De Groot ve D. Wurtz (1991), “*Analysis of Univariate Time Series With Connectionist Nets: A Case Study of Two Classical Examples*”, Neurocomputing 3, Volume 3, Issue 4, ss. 177-192.

<sup>286</sup> H. Akaike (1974), “*A New Look at the Statistical Model Identification*”, IEEE Transactions on Automatic Control 19, ss. 716-723.

<sup>287</sup> G. Lachtermacher ve J.D. Fuller (1995), “*Backpropagation in Time Series Forecasting*”, Journal of Forecasting 14, ss. 381-393.

Yukarıda sunulan çalışmalara dayanarak YSA uygulamalarında ağ modelinin oluşturulmasının son derece önemli bir konu olduğu söylenebilir. YSA mimarisini oluştururken katman sayısı, katmanlardaki düğüm sayısı ve düğümleri birleştiren oklar hakkında verilecek kararlar yapılacak tahminin isabet derecesini doğrudan etkileyecektir. Ayrıca, saklı katmanlarda ve çıkış katmanında kullanılacak aktivasyon fonksiyonu, eğitim algoritması, data dönüşüm veya normalizasyon metodu, eğitim ve test veri setleri, performans ölçüm kriteri kararları modeli oluştururken YSA mimarisi ile birlikte belirlenmesi gereken diğer önemli hususlardır<sup>288</sup>.

YSA'nın tahminde ek sık kullanılan formu olan çok katmanlı algılayıcıda girdi düğümlerinin tamamı giriş katmanında, çıktı düğümlerinin tamamı çıkış katmanında, saklı düğümler ise bir veya birden fazla sayıda olan saklı katmanlarda bulunmaktadır. Buna göre çok katmanlı algılayıcı mimarisini oluştururken girdi düğüm sayısına, saklı katman ve düğüm sayılarına ve çıktı düğümü sayılarına karar verilmelidir. Bu parametreler problemden probleme değişkenlik gösterdiğinden tahmin problemine özel seçimler yapılmalıdır. Budama algoritması (pruning algorithm<sup>289</sup>), çok terimli zaman algoritması (polynomial time algorithm<sup>290</sup>), kanonik ayrıştırma tekniği (canonical decomposition technique<sup>291</sup>) ve ağ bilgi kriteri (network information criterion<sup>292</sup>) başta olmak üzere çeşitli ağ mimarisi belirleme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin uygulaması zor ve karmaşıktır. Ayrıca Zhang'a göre bu yöntemlerden hiçbiri bütün problemlerde en iyi sonucu vermemektedir. Bundan dolayı Zhang YSA dizaynını bilimden çok sanat olarak görmektedir ve bu görüşünü YSA ile tahmin üzerine ünlü makalesinin isminde "state of art" deyişine yer vererek ortaya koymuştur<sup>293</sup>.

---

<sup>288</sup> Guoqing Zhang vd. (1997), "*Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art*", International Journal of Forecasting, 14, ss. 41-42.

<sup>289</sup> J. Sietsma ve R. Dow (1988), "*Neural Net Pruning-Why and How?*", IEEE International Conference on Neural Networks 1, ss. 325-333.

<sup>290</sup> A. Roy vd. (1993), "*A Polynomial Time Algorithm for the Construction and Training of a Class of Multilayer Perceptrons*", Neural Networks 6, ss. 535-545.

<sup>291</sup> Z. Wang vd. (1994), "*A Procedure for Determining the Topology for Multilayer Feedforward Networks*", Neural Networks 7, ss. 291-300.

<sup>292</sup> N. Murata vd. (1994), "*Network Information Criterion-Determining the Number of Hidden Units for an Artificial Neural Network Model*", IEEE Transactions on Neural Networks 5, 865-872.

<sup>293</sup> Guoqing Zhang vd. (1997), "*Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art*", International Journal of Forecasting, 14, s. 42.

Saklı katmanlar ve saklı düğümler YSA uygulamalarında önemli fonksiyonlar üstlenmektedirler. Saklı katman veya katmanlarda bulunan saklı düğümler özelliklerin belirlenmesini, verideki desenin algılanmasını, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin kurulmasını sağlamaktadır. Saklı düğümlerin olmadığı doğrusal çıktı düğümleri olan basit bir algılayıcının (perceptron) doğrusal istatistik modellerden pek bir farkı yoktur. Bundan dolayı asıl karar verilmesi gereken saklı katmanın ve saklı düğümlerin sayısıdır. Yapılan teorik çalışmalara göre bir saklı katman ile tahmin problemlerinin çoğunluğunun modellenmesi mümkündür. Araştırmacıların çoğunluğu tek saklı katmanla problemlerini modellemiştir. Ancak, tek saklı katman ile saklı düğümlerin sayısı artacağından dolayı ağıın genelleme becerisi azalacak ve eğitim süresi artacaktır. Bu da YSA modellemesinde istenmeyen bir durumdur. Barron'a göre iki saklı katman kullanılması bazı problemlerde avantajdır<sup>294</sup>. Srinivasan ve arkadaşlarının iki saklı katman kullanarak oluşturdukları model daha kompakt bir yapıdadır ve tek saklı katmanlı modellere göre daha verimli bir eğitim sürecine sahiptir<sup>295</sup>. Zhang Santa Fe tahmin yarışmasında bazı zaman serilerinde iki saklı katman kullanarak tek saklı katmanlı modellere göre zaman serisinin altında yatan veri desenini daha iyi algılayan ve daha isabetli sonuçlar veren modeller ortaya koymuştur. Zhang ayrıca ikiden fazla saklı katman da denemiş ancak daha iyi sonuçlar elde edememiştir. Zhang'ın sonuçları ile Chester'in<sup>296</sup> genel fonksiyon haritalama (function mapping) için iki saklı katman kullanımının tek saklı katmana göre avantajlarını ortaya koyan çalışması birbirlerini desteklemektedirler. Lippmann'ın<sup>297</sup> 1987'de, Cybenko'nun<sup>298</sup> 1988'de, Lapedes ve Farber'in 1988'de yaptığı çalışmalara göre YSA ile kurulan tahmin modellerinin ikiden fazla saklı katmana ihtiyacı yoktur. Buna karşılık

---

<sup>294</sup> A.R. Barron (1994), "*A Comment on Neural Networks: A Review From Statistical Perspective*", Statistical Science 9, ss. 33-35.

<sup>295</sup> D. Srinivasan vd. (1994), "*A Neural Network for Short-term Load Forecaster*", Electric Power System Research 28, ss. 227-234.

<sup>296</sup> D.L. Chester (1990), "*Why Two Hidden Layers are Better Than One?*", International Joint Conference on Neural Networks, ss. 1265-1268.

<sup>297</sup> L.P. Lippmann (1987), "*An Introduction to Computing with Neural Nets*", IEEE ASSP Magazine, April, ss. 4-22.

<sup>298</sup> G. Cybenko (1988), "*Continuous Valued Neural Networks with Two Hidden Layers are Sufficient*", Technical Report, Tuft University, Medford.

Zhang'a göre, iki saklı katman kullanımının çok fazla sayıda düğüm içeren tek saklı katmanlı modellere göre bazı avantajları mevcuttur<sup>299</sup>.

YSA yönteminde ve birçok geleneksel istatistiksel yöntemin genelleyebilme yeteneği aşırı öğrenme (overfitting) problemi ortaya çıktıkça azalmaktadır. YSA gibi birçok farklı parametresi olan bir istatistiksel yöntem eğitim verisini çok iyi öğrenebilmekte ve bundan dolayı eğitim verisi üzerindeki yapılacak hata ölçümlerinde çok küçük değerlere ulaşabilmektedir. Ancak bu durum tahminin başarılı olduğu anlamına gelmez. Eğitim veri seti dışındaki bir veri setinin test edilmesi (örneğin test verileri) durumunda yüksek hatalarla karşılaşılma olasılığı mevcuttur. Bu duruma aşırı öğrenme (overfitting) problemi adı verilmektedir.

YSA modellemesinde optimum sayıda saklı düğüm sayısını belirlemek kritik bir konudur. Genel olarak saklı düğüm sayısının az olduğu modeller genelleyebilme yeteneği ve aşırı öğrenme (overfitting) açılarından daha başarılıdır. Buna karşılık saklı düğüm sayısının az olması modelleyebilme ve öğrenebilme gücünü azaltmaktadır. Zhang'a göre saklı düğüm sayısını belirleyebilmek için teorik bir altyapı yoktur. Ancak, bu konuda bazı teorik çalışmalar da yapılmıştır. Budama algoritması (pruning algorithm) gereksiz düğümlerin atılması ve modeli geliştirebilecek düğümlerin eklenmesini önermektedir. Ayrıca Gorr ve arkadaşları optimum saklı düğüm sayısı belirlemek için şebeke araştırma metodunu (grid search method) önermektedirler<sup>300</sup>.

Saklı düğüm sayısının tespiti için kullanılan en yaygın yöntem deneme yanılmadır. Ancak aşırı öğrenme (overfitting) sorunuyla başa çıkabilmek için saklı düğüm sayısını kısıtlayan bazı ampirik kurallar ortaya konulmuştur. Lachtermacher ve Fuller saklı düğüm sayısı için bazı sezgisel kısıtlar (heuristics) önermektedir. Ayrıca tek saklı katmanlı modeller için Lippmann  $2n+1$  kısıtını önermektedir. Zhang'a göre bunlar ve benzeri kısıtların hiçbiri tüm problemlerde en iyi sonucu vermemektedir<sup>301</sup>.

---

<sup>299</sup> Guoian Zhang vd. (1997), "*Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art*", International Journal of Forecasting, 14, ss. 43-44.

<sup>300</sup> W.L. Gorr vd. (1994), "*Comparative Study of Artificial Neural Network And Statistical Models for Predicting Grade Point Averages*", International Journal of Forecasting 10, ss. 17-34.

<sup>301</sup> Guoian Zhang vd. (1997), "*Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art*", International Journal of Forecasting, 14, s. 44.



Tang ve Fishwick saklı düğüm sayısının tahmin performansına etkisinin olduğunu ancak bu etkinin çok anlamlı olmadığını iddia etmişlerdir. Zhang'a göre bu konuda bir çok çalışma ile ortaya konulan genel kanı, girdi düğümü sayısına eşit sayıda saklı düğüm kullanılmasının iyi sonuçlar verdiğidir.

Çıktı düğümü sayısının tespiti nispeten daha kolaydır. Örneğin zaman serisi tahmininde bu sayı tahmin periyoduna eşittir. Genel olarak bir adım ileri (one-step-ahead) ve çoklu adım ileri (multi-step-ahead) olmak üzere iki çeşit tahmin vardır. Bir adım ileri yönteminde tek çıktı düğümü kullanılmaktadır. Çoklu adım ileri yönteminin ise literatürde iki farklı uygulaması mevcuttur. Birincisi olan yinelemeli (iterative) tahmin yönteminde Box-Jenkins'te olduğu gibi bulunan tahmin değerleri bir sonraki tahminde tekrarlamalı olarak kullanılmaktadır. Bu durumda bir çıktı düğümü yeterlidir. İkinci olan direkt yöntemde ise gelecekteki her bir veri noktasının tahmini için bir çıktı düğümü kullanılmaktadır. Zhang'ın kademeli yöntemi ise iki çeşit çoklu adım ileri yöntemlerini birleştirmektedir. Zhang'a göre bu yöntem daha başarılı sonuçlar vermektedir. Buna karşılık Weigend ve arkadaşlarının güneş lekeleri tahmini üzerine yaptıkları ünlü çalışmada ise direkt çoklu adım yöntemi, tekrarlamalı bir adım ileri yönteminden daha kötü sonuçlar vermiştir. Zhang ve arkadaşlarına göre direkt çoklu periyod iki nedenden dolayı daha iyidir. Birinci olarak bu yöntemde sinir ağı direkt olarak çoklu adım ileri değerlerini bulmak için oluşturulmuştur. Box-Jenkins ve yineleme (iterative) tahmin yöntemleri gibi tek bir fonksiyon oluşturup bu fonksiyonla yinelemeli olarak olarak her seferinde önündeki bir noktayı tahmin eden yöntemlere göre avantajlıdır. Çünkü bu yöntemlerde yinelemeli olarak geçmiş gerçek veri noktası atılarak, yerine gelecekteki tahmin edilen veri noktası eklenmektedir. Tahmin periyodu uzadıkça, modeldeki gerçek veri noktaları azaldığından ve tahmin edilen veri noktaları arttığından dolayı tahminlerin isabet derecesi azalmaktadır. Bu gerekçe aynı zamanda, neden Box-Jenkins yönteminin kısa dönemli tahminler için uzun dönemli tahminlere göre daha uygun olduğunu da açıklamaktadır. Aşağıda Box-Jenkins ve benzeri yinelemeli yöntemlerin k adımlı tahmin eşitlikleri sunulmaktadır<sup>302</sup>.

---

<sup>302</sup> Guoian Zhang vd. (1997), *a.g.e.*, ss. 45-46.

$$\hat{x}_{t+1} = f(x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n}) \quad (2.81)$$

$$\hat{x}_{t+2} = f(\hat{x}_{t+1}, x_t, \dots, x_{t-n+1}) \quad (2.82)$$

.

.

.

$$\hat{x}_{t+k} = f(\hat{x}_{t+k-1}, \hat{x}_{t+k-2}, \dots, \hat{x}_{t+1}, x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n+k-1}) \quad (2.83)$$

$x_t$  : t zamanındaki gerçek gözlem noktası,

$\hat{x}_t$  : t zamanındaki tahmin değeri,

f : YSA ile oluşturulan tek tahmin fonksiyonu,

Buna karşılık k adet çıktı düğümü bulunan çoklu adım ileri esasına göre oluşturulan modelde sadece gerçek veri noktaları kullanılmaktadır. Her çıkış düğümü kendine özgü fonksiyonu ile gelecekteki bir veri noktasını tahmin etmektedir. Aşağıda yöntemin tahmin fonksiyonları sunulmaktadır<sup>303</sup>.

$$\hat{x}_{t+1} = f_1(x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n}) \quad (2.84)$$

$$\hat{x}_{t+2} = f_2(x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n}) \quad (2.85)$$

.

.

.

$$\hat{x}_{t+k} = f_k(x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n}) \quad (2.86)$$

$x_t$  : t zamanındaki gerçek gözlem noktası,

$\hat{x}_t$  : t zamanındaki tahmin değeri,

$f_1, f_2, \dots, f_k$  : tahmin fonksiyonları,

İkinci olarak Box-Jenkins metodolojisi ağırlıklı olarak gecikmeli verilerdeki otokorelasyonlara dayanmaktadır. İşin özünde ise otokorelasyon sadece gecikmeli verilerdeki doğrusal korelasyonu ölçmektedir. Gerçek dünyada ise korelasyonların

---

<sup>303</sup> Guoian Zhang vd. (1997), *a.g.e.*, s. 46.

doğrusal olmaması gayet mümkündür. Bundan dolayı Box-Jenkins yöntemi bunun gibi eğrisel ilişkileri modelleyememektedir.

Katmanlarda bulunan düğümler arasında bağlantılar ağ mimarisinin önemli karakteristiklerinden biridir. Düğümler arası bağlantılar esasında ağın davranışını belirlemektedir. Tahmin problemlerinin büyük çoğunluğunda tam bağlantılı ağlar, yani çıktığı düğümü haricindeki her katmanda bulunan düğümlerin tamamının bir sonraki katmanda bulunan bütün düğümlere bağlı olduğu ağlar kullanılmaktadır. Buna karşılık seyrek bağlantılı ağlar<sup>304</sup> ve giriş düğümlerinden çıkış düğümlerine direk bağlantıların bulunduğu ağlarla<sup>305</sup> da modellemeler yapılmaktadır. Girdi düğümlerinden çıktığı düğümlerine direkt bağlantılar tahmin doğruluğu artırmak için avantajlı olabilmektedirler. Çünkü bu bağlantılar verilerin doğrusal yapılarını modelleyebilmekte ve ağın algılama yeteneğini artırabilmektedir. Diğer bir yandan Tang ve Fishwick bir adım ileri yönteminde girdi düğümünden çıktığı düğümüne direkt bağlantıların etkisini araştırmıştır<sup>306</sup>. Ancak genel bir sonuca ulaşamamışlardır.

Aktivasyon fonksiyonu, veya diğer adlarıyla transfer fonksiyonu veya eşik işlemcisi bir ağın ve düğümün girdi ve çıktılarıyla aralarındaki ilişkiyi belirlemektedir. Diğer bir ifadeye göre, aktivasyon fonksiyonu ağa bir derecede eğrisellik katmaktadır. Bu eğrisellik YSA'nın bir çok uygulamasında önem taşımaktadır. Teorik olarak türevi alınabilir her fonksiyonun kullanılabilmesi kabul edilse de, pratik olarak sınırlandırılmış, monotonik olarak artan, türevi alınabilir fonksiyonlar kullanılmaktadır. Aşağıda yaygın kullanılan fonksiyonlar sunulmaktadır<sup>307</sup>.

1. Sigmoid (lojistik) fonksiyonu :

$$f(x) = (1 + \exp(-x))^{-1} \quad (2.87)$$

2. Hiperbolik tanjant fonksiyonu :

---

<sup>304</sup> S.T. Chen vd. (1992), "*Weather Sensitive Short-term Load Forecasting Using Non Fully Connected Artificial Neural Network*", Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 3, ss. 1098-1105.

<sup>305</sup> K.A. Duliba (1991), "*Contrasting Neural Nets With Regression in Predicting Performance in the Transportation Industry*", Proceedings of the Annual IEEE Conference on Systems Sciences 25, ss. 163-170.

<sup>306</sup> Z. Tang, P.A. Fishwick (1993), "*Feedforward Neural Sets as Models for Time Series Forecasting*", ORSA Journal on Computing 5, ss. 374-385.

<sup>307</sup> Guoian Zhang vd. (1997), "*Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art*", International Journal of Forecasting, 14, ss. 46-47.

$$f(x) = (\exp(x) - \exp(-x))/(\exp(x) + \exp(-x)) \quad (2.88)$$

3. Sinus veya cosinus fonksiyonu :

$$f(x) = \sin(x) \text{ veya } f(x) = \cos(x) \quad (2.89)$$

4. Doğrusal fonksiyon :

$$f(x) = x$$

Yukarıda sıralanan fonksiyonlardan en popülerleri sigmoid fonksiyonudur. Aktivasyon fonksiyonu seçiminde bazı sezgisel yaklaşımlar (heuristics) mevcuttur. Örneğin, Klimesauskas ortalama davranışın öğrenilmesini içeren sınıflandırma problemlerinde sigmoid aktivasyon fonksiyonunu,, ortalamadan sapmaların olduğu tahmin ve benzeri problemlerde ise hiperbolik tanjant fonksiyonunu önermektedir. Buna rağmen farklı aktivasyon fonksiyonlarının ağırlık performansı üzerinde majör bir etkisi olduğu kesin bir yargı değildir.

Genel bir kural olarak bir ağırlık aynı veya farklı katmanlarında bulunan düğümler, birbirinden farklı aktivasyon fonksiyonlarına sahip olabilir. Buna rağmen pratikte aynı katmanlarla aynı aktivasyon fonksiyonu kullanılmaktadır. Araştırmacıların çoğunluğu saklı katmanlarda sigmoid aktivasyon fonksiyonunu kullanmaktadırlar, ancak çıktı düğümlerinde ne kullanılacağı konusunda bir konsensüs yoktur. Zhang'ın araştırmasının sonuçlarına göre, bazı araştırmacılar saklı katmanların tamamında ve çıkış katmanında sigmoid aktivasyon fonksiyonunu kullanmaktadırlar. Bir grup araştırmacı ise hiperbolik tanjant fonksiyonunu yine saklı katmanların tamamında ve çıkış katmanında kullanmaktadırlar. Çıktı katmanında bu fonksiyonlar kullanıldığından dolayı hedef çıktı değerlerinin gerçek çıktı aralığı ile eşleşmesi için normalleştirilmesi gerekmektedir. Sigmoid fonksiyonunun ve hiperbolik tanjant fonksiyonunun aralıkları sırasıyla  $[0,1]$  ve  $[-1,1]$ 'dir.

Geleneksel olarak sigmoid fonksiyonu hedef değerlerin ikili (0,1) olduğu birçok sınıflandırma problemine uygundur. Buna karşılık sürekli hedef değerleri içeren tahmin ve benzeri problemlerde doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanmak mantıklıdır. Rumelhart ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, tahmin problemleri için olasılıksal ileri beslemeli bir YSA ile doğrusal çıktı düğümleri kullanılması

gerektiğini sezgisel olarak ortaya koymaktadırlar<sup>308</sup>. Buna karşılık doğrusal çıktı fonksiyonları olan ileri beslemeli ağların trend içeren zaman serilerini modelleyemeyeceği de değerlendirilmesi gereken bir husustur. Bunun gibi serilerde trend etkisinin önceden ayrıştırılması gerekebilir. Yine de çıktı düğümleri için doğrusal ve doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonlarının göreceli olarak performansını inceleyen bir çalışma yoktur<sup>309</sup>.

YSA eğitimi kısıtlandırılmamış doğrusal olmayan bir minimizasyon problemidir. Bu problemde, hata kareleri toplamı veya ortalaması çıktı düğümlerinin gerçek ve istenen değerleri arasında minimize edilerek ok ağırlıkları yinelemeli olarak değiştirilmektedir.

En sık kullanılan eğitim metodu geri yayılma (backpropagation) algoritmasıdır. Bu algorithmada en dik eğim (gradyan) azalması (steepest gradient descent) metodu kullanılmaktadır. Bu metoda göre bir adım büyüklüğü, diğer bir deyişle öğrenme oranı belirlenmelidir. Öğrenme oranı ok ağırlıklarının ne kadar değişeceğini belirlediğinden dolayı, geriye yayılan öğrenme algoritmasında çok kritiktir. Dik iniş yönteminin yavaş yakınsaklık, verimsizlik ve sağlam (robust) olmama problemleri olduğundan dolayı, öğrenme oranı bu yöntemin hassas bir parametresidir. Düşük öğrenme oranı öğrenme süresinin uzamasına yol açmaktadır. Buna karşılık yüksek öğrenme oranı ise ağırlık uzayında ağırlık kararsız (oscillation) olmasına neden olabilmektedir<sup>310</sup>.

En dik eğim azalması yöntemini geliştirmenin bir yolu öğrenme oranına ek bir moment parametresi eklenmesidir. Bu parametrenin eklenmesi ile hızlı yakınsaklığı sağlayan yüksek öğrenme oranları, kararsızlık minimize edilirken kullanılabilir. Moment parametresinin esas bir sonraki ağırlık değişiminin az veya fazla bir önceki ile aynı yönde olması ve böylece yüksek öğrenme oranının kararsızlık (oscillation) etkisinin azaltılmasına dayanmaktadır. Araştırmacıların çoğunluğunun kullandığı moment parametresi ve öğrenme oranı seçimi konusundan

---

<sup>308</sup> D.E. Rumelhart vd. (1995), *“Backpropagation: the Basic Theory”*, Backpropagation, Yves Chauvin and David E. Rumelhart (Eds.), L. Erlbaum Associates Inc., Hillsdale, ss. 1-34.

<sup>309</sup> Guoqing Zhang vd. (1997), *“Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art”*, International Journal of Forecasting, 14, ss. 46-47.

<sup>310</sup> D.E. Rumelhart vd. (1986), *“Learning Internal Representations by Backpropagation Errors”*, MIT Press, ss. 318-362.

deneyselliğe dayanan bazı sistematik kurallar mevcuttur. Öğreğin Sharda ve Patil (0,1 ;0,5; 0,9) öğrenme oranı değerleri ile (0,1 ;0,5; 0,9) moment değerlerinin dokuz kombinasyonunun denenmesini önermektedir<sup>311</sup>.

Ağ eğitimi konusunda geleneksel geriye yayılma (backpropagation) algoritmasının verimsizlik ve kararlı olmama başta olmak üzere bilinen zayıflıklarından dolayı bazı varyasyonları önerilmektedir. Örneğin De Groot ve Wurtz Quasi-Newton, BFGS, Levenberg-Marquardt ve eşlenik gradyan metodu (conjugate gradient method) başta olmak üzere birçok bilinen optimizasyon algoritmasını denemişlerdir ve sonucunda eğitim zamanı ve doğruluğu konularında anlamlı gelişmeler kaydetmişlerdir<sup>312</sup>.

Ağ eğitiminin bir başka parametresi amaç veya maliyet fonksiyonu seçimidir. SSE (hata kareleri toplamı) ve MSE (hata kareleri ortalaması) hata terimi üzerinden tanımlandığı için amaç fonksiyonu olarak kullanılmaktadırlar. Ayrıca özellikle finansal tahmin problemlerinde gelir, kar veya fayda maksimizasyonu da amaç fonksiyonu olarak değerlendirilmektedir<sup>313</sup>.

Sigmoid aktivasyon fonksiyonu başta olmak üzere doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonları bir düğümün çıktısını [0,1] veya [-1,1] aralıklarına sınırlamaktadır. Çıktı düğümlerinden doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonları kullanıldığında istenen çıktı değerleri ağın gerçek çıktı değerlerine dönüştürülmelidir. Ayrıca Lapedes ve Farber'a göre çıktı düğümlerinde doğrusal aktivasyon fonksiyonları kullanılsa dahi girdiler gibi çıktılarında standardizasyonu hesaplama problemlerini bertaraf ettiğinden dolayı avantajlıdır<sup>314</sup>. Sharda ve Patil'e göre algoritma gerekliliklerini karşılamak için data normalizasyonu yapılmalıdır<sup>315</sup>. Srinivasan ve arkadaşlarına göre ise data normalizasyonu ağın öğrenme sürecini kolaylaştırmak

---

<sup>311</sup> R. Sharda ve R.B. Patil (1992), "*Connectionist Approach To Time Series Prediction: An Empirical Test*", Journal of Intelligent Manufacturing 3, ss. 317-323.

<sup>312</sup> C. De Groot ve D. Wurtz (1991), "*Analysis of Univariate Time Series With Connectionist Nets: A Case Study of Two Classical Examples*", Neurocomputing, Volume 3, Issue 4, ss. 177-192.

<sup>313</sup> Guoqiang Zhang vd. (1997), "*Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art*", International Journal of Forecasting, 14, ss. 48-49.

<sup>314</sup> A. Lapedes ve L. Farber (1988), "*How Neural Networks Work*", Neural Information Processing Systems, ss. 442-456.

<sup>315</sup> R. Sharda ve R.B. Patil (1992), "*Connectionist Approach to Time Series Prediction: An Empirical Test*", Journal of Intelligent Manufacturing 3, ss. 317-323.

için gereklidir<sup>316</sup>. Genellikle Data normalizasyonu genellikle eğitim sürecinden önce yapılmaktadır. Azof tarafından önerilen girdi normalizasyonu metodları aşağıda sunulmaktadır<sup>317</sup>:

- Kanal boyu normalizasyonu (along channel normalization): Bütün girdi vektörlerinde aynı yönde bir elemanlar kümesi kanal olarak belirlenir. Bu şekilde her kanal bağımsız girdi değişkeni olarak addedilmektedir. Eğer girdi vektörü matris şeklinde ise kanal normalizasyonu sütun sütun yapılır. Diğer bir deyişle, her girdi vektörü bireysel olarak normalize edilir.
- Kanala karşı normalizasyon (across channel normalization): Bu normalizasyon metodunda her girdi vektörü bağımsız olarak normalize edilir. Diğer bir deyişle, verideki bütün elemanlar normalize edilir.
- Karışık kanal normalizasyonu (mixed channel normalization): Bu metod kanal boyu ile kanala karşı normalizasyonların kombinasyonudur.
- Dış normalizasyon (external normalization): Eğitim verisinin bütünü belirli bir aralık dahilinde normalize edilir.

Normalizasyon metodunun seçiminin girdi vektörünün yapısına bağlı olmasına rağmen, zaman serisi tahmini problemlerinde sonucusu genellikle tek uygun metottur. Zaman serisindeki kanalların yapısının anlaşılması için aynı kaynağın gecikmeli verileri girdi değişkeni olarak kullanılabilir. Nedensel tahmin yöntemlerinde girdi değişkenleri birbirinden bağımsız olduklarından ve bağımlı değişkeni açıklamak için kullanıldıklarından dolayı, kanal boyu normalizasyon önerilmektedir. Aşağıdaki normalizasyon formülleri sıklıkla kullanılmaktadır<sup>318</sup>.

---

<sup>316</sup> D. Srinivasan vd. (1994), “*A Neural Network for Short-term Load Forecaster*”, Electric Power System Research 28, ss. 227-234.

<sup>317</sup> E.M. Azoff (1994), *Neural Network Time Series Forecasting of Financial Markets*, 1. Baskı, John Wiley and Sons, New York.

<sup>318</sup> Guoian Zhang vd. (1997), “*Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art*”, International Journal of Forecasting, 14, ss. 49-50.

[0,1] aralığı doğrusal dönüşümü:

$$x_n = \frac{x_0 - x_{min}}{x_{maks} - x_{min}} \quad (2.90)$$

[a,b] aralığı doğrusal dönüşümü:

$$x_n = \frac{(b-a)(x_0 - x_{min})}{(x_{maks} - x_{min})} + a \quad (2.91)$$

İstatistiksel normalizasyon

$$x_n = (x_0 - \bar{x})/s \quad (2.92)$$

Basit normalizasyon

$$x_n = \frac{x_0}{x_{maks}} \quad (2.93)$$

$x_n$  : normalize veri,

$x_0$  : orijinal veri,

$x_{min}$  : minimum,

$x_{max}$  : maksimum,

$\bar{x}$  : ortalama,

$s$  : standart sapma,

Çıktı değerlerinin normalizasyonu girdilerin normalizasyonundan farklı bir konudur. Buna karşılık zaman serisi tahminlerinde, çıktıların normalizasyonu girdilerle birlikte yapılmaktadır. Girdi ve çıktı değerlerinin normalizasyonunun hangi değerler arasında yapılacağı ise aktivasyon fonksiyonuna bağlıdır. Örneğin sigmoid fonksiyonu [0; 1] aralığında, hiperbolik tanjant fonksiyonu ise [-1; 1] aralığında tanımlıdır. Birçok araştırmacı veri setini [0,1; 0,9] aralığında veya [0,2; 0,8] aralığında yeniden ölçeklemektedir. Çünkü, doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonları sonsuz girdi değerlerinde ancak limitlerine ulaştıklarından dolayı, bu fonksiyonların asimtotik limitleri vardır.

Hedef değerlerin normalizasyonu sonucunda, ağız gözlenen çıktı değerleri normalizasyon aralığında oluşacaktır. Bundan dolayı değerlerin yorumlanabilmesi için değerler orijinal aralıklarına geri ölçeklenmelidir. Ayrıca performans ölçümleri



yeniden ölçeklendirilmiş verilere uygulanmalıdır. Zhang ve arkadaşları yazarların çoğunluğunun bu önemli konuyu atladığını iddia etmektedirler<sup>319</sup>.

YSA yönteminde eğitim (training sample) ve test (test sample) için örnek seti gerekmektedir. Eğitim verisi ile model geliştirilmektedir. Test verisi ile bu modelin tahmin edebilme yeteneği değerlendirilmektedir. Bu konu ile ilgili karar verilmesi gereken eğitim ve test verilerinin nasıl ayrılacağıdır. Bu ayrımın nasıl yapılacağına dair genel bir kural olmasa da, değerlendirilmesi gereken problemin yapısı, veri tipi ve veri büyüklüğü gibi faktörler vardır. Hem eğitim veri setinin ve hem de test veri setinin popülasyonu veya verinin altında yatan mekanizmayı anlamlı düzeyde temsil etmesi çok kritiktir. Bu konu zaman serisi tahmin problemlerinde daha da önem kazanmaktadır. Eğitim ve test verilerinin yanlış ayrılmaları hem YSA yapısı seçimini ve hem de tahmin performansının değerlendirilmesini etkileyecektir.

Eğitim ve test verisinin birbirinden nasıl ayrılacağı konusundaki akademik literatür son derece sınırlıdır. Yazarların çoğunluğu (%90,%10), (%80,%20) veya (%70,%30) gibi oranlar kullanmaktadırlar.

YSA'nın bir başka parametresi seçilecek örnek büyüklüğüdür. Örnek büyüklüğü için tanımlı bir kural olmamasına rağmen, eğitim için gerekli veri sayısı ağ yapısından, eğitim yönteminden, problemin karmaşıklığından ve verideki gürültü (noise) seviyesinden etkilenmektedir. Bütün istatistik modellerinde olduğu gibi YSA'da da gibi veri sayısının artması, tahminin isabet derecesini artırmaktadır. Buna karşılık gerçek hayatta ise örnek büyüklüğünü erişilebilir veri sayısı kısıtlamaktadır.

YSA yönteminin verideki deseni algılamak için geleneksel istatistiksel yöntemlere göre daha az veriye ihtiyaç duymaktadır. Kang'a göre Box-Jenkins yöntemi isabetli tahmin için en az 50 veriye ihtiyaç duyarken, YSA 50 verinin altında da başarılı sonuçlar vermektedir<sup>320</sup>.

YSA için eğitim süresi veya modelleme süresi gibi performans göstergeleri kullanılabilirse de, majör performans göstergesi tahmin doğruluğunun değerlendirilmesidir. Tahmin doğruluğunun değerlendirilmesinde herkesin kabul

---

<sup>319</sup> Guoian Zhang vd. (1997), "*Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art*", International Journal of Forecasting, 14, ss. 49-50.

<sup>320</sup> S. Kang (1991), "*An Investigation on the Use of Feedforward Neural Networks for Forecasting*", Doktora tezi, Kent State University.

ettiği bir parametre olmamasına rağmen, doğruluk ölçümleri genellikle gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki fark üzerinden yapılmaktadır. Makridakise göre bu fark üzerinden birçok farklı performans göstergesi belirlenebilir. En sık kullanılanlar aşağıda sunulmaktadır<sup>321</sup>:

- Ortalama mutlak sapma (MAD, mean absolute deviation),

$$MAD = \frac{\sum |e_t|}{N} \quad (2.94)$$

- Hata kareleri toplamı (SSE, sum of square errors),

$$SSE = \sum (e_t)^2 \quad (2.95)$$

- Hata kareleri ortalaması (MSE, mean square error),

$$MSE = \frac{\sum (e_t)^2}{N} \quad (2.96)$$

- Hata kareleri ortalamasının karekökü (RMSE, the root mean square error),

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (2.97)$$

- Ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE, mean absolute percentage error),

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{e_t}{y_t} \right| (100) \quad (2.98)$$

$e_t$  : t veri noktasının tahmin hatası,

$y_t$  : t veri noktasının gerçek gözlem değeri,

$N$  : hata terimleri sayısı,

Hata kareleri ortalaması (MSE) literatürde en yaygın kullanılan hata ölçüsüdür. Ancak MSE'nin farklı veri setleri üzerinde uygulanan istatistiksel yöntemlerin karşılaştırılmasındaki kullanımı tartışmalı bir konudur. MSE parametresinin YSA modelinin hesaplayacağı ağırlıkların sayısını ihmal ettiğinden dolayı, YSA yönteminde kullanılmasının uygun olmadığı yönünde görüşler mevcuttur. Genel istatistik yaklaşımına göre, bir modelde hesaplanan parametre sayısı arttıkça,

---

<sup>321</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, ss. 44, 173, 605.

modelin serbestlik derecesi azalmaktadır ve bundan dolayı eğitim verilerinde aşırı öğrenme (overfitting) problemi ortaya çıkmaktadır.



### 3 TÜRKiYE’DE BİNEK OTOMOBİLİ TALEBİNİN TAHMİNİ

“Türkiye’de Binek Otomobilinin Tahmini“ başlığı altında sunulan bu bölüm 1. ve 2. bölümlerde talep fonksiyonu ile talep tahmin yöntemleri konusunda teorik bilgilerin uygulamasını içermektedir. Teze orijinal olma niteliğini kazandıran bu bölüm, 2.2 Talep Tahmin Metodolojisi bölümünde sunulan Armstrong’un talep tahmin sürecine sadık kalınarak hazırlanmış olup aşağıda belirtilen alt başlıklardan oluşmaktadır.

- talep tahmin probleminin formülasyonu,
- verilerin toplanması,
- tahmin yönteminin uygulanması,
- tahmin sonuçlarının test edilerek değerlendirilmesi.

#### 3.1 TALEP TAHMİN PROBLEMİNİN FORMÜLASYONU

Bu başlık altında araştırmanın amacı, yararları, sınırları ve yapısı ile ilgili bilgiler sunulmaktadır<sup>322</sup>.

Araştırmanın amacı Türkiye’deki binek otomobili piyasasında gelecek beş yılı kapsayan yıllık binek otomobili talebini tahmin etmektir. İçinde yaşadığımız siyasal ve ekonomik süreçte ve bilhassa küreselleşmenin etkisi ile çevre faktörleri çok hızlı değişmekte, bu da uzun dönemde belirsizliğe sebep olmaktadır. Bu nedenle, daha sağlıklı olacağı düşünülerek orta vadeli (5 yıllık) talep tahmini yapılacaktır.

Binek otomobili sektörü Türkiye ekonomisi içerisinde önemli bir ağırlığa sahiptir. Bu sektörün ülke ekonomisi içindeki ağırlığını otomotiv sektörü ile birlikte incelediğimizde aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşmaktayız:

- Binek otomobilinin de dahil olduğu otomotiv sektörü sanayileşmiş ülkelerde ekonominin lokomotif sektörlerinden birisidir. Bu sektör

---

<sup>322</sup> Ahmet Hamdi İslamoğlu (2011), *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*, Gözden Geçirilmiş 2. Baskı, Beta Yayınları, İstanbul, ss. 45-69.

demir çelik, petrokimya gibi ülkenin ana sanayi kollarından önemli ölçüde girdi almaktadır<sup>323</sup>. Otomotiv sanayi Türkiye ekonomisi içerisinde önemli bir yere sahip olan otomotiv yan sanayiinin kurulmasını ve gelişmesini sağlayan bir sektördür. Bunun yanında otomotiv sanayi bu sektöre servis hizmeti veren alt sektörlerin gelişmesi açısından da sürükleyicidir.

- Otomotiv sanayi Türkiye ihracatında da önemli bir paya sahip bulunmaktadır. 1996 yılında 39,5 olan otomotiv sektörünün açıklanmış mukayeseli üstünlüğü 2011 yılında 306,2'ye yükselmiştir. Bu da uluslararası piyasada otomotiv sektörünün ciddi bir rekabet üstünlüğüne ulaştığını göstermektedir. Bu rakamlar otomobil dahil otomotiv sanayi mamullerinin Türkiye'nin çok önemli bir ihraç malı haline geldiklerinin göstergesidir<sup>324</sup>.
- Yaşadığımız dönemde bilginin üretimi, üretilen bilginin teknolojiye ve ürün geliştirmeye dönüşümü hızları giderek artmaktadır. Otomotiv sanayiinin Ar-Ge faaliyetlerine bakıldığında bu sektörün çağdaş gelişmelerin gerisinde kalmadığı söylenebilir. Örneğin 1995-209 yılları arasında 167 adedi ana sanayi ve 425 adedi yan sanayi olmak üzere birikimli olarak toplam 592 adet devlet destekli Ar-Ge projesi yürütülmüştür<sup>325</sup>.

Yukarıdaki sunulan bilgilerden de anlaşılacağı gibi otomotiv sanayi ve onun bir alt sektörü olan binek otomobili sanayi Türkiye ekonomisi açısından son derece önemli bir sektördür. Bu nedenle tezin uygulama alanı olarak Türkiye'de binek otomobili talebi seçilmiştir.

Binek otomobili talebi iki farklı modelle tahmin edilmektedir. Birinci modelde çoklu doğrusal regresyon yöntemi, ikinci modelde ise yapay sinir ağları yöntemi kullanılmaktadır. İki modelde de tezin birinci bölümünde binek otomobili talebi için belirlenmekte ve aşağıda sunulan talep fonksiyonu açıklayıcı değişkenlere dayanılarak oluşturulmaktadır. Ancak nüfus ile pazar büyüklüğü arasında ilişki

---

<sup>323</sup> *Onuncu Kalkınma Planı*, Otomotiv Sanayi Çalışma Grubu Raporu, 2014, s. 1.

<sup>324</sup> *Onuncu Kalkınma Planı*, Otomotiv Sanayi Çalışma Grubu Raporu, 2014, s. 30.

<sup>325</sup> *Türkiye Otomotiv Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı*, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, 2011, ss. 18-19.

olması ihtimali düşünülerek nüfus serisi de incemeleye alınmaktadır. Birinci model nedensel, geleneksel, doğrusal bir tahmin modelidir. İkincisi model ise yine nedensel esaslara dayanan, ancak doğrusal olmayan bir modeldir. Böylece geleneksel istatistiksel yöntemlerle çağdaş yöntemlerin bir karşılaştırması da yapılmaktadır. Bu açıklamalara ve tezin birinci bölümünde ifade edilen talep teorilerine dayanan talep fonksiyonu aşağıda sunulmaktadır. Parantez içinde ise fonksiyonun ilgili değişkenini temsil etmek için seçilen seriler takdim edilmektedir. Bu serilerin neden seçildikleri ise *Verilerin Toplanması* başlığı altında açıklanmaktadır.

$$T = f(P_1, P_2, M, S_1, S_2, i, N) \quad (3.01)$$

$P_1$  : binek otomobili fiyatı (reel USD kuru),

$P_2$  : akaryakıt fiyatı (benzin fiyatı),

$S_1$  : ülkenin tasarruf oranı (GSYH içindeki tasarruf payı),

$S_2$  : taşıt kredileri hacmi (taşıt kredileri hacmi),

$M$  : tüketici geliri (cari GSYH),

$i$  : tüketici kredileri faiz haddi (TCMB mevduat faiz oranı),

$N$  : nüfus (ülke nüfusu),

### 3.2 VERİLERİN TOPLANMASI

Bir önceki başlıkta sunulan talep fonksiyonu göz önünde bulundurulduğunda, araştırma için iki farklı kategoriye sahip veri setine ihtiyaç vardır. Bunlardan birincisi geçmiş yıllara ait binek otomobili talebi zaman serisi, ikincisi ise açıklayıcı değişkenlere ait zaman serileridir.

Türkiye’de 1960’lı yıllarda ithal ikamesi şeklinde başlayan otomotiv sanayi, 1970’li yıllarda aksam ve parça üretimine yönelik yerlileştirme ve otomobil üretimi aşamasına geçmiştir. 1980’li yıllarda ise kapasite ve teknoloji yatırımları yaparak, 1990’lı yıllardan itibaren ise küreselleşme sürecine girmiştir. 2000’li yıllarda ise

daha yüksek katma değer yaratan sürdürülebilir küresel rekabete sahip bir sektör haline gelmiştir<sup>326</sup>.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi 1960-1990 arasındaki binek otomobili sektörünün, ithal kısıtlamaları ve yurt içi üretim kısıtları sebepleriyle doymamış bir talebe sahip olduğu söylenebilir. Bu nedenle binek otomobiline ilişkin zaman serilerinin ve açıklayıcı değişkenlerin zaman serilerinin 1990'lı yıllardan itibaren alınması gerekmektedir.

Para ile ifade edilen açıklayıcı değişkenler enflasyonun etkisi altında olduğundan bunların reel değerlere dönüşümleri bir zorunluluktur. Reel dönüşümler için uygulamada iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi fiyat endeksi, ikincisi ise milli gelir deflatörüdür. Fiyat endeksini oluşturan mal sepeti araştırma dönemi içerisinde sıklıkla değiştiğinden dolayı bu endeks (örneğin 2005, 2008, 2012, 2013 yılları) süreklilik arz etmemektedir. Bu nedenle reel dönüşümlerde milli gelir deflatörü kullanılmaktadır.

Değişkenler metrik değerlerle ölçüleceğinden istatistiksel uygulamada bu anlamda sorun yaşanmamaktadır.

Verilerin istatistik çalışma için hazırlanması uygulama bölümünde yapılacaktır.

### **3.2.1 Binek Otomobili Talebi Zaman Serisi (Tahmin Edilecek Değişken)**

Günümüze kadar yapılmış olan binek otomobili talep tahminlerinde yıllık otomobil satış rakamlarının aynı zamanda o yıla ait binek otomobili toplam talebine eşit olduğu varsayılmıştır. Bu varsayımdan hareket edilerek binek otomobili satışları yıllar itibarıyla tespit edilmiştir.

---

<sup>326</sup> *Türkiye Otomotiv Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı*, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, 2011, ss. 7.



**Çizelge 3-1 Türkiye’de Binek Otomobili Satışları Zaman Serisi**

Zaman (Yıl)	Toplam Binek Otomobili Fiili Talebi (Adet)
1989	125,408
1990	232,942
1991	229,225
1992	318,660
1993	441,133
1994	229,163
1995	216,611
1996	239,716
1997	344,835
1998	315,588
1999	288,667
2000	466,726
2001	131,438
2002	90,615
2003	227,036
2004	451,209
2005	438,597
2006	373,219
2007	357,465
2008	305,998
2009	369,819
2010	509,784
2011	593,519
2012	556,280
2013	664,655
2014	587,331

(Kaynak: Onuncu Kalkınma Planı, Otomotiv Sanayi Çalışma Grubu Raporu, 2014, Dokuzuncu Kalkınma Planı Otomotiv Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara 2007, Sekizinci Kalkınma Planı, Karayolu Taşıtları İmalat Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 2001, OSD Aralık 2014 Raporu, Otomotiv Sanayicileri Derneği, İstanbul, 2014.)

### 3.2.2 Milli Gelir Deflatörü

Milli gelir deflatörü aşağıda sunulan formüle göre hesaplanmaktadır.

$$\text{Deflatör} = (\text{Cari GSYH}) / (\text{Sabit GSYH}) \quad (3.02)$$

**Çizelge 3-2 Milli Gelir Deflatörü**

Yıl	Sabit GSYH	Cari GSYH	Deflatör (Cari/Sabit)
1989	46416414000	227323900	0,490
1990	50717427000	393060200	0,775
1991	51082734000	630116900	1,234
1992	53655074000	1093368000	2,038
1993	57760366000	1981867100	3,431
1994	55064027000	3868429100	7,025
1995	59402118000	7762456100	13,068
1996	63785795000	14772110200	23,159
1997	68619268000	28835883200	42,023
1998	70203147160	70203147160	100,000
1999	67840569794	1,04596E+11	154,179
2000	72436398870	1,66658E+11	230,075
2001	68309352088	2,40224E+11	351,671
2002	72519831007	3,50476E+11	483,283
2003	76338192546	4,54781E+11	595,745
2004	83485590611	5,59033E+11	669,616
2005	90499730900	6,48932E+11	717,054
2006	96738320200	7,58391E+11	783,961
2007	1,01255E+11	8,43178E+11	832,731
2008	1,01922E+11	9,50534E+11	932,612
2009	97003114400	9,52559E+11	981,988
2010	1,05886E+11	1,0988E+12	1.037,723
2011	1,15175E+11	1,29771E+12	1.126,734
2012	1,17625E+11	1,4168E+12	1.204,504
2013	1,22476E+11	1,56518E+12	1.277,948
2014			1383,476

(Kaynak: World Development Indicators, <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>, 03.03.2015)

2014 deflatörü 9 aylık değerlerle tahmin edilmektedir.

### 3.2.3 Açıklayıcı Değişkenler

Yukarıdaki talep fonksiyonundan da anlaşılacağı gibi açıklayıcı değişkenler:

- P1 : binek otomobili fiyatı,  
P2 : akaryakıt fiyatı,  
S1 : ülkenin tasarruf oranı,  
S2 : tüketici kredileri hacmi,  
M : Tüketici geliri,  
i : tüketici kredileri faiz haddi  
N : Nüfustan oluşmaktadır.

Bu açıklayıcı değişkenleri ifade eden zaman serileri aşağıda sunulmaktadır.

#### 3.2.3.1 Mal fiyatı

Regresyon ve YSA başta olmak üzere istatistiksel yöntemler uç değerlerden etkilenmektedir. Binek otomobili yıllık cirolarının yıllık satış adetlerine bölünmesi ile elde edilecek ortalama fiyat da uç değerlerin etkilerini bünyesinde barındırmaktadır. Bu nedenle ortalama fiyat yerine fiyatın yönünü belirleyen döviz kurların, binek otomobili fiyatı yerine açıklayıcı değişken olarak tercih edilmektedir. Ancak bu konuda iki sorunla karşılaşılmaktadır. Birincisi Türk Lirası 1999 Ocak ayından itibaren altı sıfır atılarak yeniden değerlendirilmiştir. Bu nedenle 1999 yılı öncesine ait döviz kurları altı sıfır atılarak kullanılmaktadır.

Fiyat açıklayıcı değişkeni ile ilgili karar verilmesi gereken bir diğer konu da hangi döviz kurunun seçileceğidir. Bu konuda ABD Doları ve Avrupa Birliği para birimi Euro olmak üzere iki ana seçenekle karşılaşılmaktadır. Avrupa Birliği 1 Ocak 1999 tarihi itibarıyla Euro'yu para birimi olarak kabul ettiği için bu para biriminin fiyatların genel trendini gösteren para birimi olarak kabul edilmesi mümkün gözükmemektedir. Bu nedenle reel ABD Doları karşılığı TL değerlerinin binek otomobili fiyatlarının trendini göstereceği varsayılmıştır.

**Çizelge 3-3 Reel USD Satış Kuru Serisi**

ZMN Zaman (Yıl)	USD Doviz Satış Kuru (ort, nominal)	USD Doviz Satış Kuru (ort, reel)
1989	0,0021300	0,0010432
1990	0,0026100	0,0020228
1991	0,0041800	0,0051561
1992	0,0068900	0,0140402
1993	0,0110600	0,0379489
1994	0,0298500	0,2097061
1995	0,0459500	0,6004581
1996	0,0818000	1,8944008
1997	0,1528000	6,4211162
1998	0,2622300	26,2230000
1999	0,4221500	65,0866670
2000	0,6267100	144,1902831
2001	1,2313200	433,0193581
2002	1,5131000	731,2556630
2003	1,5002700	893,7777502
2004	1,4292000	957,0154499
2005	1,3472600	966,0578317
2006	1,4380100	1127,3438807
2007	1,3077900	1089,0369722
2008	1,2991500	1211,6028378
2009	1,5545300	1526,5292219
2010	1,5076000	1564,4707220
2011	1,6780600	1890,7278871
2012	1,8011400	2169,4809557
2013	1,9054300	2435,0407189
2014	2,1918000	3032,3026968

(Kaynak: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası, [www.tcmb.gov.tr](http://www.tcmb.gov.tr), 02.02.2015)

Reel döviz kuru nominal döviz kuru ile deflatör çarpımına eşittir.

### 3.2.3.2 Tamamlayıcı mal fiyatı

Binek otomobilinin tamamlayıcısı olan akaryakıt fiyatlarına ilişkin benzin ve mazot alternatifleri söz konusudur. Binek otomobilde ağırlıklı olarak benzin kullanıldığından dolayı, benzinin reel fiyatları tercih edilmektedir.

**Çizelge 3-4 Akaryakıt Fiyatları Serisi**

ZMN Zaman (Yıl)	Akaryakıt Fiyatı TL (nominal)	Akaryakıt Fiyatı TL (reel)
1989	0,001125	0,000551
1990	0,002449	0,001898
1991	0,004341	0,005355
1992	0,005768	0,011754
1993	0,008525	0,029251
1994	0,023890	0,167835
1995	0,039080	0,510683
1996	0,075660	1,752205
1997	0,100340	4,216589
1998	0,211100	21,110000
1999	0,530000	81,714873
2000	0,597200	137,400771
2001	1,245000	437,830215
2002	1,661000	802,733234
2003	1,775000	1057,446664
2004	2,290000	1533,421061
2005	2,580000	1849,998668
2006	2,750000	2155,892985
2007	3,050000	2539,828845
2008	2,750000	2564,682911
2009	3,650000	3584,254829
2010	3,880000	4026,364023
2011	4,310000	4856,225161
2012	4,650000	5600,945204
2013	4,810000	6146,930540
2014	4,240000	5865,938240

(Kaynak: Türkiye Petrolleri A.Ş.)

Reel akaryakıt fiyatı nominal fiyatla deflatörün çarpımına eşittir.

### **3.2.3.3 Tüketici geliri**

Türkiye’de yapılan talep çalışmalarında çoğunlukla tüketici gelirini temsil etmek üzere kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla kullanılmaktadır. Kişi başına gayri safi yurtiçi hasılaya ilişkin kullanılan zaman serileri aşağıda sunulmaktadır.

**Çizelge 3-5 Reel Kişi Başına GSYH Serisi**

ZMN Zaman (Yıl)	Kişi Başına GSYH (USD)	Kişi Başına GSYH (TL)	Kişi Başına Reel GSYH (TL)
1989	2632	4	2
1990	3639	7	6
1991	3577	11	14
1992	3695	20	40
1993	4116	35	120
1994	3008	67	472
1995	3781	133	1733
1996	4012	249	5755
1997	4120	478	20072
1998	4338	1145	114509
1999	3907	1680	259086
2000	4130	2638	606951
2001	3021	3748	1317932
2002	3492	5390	2604940
2003	4559	6897	4108891
2004	5764	8363	5600030
2005	7022	9579	6868880
2006	7586	11051	8663567
2007	9240	12133	10103250
2008	10438	13509	12598570
2009	8559	13371	13130075
2010	10067	15232	15806596
2011	10446	17763	20013761
2012	10504	19147	23062246
2013	10807	20888	26693575
2014	10507	23111	31973514

(Kaynak : World Development Indicators, <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>, 03.03.2015.)

### 3.2.3.4 Tasarruf

Hem kamu ve hem de özel sahişlar binek otomobili talebinde buldukları için toplam tasarruf oranı kullanılmaktadır. Aşağıda tasarruf oranı serisi sunulmaktadır.

**Çizelge 3-6 Tasarruf Oranı Serisi**

ZMN Zaman (Yıl)	TSRF Yurtiçi Tasarruflar / GSYH
1989	24
1990	25
1991	25
1992	24
1993	25
1994	25
1995	25
1996	22
1997	23
1998	24
1999	20
2000	18
2001	18
2002	19
2003	16
2004	16
2005	16
2006	17
2007	16
2008	17
2009	13
2010	14
2011	14
2012	15
2013	13
2014	15

(Kaynak : Ümit ÖZLALE ve Alper Karakurt, Türkiye’de Tasarruf Açığının Nedenleri ve Kapatılması için Politika Önerileri.)



### 3.2.3.5 Borçlanma

Aşağıda taşıt kredileri tutarı serisi sunulmaktadır. Reel taşıt kredisi hacmi nominal tutar ile deflatör çarpımına eşittir.

**Çizelge 3-7 Taşıt Kredileri Hacmi Serisi**

ZMN Zaman (Yıl)	KRED Taşıt Kredisi (TL)	KREDI Deflate (TL)
1989	212000	103827
1990	1059000	820725
1991	2273000	2803796
1992	6721000	13695865
1993	21400000	73427436
1994	21497000	151023499
1995	54730000	715192045
1996	118539000	2745236884
1997	340318000	14301187385
1998	469628000	46962800000
1999	447154000	68941758832
2000	2339508000	538262228043
2001	286010000	100581381455
2002	1198317000	579126358000
2003	4688961000	2793423192694
2004	8456515000	5662619302412
2005	6836119000	4901864746582
2006	5372913000	4212154708141
2007	5178416000	4312226336991
2008	5030000000	4691038197362
2009	4863000000	4775405818006
2010	7780000000	8073482500258
2011	8036000000	9054437446062
2012	7376000000	8884424047738
2013	11135000000	14229952506919
2014	7098000000	9819912648000

(Kaynak : Türkiye Bankalar Birliği, Tüketici Kredisi Raporları, 1989-2014.)

### 3.2.3.6 Faiz oranı

Taşıt kredisi faiz oranını belirten bir seri bulunmadığından dolayı TCMB mevduat faiz oranı bu seriyi temsilen kullanılmaktadır. Aşağıda bu seri sunulmaktadır. Reel faiz oranı aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$\text{Reel faiz} = (1 + \text{Nominal Faiz}) / (1 + \text{Enflasyon})$$

**Çizelge 3-8 TCMB Mevduat Faizi Oranı Serisi**

ZMN Zaman (Yıl)	MEVD TCMB Mevduat Faiz Oranı (%)	Reel TCMB Mevduat Faizi Oranı (%)	ENF Enflasyon Oranı (%)
1989	84	12	64
1990	59	-1	60
1991	59	-7	71
1992	73	4	66
1993	74	2	71
1994	75	-23	126
1995	96	11	76
1996	92	7	80
1997	94	-3	99
1998	97	16	70
1999	96	16	69
2000	47	6	39
2001	46	-14	69
2002	63	25	30
2003	48	25	18
2004	29	18	9
2005	22	13	8
2006	20	10	10
2007	24	14	8
2008	21	10	10
2009	26	18	7
2010	16	9	6
2011	13	2	10
2012	9	2	6
2013	9	2	7
2014	9	1	8

(Kaynak : Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası)

### 3.2.4 Nüfus

Aşağıda Nüfus serisi sunulmaktadır.

**Çizelge 3-9 Nüfus Serisi**

ZMN Zaman (Yıl)	Nüfus
1989	54192
1990	55120
1991	56055
1992	56986
1993	57913
1994	58837
1995	59756
1996	60671
1997	61582
1998	62464
1999	63364
2000	64252
2001	65133
2002	66008
2003	66873
2004	67723
2005	68566
2006	69395
2007	70215
2008	71095
2009	72050
2010	73003
2011	73058
2012	73997
2013	74932
2014	75962

(Kaynak : Türkiye İstatistik Kurumu, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), 02.02.2015)

### 3.3 ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON UYGULAMASI

Korelasyon testi sonucunda seçilen ve çoklu regresyon yönteminde kullanılacak veriler aşağıda sunulmaktadır. Bu çizelgenin kaynakları veri toplama bölümünde sunulmaktadır. Kesirli değerler mümkün olduğunca verilmektedir.

**Çizelge 3-10 Doğrusal Çoklu Regresyon Verileri**

ZMN Zaman (Yıl)	OTO Toplam Binek (Adet)	USD Doviz Satış Kuru (ort, reel)	Akaryakıt Fiyatı TL (reel)	KREDİ Reel Taşıtl Kredileri (TL)	Kişi Başına GSYH (TL)	TSRF Yurtiçi Tasarruflar / GSYH	MEVD TCMB Mevduat Faiz Oranı (%)	Nüfus
1989	125408	0,001	0,001	103827	2	24	84	54192
1990	232942	0,002	0,002	820725	6	25	59	55120
1991	229225	0,005	0,005	2803796	14	25	59	56055
1992	318660	0,014	0,012	13695865	40	24	73	56986
1993	441133	0,038	0,029	73427436	120	25	74	57913
1994	229163	0,210	0,168	151023499	472	25	75	58837
1995	216611	0,600	0,511	715192045	1733	25	96	59756
1996	239716	1,894	1,752	2745236884	5755	22	92	60671
1997	344835	6,421	4,217	14301187385	20072	23	94	61582
1998	315588	26,223	21,110	46962800000	114509	24	97	62464
1999	288667	65,087	81,715	68941758832	259086	20	96	63364
2000	466726	144,190	137,401	538262228043	606951	18	47	64252
2001	131438	433,019	437,830	100581381455	1317932	18	46	65133
2002	90615	731,256	802,733	579126358000	2604940	19	63	66008
2003	227036	893,778	1057,447	2793423192694	4108891	16	48	66873
2004	451209	957,015	1533,421	5662619302412	5600030	16	29	67723
2005	438597	966,058	1849,999	4901864746582	6868880	16	22	68566
2006	373219	1127,344	2155,893	4212154708141	8663567	17	20	69395
2007	357465	1089,037	2539,829	4312226336991	10103250	16	24	70215
2008	305998	1211,603	2564,683	4691038197362	12598570	17	21	71095
2009	369819	1526,529	3584,255	4775405818006	13130075	13	26	72050
2010	509784	1564,471	4026,364	8073482500258	15806596	14	16	73003
2011	593519	1890,728	4856,225	9054437446062	20013761	14	13	73058
2012	556280	2169,481	5600,945	8884424047738	23062246	15	9	73997
2013	664655	2435,041	6146,931	14229952506919	26693575	13	9	74932
2014	587331	3032,303	5865,938	9819912648000	31973514	15	9	75962

Yukarıdaki veriler korelasyon testinde önemli bulunan verilerden seçilmiştir. Kolon sıralamaları korelasyon büyüklüğü ve önemliliklerine göre yapılmıştır. Aşağıda bu verilerin korelasyon testi sonuçları sunulmaktadır.

### Çizelge 3-11 Korelasyon Testi Sonuçları

<i>Zaman Serileri</i>	<i>Korelasyon Değerleri</i>
ZMN Zaman (Yıl)	
OTO Toplam Binek (Adet)	<b>1,00</b>
USD Doviz Satış Kuru (ort, nominal)	<b>0,55</b>
USD Doviz Satış Kuru (ort, reel)	<b>0,72</b>
Kişi başına GSYH (USD)	<b>0,772</b>
Kişi başına GSYH (TL)	<b>0,740</b>
Kişi başına Reel GSYH (TL)	<b>0,770</b>
TSRF Yurtiçi Tasarruflar / GSYH	<b>-0,59</b>
KRED Taşıt Kredisi Hacmi (TL)	<b>0,79</b>
KREDI Reel Taşıt Kredisi Hacmi (TL)	<b>0,82</b>
MEVD TCMB Mevduat Faiz Oranı (%)	<b>-0,66</b>
Reel TCMB Mevduat Faizi Oranı (%)	<b>-0,06</b>
ENF Enflasyon Oranı (%)	<b>-0,57</b>
Akaryakıt Fiyatı TL (nominal)	<b>0,71</b>
Akaryakıt Fiyatı TL (reel)	<b>0,78</b>
Nüfus	<b>0,68</b>

Yukarıdaki korelasyon testlerinden çıkan en ilginç sonuç nominal mevduat faiz oranlarıyla -0,66 olan korelasyonun, reel faiz oranlarında

-0,06'ya düşmesidir. Faiz ve binek otomobili satışları arasında negatif korelasyon bulunması beklenen bir durumdur. Ancak nominal faiz oranlarında bulunan bu negatif korelasyonun, reel faiz oranlarında korelasyonsuzluğa dönüşmesi son derece düşündürücüdür. Bu durum tezin birinci bölümünde *İrrasyonel Tüketici*

*Davranışlarını İnceleyen Çağdaş Talep Teorileri* başlığı altında sunulan Daniel Kahneman ve Amos Tversky'nin Prospect teorisinde bulunan tüketim hatalarının, diğer bir deyişle tüketicilerin bilgi eksikliği sebebiyle rasyonel olmayan tüketim kararları vermelerinin tipik bir örneğidir. Türkiye halkı faizden haberdardır ve binek otomobili tüketimini yaparken faiz oranlarını değerlendirmektedir. Ancak nominal ve enflasyondan arındırılmış reel faiz kavramlarından bihaberdir. Nitekim -0,06 gibi hesaplama hatası olup olmadığını dahi düşündürüp, hesaplamaların tekrar yapılmasına neden olacak kadar sıfıra yakın bir korelasyon bu durumun açık delilidir. Prospect teorisinde açıklanan irrasyonel tüketici davranışlarına ve bu delile dayanarak regresyon denkleminde reel yerine nominal mevduat faiz oranı alınmıştır.

İdeal regresyon denklemi kurulması için en iyi alt küme tekniği (best subset technique<sup>327</sup>) ve adım adım regresyon tekniği (stepwise regression<sup>328</sup>) önerilmektedir. Bu çalışmada ideal regresyon denklemi, en iyi alt küme tekniğine göre oluşturulmuştur. Bu tekniğe göre başlangıçta bütün seriler değerlendirilmeye alınmaktadır. Daha sonra ideal regresyon denkleminde ulaşmak için düzeltilmiş R<sup>2</sup> değerleri incelenmektedir. Bu inceleme sonucunda en iyi düzeltilmiş R<sup>2</sup> değerine ulaşana kadar korelasyonu düşük seriler elenmektedir. Çoklu regresyon bölümünde detaylı olarak ifade edildiği gibi, R<sup>2</sup> değeri regresyon denkleminde yeni seriler eklendikçe her zaman artmaktadır. Çünkü R<sup>2</sup> değeri serbestlik derecesinden bağımsızdır. Düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri ise yeni seriler eklendikçe, korelasyonun etkisiyle artmakla birlikte, serbestlik derecesinden dolayı da azalmaktadır. Bu şekilde, ideal regresyon denkleminde ulaşmayı sağlamaktadır.

İdeal regresyon denklemi ile ilgili ifade edilmesi gereken bir başka husus ise bu denkleme eklenebilecek maksimum açıklayıcı değişken sayısıdır. Kabul görmüş bir yaklaşıma göre açıklayıcı değişken sayısının minimum 5 katı, ideal durumda ise 20 katı veri ile çalışma yapılmalıdır<sup>329</sup>. Bu yaklaşıma göre Türkiye'de regresyon yöntemi ile ekonometrik çalışma yapma imkanı son derece kısıtlıdır. 1980 öncesi ekonomi kapalı olduğundan bu veriler genellikle doymamış talep verileridir. Bundan

---

<sup>327</sup> Sypros Makridakis vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi, ss. 274-285.

<sup>328</sup> Syprus Makridakis vd. (2012), *a.g.e.*, ss. 285-287.

<sup>329</sup> Sheridan J. Coakes vd. (2006), *SPSS V 13.0 for Windows: Analysis Without Anguish*, John Wiley & Sons, Milton, s. 133.

dolayı kullanılmaları uygun değildir. A.B.D.’de yapılan çalışmalarda ise 2. Dünya Savaşı sonrası veriler anlamlı olarak kullanılabilir ki 1949 sonrası yıllık olarak 65 veri bulunmaktadır. Türkiye ekonomisinin liberasyonu ancak 1985’lerde gerçekleşmeye başlamıştır. Buna göre çalışmaya alınabilecek en fazla 30 veri bulunmaktadır. Bu tezde 1989 ve sonrası olmak üzere çalışmaya 25 veri ancak alınabilmiştir. 25 veri ile regresyon denkleminin en fazla 5 açıklayıcı değişken alınması anlamlıdır. Yukarıda sunulan çizelgede ilk iki kolonu oluşturan zaman ve binek otomobil sayısı dışındaki 7 açıklayıcı değişkenden en fazla 5 tanesinin çalışmaya alınması, regresyon denkleminin düzeltilmiş  $R^2$  ile birlikte ikinci önemli kısıttır.

İlk regresyon denkleminin yedi kolonda bulunan bütün veriler alınmıştır. Aşağıda bu denklemin excel çıktısı sunulmaktadır.



**Çizelge 3-12 İlk 7 Açıklayıcı Değişkenli Regresyon**

<i>Regresyon İstatistikleri</i>						
Çoklu R	0,877037					
R Kare	0,769195					
Düz. R Kare	0,674157					
Standart Hata	85028,48					
Gözlem	25					
ANOVA						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılı k F</i>	
Regresyon	7	4,1E+11	5,85E+10	8,093588	0,000219	
Fark	17	1,23E+11	7,23E+09			
Toplam	24	5,33E+11				
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>
Kesişim	295576,7	1154991	0,255913	0,801089	-2141241	2732394
0,001043	-352,413	168,5668	-2,09064	0,05189	-708,058	3,231523
0,000551	-44,8041	71,06771	-0,63044	0,536789	-194,744	105,1357
103826,8	4,14E-08	1,68E-08	2,469232	0,024437	6,02E-09	7,68E-08
2,097992	0,032614	0,020608	1,582565	0,131946	-0,01087	0,076093
24,38312	-4741,66	19935,13	-0,23785	0,814837	-46801,1	37317,78
83,9	-600,062	1378,322	-0,43536	0,668781	-3508,07	2307,945
54192	2,576112	13,35802	0,192851	0,849361	-25,6068	30,75907

Yukarıdaki çizelgede düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0,67'dir. Daha iyi bir değer için yedinci kolon denklemden çıkarılarak yeniden yapılan hesaplamının sonucu aşağıda sunulmaktadır.

**Çizelge 3-13 İlk 6 Açıklayıcı Değişkenli Regresyon**

<i>Regresyon İstatistikleri</i>						
Çoklu R	0,876749					
R Kare	0,76869					
Düz R Kare	0,691586					
Standart Hata	82723,17					
Gözlem	25					
ANOVA						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>	
Regresyon	6	4,09E+11	6,82E+10	9,969587	6,54E-05	
Fark	18	1,23E+11	6,84E+09			
Toplam	24	5,33E+11				
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>
Kesişim	511480,6	276279,2	1,851318	0,080602	-68960,4	1091922
0,001043	-352,1	163,989	-2,14709	0,045658	-696,628	-7,57185
0,000551	-44,9662	69,13607	-0,6504	0,523649	-190,216	100,2833
103826,8	4,1E-08	1,62E-08	2,531313	0,0209	6,98E-09	7,51E-08
2,097992	0,033499	0,019546	1,713822	0,10373	-0,00757	0,074564
24,38312	-7744,37	12111,65	-0,63941	0,530607	-33190	17701,27
83,9	-492,912	1227,178	-0,40166	0,692661	-3071,12	2085,294

Yeni regresyon denkleminde serbestlik derecesinden dolayı düzeltilmiş  $R^2$  değeri 0,69'a yükselmiştir. Daha iyi bir değer için son kolon çıkarılarak ilk 5 kolon ile oluşturulan denklemin çıktısı aşağıda sunulmaktadır.

**Çizelge 3-14 İlk 5 Açıklayıcı Değişkenli Regresyon**

<i>Regresyon İstatistikleri</i>						
Çoklu R	0,875566					
R Kare	0,766616					
Düz. R Kare	0,7052					
Standart Hata	80876,85					
Gözlem	25					
ANOVA						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>	
Regresyon	5	4,08E+11	8,16E+10	12,48221	1,84E-05	
Fark	19	1,24E+11	6,54E+09			
Toplam	24	5,33E+11				
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>
Kesişim	502262,6	269179,3	1,865904	0,07757	-61136,1	1065661
0,001043	-341,243	158,136	-2,15791	0,043944	-672,226	-10,2607
0,000551	-42,7715	67,38158	-0,63477	0,533151	-183,803	98,25978
103826,8	4,2E-08	1,57E-08	2,672662	0,01505	9,1E-09	7,48E-08
2,097992	0,032547	0,018969	1,715808	0,102459	-0,00716	0,07225
24,38312	-8975,58	11455,82	-0,7835	0,442994	-32952,9	15001,73

İlk beş kolonla oluşturulan regresyon denkleminin düzeltilmiş  $R^2$  değeri yine serbestlik derecesinin dominant etkisiyle 0,7052'ye yükselmiştir. Daha iyi bir denklem için ilk dört kolonla oluşturulan denklemin çıktısı aşağıda sunulmaktadır.

**Çizelge 3-15 İlk 4 Açıklayıcı Değişkenli Regresyon**

<i>Regresyon İstatistikleri</i>						
Çoklu R	0,87125					
R Kare	0,759076					
Düz. R Kare	0,710891					
Standart Hata	80092,31					
Gözlem	25					
ANOVA						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>	
Regresyon	4	4,04E+11	1,01E+11	15,75344	5,66E-06	
Fark	20	1,28E+11	6,41E+09			
Toplam	24	5,33E+11				
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>
Kesişim	292236,2	24247,85	12,05204	1,26E-10	241656,1	342816,3
0,001043	-245,016	98,64665	-2,48377	0,021981	-450,789	-39,2426
0,000551	-19,2707	59,75198	-0,32251	0,750413	-143,911	105,3698
103826,8	4,34E-08	1,54E-08	2,813237	0,010738	1,12E-08	7,56E-08
2,097992	0,021146	0,012051	1,754742	0,094612	-0,00399	0,046284

İlk dört değişkenle kurulan regresyon denkleminde küsüratla olsa da bir gelişme sağlanmıştır. Düzeltilmiş  $R^2$  değeri 0,7108'e ulaşmıştır. Daha iyi bir denklem için ilk üç değişkenle kurulan regresyon denkleminin çıktısı aşağıda sunulmaktadır.

**Çizelge 3-16 İlk 3 Açıklayıcı Değişkenli Regresyon**

<i>Regresyon İstatistikleri</i>						
Çoklu R	0,849697					
R Kare	0,721984					
Düz. R Kare	0,682268					
Standart Hata	83963,55					
Gözlem	25					
ANOVA						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>	
Regresyon	3	3,84E+11	1,28E+11	18,17845	4,76E-06	
Fark	21	1,48E+11	7,05E+09			
Toplam	24	5,33E+11				
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>
Kesişim	276478,3	23612,31	11,70907	1,14E-10	227373,8	325582,7
0,001043	-160,565	90,27225	-1,77868	0,089774	-348,297	27,16596
0,000551	47,03623	48,52354	0,969349	0,343404	-53,874	147,9464
103826,8	3,97E-08	1,6E-08	2,478475	0,021766	6,39E-09	7,31E-08

Açıklayıcı değişken sayısı üçe indirildiğinde düzeltilmiş  $R^2$  değeri 0,68'e düşmüştür. Artık serbestlik derecesinin etkisi korelasyona göre daha dominant değildir. Bundan dolayı değişken sayısının daha fazla azaltılması denklemi iyileştirmeyecektir. En iyi regresyon denklemi USD Doviz Satış Kuru, Reel Akaryakıt Fiyatı, Reel Taşıt Kredileri Hacmi ve Reel Kişi Başına Düşen Gayri Safi Yurt İçi Hasıla olmak üzere 4 seri kullanılarak oluşturulmaktadır. Buna göre Türkiye'de binek otomobili talebinin fonksiyonu aşağıda sunulmaktadır:

$$\text{Binek Otomobili Talebi} = 276478,3 - 245,02(\text{USD Doviz Satış Kuru}) - 19,27(\text{Reel Akaryakıt Fiyatı}) - 4,34(\text{Deflate Taşıt Kredileri Hacmi}) - 0,02(\text{Deflate Kişi Başına GSYH})$$

Türkiye’de en yaygın kullanılan program olan Microsoft Excel ile regresyon denklemleri oluşturulurken dikkat edilmesi gereken bir detay ise bu programın sabit katsayının sıfır olarak seçilmesiyle hesapladığı düzeltilmiş  $R^2$  değerinin yanıltıcı olmasıdır. Excel programının bütün versiyonları sabit katsayı sıfır seçildiği zaman düzeltilmiş  $R^2$  değerini yanlış hesaplamaktadır. Örneğin aşağıda en iyi dört seri olan ilk dört kolon kullanılarak ve sabit katsayı sıfır seçilerek oluşturulan regresyon denkleminin çıktısı aşağıda sunulmaktadır. Bu çıktıya göre düzeltilmiş  $R^2$  değeri 0,90 olarak görülmektedir. Ancak bu hesaplama yanlıştır. Bazı çalışmalarda bilinçsizce yapılan bu yanlışın sebebi dipnotta sunulan linkte detaylı olarak açıklanmaktadır<sup>330</sup>.

---

<sup>330</sup> You will Receive an Incorrect R-squared Value in the Chart Tool in Excel, <http://support.microsoft.com/kb/829249/en-us>, 02.03.2015.

**Çizelge 3-17 İlk 4 Değişkenli ve Sabit Katsayının Sıfır Seçildiği Regresyon**

**Denklemleri**

<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
Çoklu R	0,983449
R Kare	0,967171
Düz. R Kare	0,900673
Standart Hata	82791,85
Gözlem	25

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
Regresyon	7	3,63E+12	5,19E+11	75,75673	1,43E-11
Fark	18	1,23E+11	6,85E+09		
Toplam	25	3,76E+12			

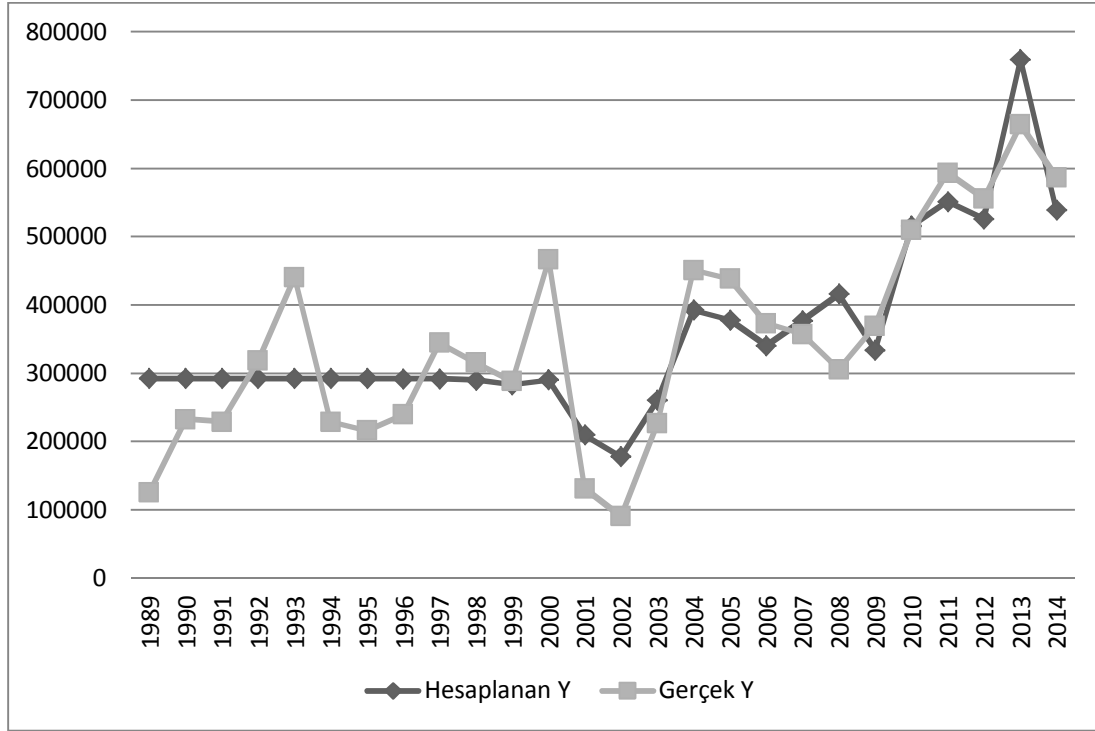
  

	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>
Kesişim	0	#YOK	#YOK	#YOK	#YOK	#YOK
0,001043	-344,322	161,2198	-2,13573	0,046694	-683,032	-5,61196
0,000551	-42,5702	68,67434	-0,61989	0,543102	-186,85	101,7092
103826,8	4,2E-08	1,62E-08	2,594978	0,018291	7,99E-09	7,59E-08
2,097992	0,030481	0,018351	1,660946	0,114043	-0,00807	0,069035
24,38312	-143,797	8410,661	-0,0171	0,986547	-17813,9	17526,35
83,9	-731,291	1245,728	-0,58704	0,564469	-3348,47	1885,887
54192	5,889659	3,197953	1,841696	0,082059	-0,82899	12,60831

USD Döviz Satış Kuru, Reel Akaryakıt Fiyatı, Reel Taşıt Kredileri Hacmi ve Reel Kişi Başına Düşen Gayri Safi Yurt İçi Hasıla olmak üzere dört seri ile kurulan en iyi regresyon denkleminin düzeltilmiş  $R^2$  değeri 0,71'dir. Buna göre regresyon denklemi binek otomobil talebinin %71'ini açıklayabilmektedir. Ancak bu denklemin

doğruluğunun teyidi için artık grafikleri başta olmak üzere bazı incelemelerin yapılması gerekmektedir.

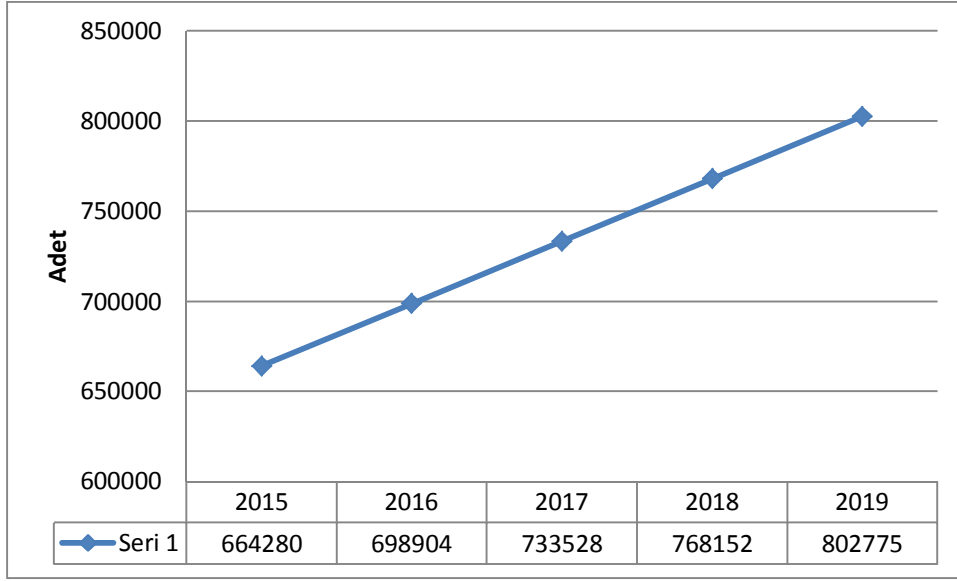
Aşağıdaki grafikte gerçek binek otomobili satış adetleri ile hesaplanan binek otomobili satış adetlerinin grafiği sunulmaktadır.



**Grafik 3-1Çoklu Regresyon Binek Otomobili Gerçek & Tahmin Karşılaştırılması**

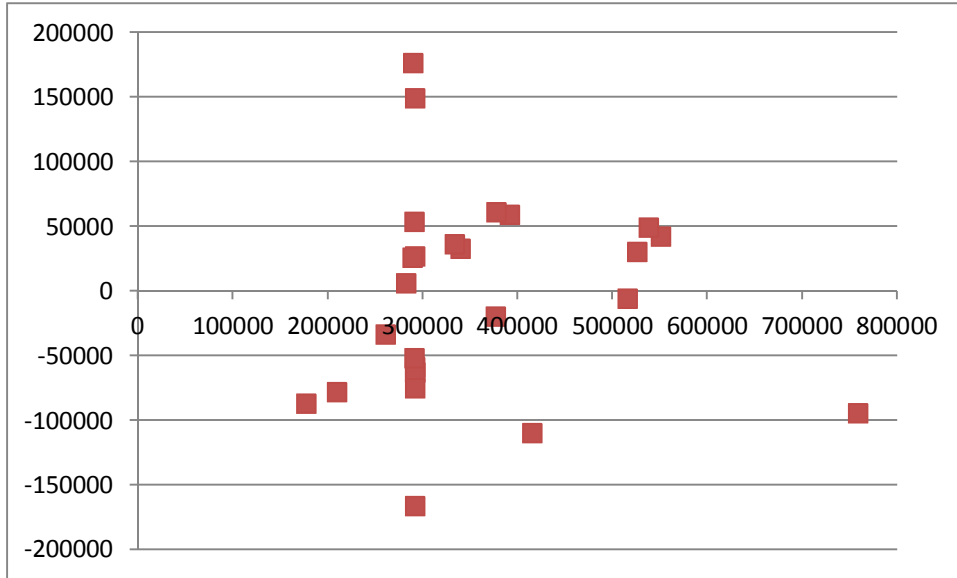
Ekte verilen açıklayıcı değişken tahminlerine göre, Türkiye’de binek otomobili talebi 2015-2019 döneminde aşağıdaki grafikte görüldüğü gibi tahmin edilmektedir.



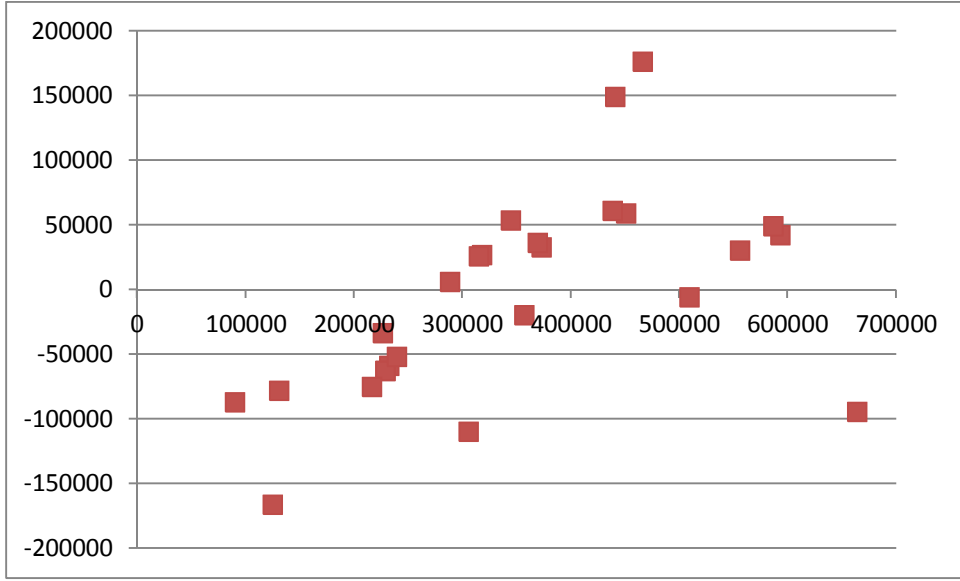


**Grafik 3-2 Çoklu Regresyon Tahmin Sonuçları**

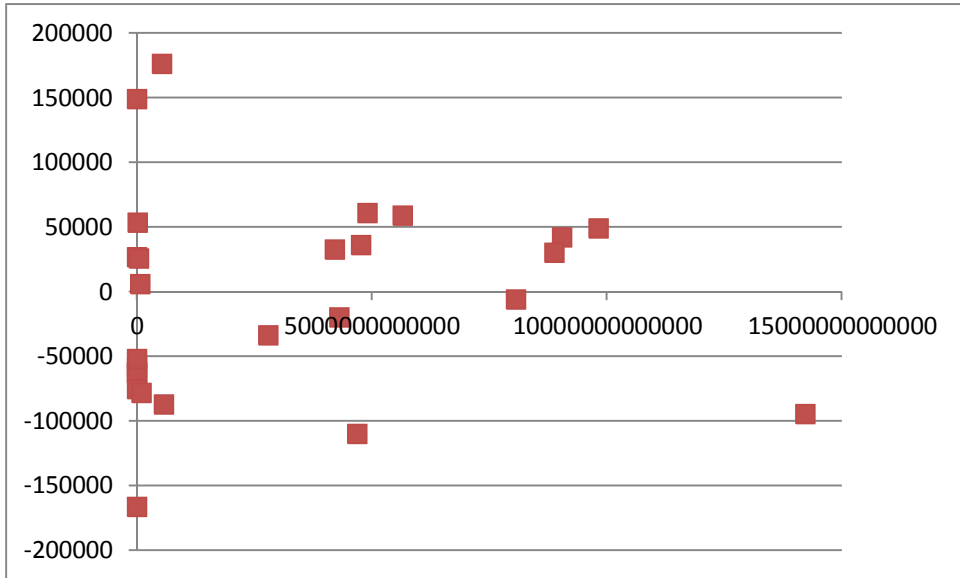
Tezin ikinci bölümünde çoklu regresyon başlığı altında ifade edildiği gibi artık grafikleri regresyon denklemin varsayımların incelenmesi için etkin bir değerlendirme sağlamaktadır. Aşağıda artık terimlerin grafikleri sunulmaktadır. Hata terimi y ekseninde, diğerleri ise x ekseninde gösterilmektedir.



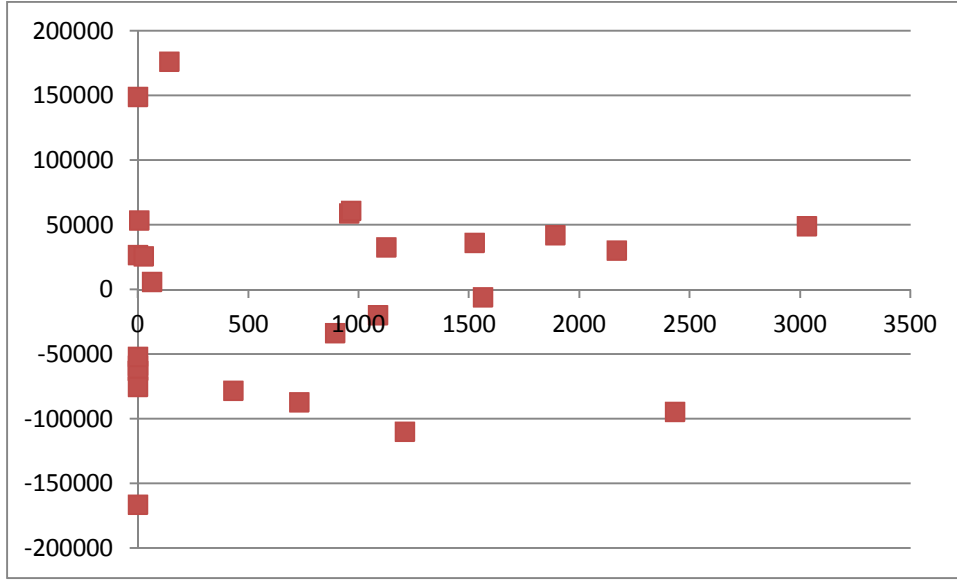
**Grafik 3-3 Hata Terimi & Hesaplanan Y**



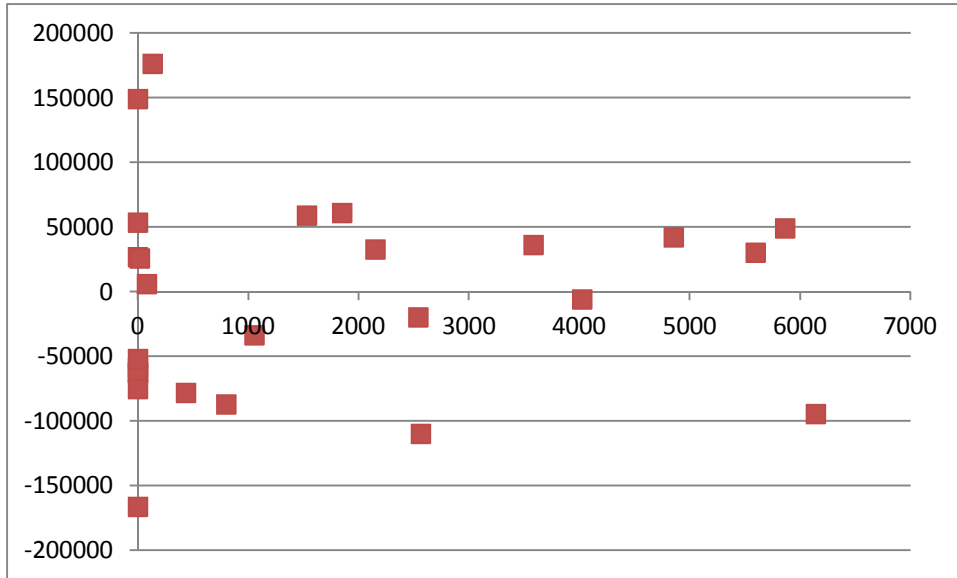
**Grafik 3-4 Hata Terimi & Gerçek Y**



**Grafik 3-5 Hata Terimi & Taşıt Kredileri Hacmi**



**Grafik 3-6 Hata Terimi & USD Kuru**



**Grafik 3-7 Hata Terimi & Akaryakit**

Yukarıda sunulan artık grafiklerinden özellikle gerçek Y ve hesaplanan Y grafiklerinde  $\cap$  tipi bir eğrisel ilişki göze çarpmaktadır. Eğrisel ilişkinin varlığı aslında beklenen bir durumdur. Ekonometrik modellerde çoklu doğrusal regresyon yönteminin kullanılmasının sakıncaları vardır. Birinci olarak ekonometrik seriler birbirlerine bağımlıdır. GYSH, GSMH, döviz kurları, faizler, çeşitli fiyatlar, tasarruflar ve krediler başta olmak üzere ekonomik serilerin birbirlerinden bağımsız

olması varsayımı gerçekçi değildir. Çoklu regresyon yöntemi açıklayıcı değişkenleri oluşturacak bu serilerin birbirlerinden bağımsız olduğunu varsaymaktadır. Bu varsayımın tam olarak sağlandığı bir model kurmak nerdeyse imkansızdır. İkinci olarak bu serilerin bağımlı değişkenle, diğer bir deyişle tahmin edilecek değişkenle eğrisel bir ilişkisinin bulunmaması gerekmektedir. Ekonomik serilerin formülleri değerlendirildiğinde, bağımlı değişken ve açıklayıcı değişkenler arasında üssel veya logaritmik ilişkilerin bulunması muhtemel gözükmemektedir. Bu sebeplerden dolayı geleneksel doğrusal yöntemlerle ekonometrik modellerin kurulması sakıncalıdır. Ekonometrik modellerin kurulması için eğrisel ve modern yöntemlere ihtiyaç vardır. Bu yüzden bu tezde çoklu regresyon yöntemine alternatif olarak yapay sinir ağı yöntemi ile de tahmin yapılmaktadır.

Çoklu regresyon yöntemi ile elde edilen talep fonksiyonunda dikkati çeken bir husus, kişi başına düşen reel GSYH ile otomotiv talebi arasında 0,77 gibi yüksek ve pozitif bir korelasyon bulunmasına rağmen, talep fonksiyonundaki kişi başına düşen reel GSYH katsayısının -0,22 olmasıdır. Bu tutarsızlığın nedeni regresyon uygulamasının şartların ideal olarak sağlanmaması gösterilebilir. Çoklu regresyon yönteminde açıklayıcı değişkenler arasında korelasyon bulunması istenmeyen bir durumdur. Çünkü çoklu regresyon denklemi açıklayıcı değişkenlerin değerlerinin belirli katsayılar ile toplanması sonucu tahmin edilecek değişkenin elde edilmesine dayanır. Talep fonksiyonundan açıklayıcı değişkenlerin birbirini ile çarpılması, bölünmesi gibi işlemlerle elde edilen elemanlar bulunmadığından, çoklu regresyon yöntemi açıklayıcı değişkenler arası korelasyonları sağlıklı şekilde modelleyemez. Sonuç olarak pozitif korelasyon varken negatif katsayılar olması gibi tutarsız sonuçlar ortaya çıkar. Bu durumda bu açıklayıcı değişkenin talep fonksiyonundan çıkarılmasını değerlendirilmelidir. Ancak en iyi alt küme tekniği ile elde edilen 0,71 düzeltilmiş  $R^2$  değeri, bu açıklayıcı değişken çıkarıldığında 0,70'in altına düşmektedir. Bu yüzden denklemde bırakılması tercih edilmiştir. Bu durumun uzun vadeli tahminlerde hataya sebep olması da beklenir. Talep fonksiyonunu oluşturan ekonometrik serilerin birbirleri ile korelasyonsuz olması beklenemez. Bundan dolayı regresyonun ekonometrik modellerde kullanım alanı son derece sınırlıdır.

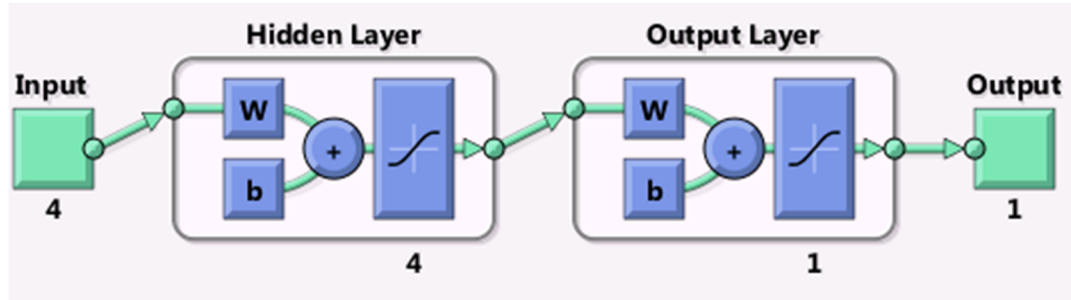
### 3.4 YAPAY SİNİR AĞLARI UYGULAMASI

Yapay Sinir Ağları yöntemi ile binek otomobili tahmininden önce Reel USD Doviz Satış Kuru, Reel Kişi Başına GSYH, Reel Taşıtların Kredileri Hacmi ve Reel Akaryakıt Fiyatı serileri tahmin edilmektedir. Bu tahmin verileri binek otomobili tahmin modelinde girdi olarak kullanılmaktadır. Zaman serisi regresyonu ile yapılan tahminler Ek 2, 3, 4, 5 ve 6'da sunulmaktadır.

Tahminler yapıldıktan sonra ikinci aşama verilerin yapay sinir ağları uygulamasına hazırlanmasıdır. YSA yönteminde kullanılacak verilerin  $[-1,1]$  aralığında sınırlandırılmaları gerekmektedir. YSA verileri ekte sunulmaktadır.

Bilgisayar yazılımı olarak Matlab 2011a kullanılmaktadır. Matlab stokastik yöntemlerde tartışmasız en yaygın ve nerdeyse alternatifsiz bir programdır. Kullanılan şekiller Matlab çıktılarından alınmıştır. Bu yüzden şekiller kısmen İngilizce bilgiler içermektedir. Türkçe çevirilerinin yapılmamasının sebebi tezden faydalanan araştırmacılara bu programı kullanabilmeleri için bir nebze de olsa ışık tutabilmektir. Türkçe açıklamalar şekillerin altında sunulmaktadır.

Tezin ikinci bölümünde aktarılan teoriye dayanılarak seçilmiş ağ yapısı aşağıda sunulmaktadır.



Şekil 3-1 YSA Ağ Yapısı

Yukarıda sunulan 4 nöronlu giriş katmanı, 4 nöronlu saklı katmanı ve bir nöronlu çıkış katmanı bulunan ağ ileri beslemeli, geriye yayılma algoritmasına sahip tipik bir çok katmanlı algılayıcı örneğidir. Şekildeki ağ yapısı incelendiğinde Reel USD Doviz Satış Kuru, Reel Kişi Başına GSYH, Reel Taşıtların Kredileri Hacmi ve Reel Akaryakıt Fiyatı serilerinin her birinin giriş katmanında bir nörona girdiği görülmektedir. Girdi nöronunda algılanan bu verilere bir ağırlık ve sabit bir katsayı eklenmektedir. Daha sonra transfer fonksiyonu devreye girmektedir. Yukarıdaki

şekilden bu fonksiyonun eğrisel olduğu anlaşılmaktadır. Transfer fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant sigmoid fonksiyonu (TANSIG) kullanılmaktadır. Transfer fonksiyonu hem saklı katmanda ve hem de çıkış katmanında kullanılmaktadır.

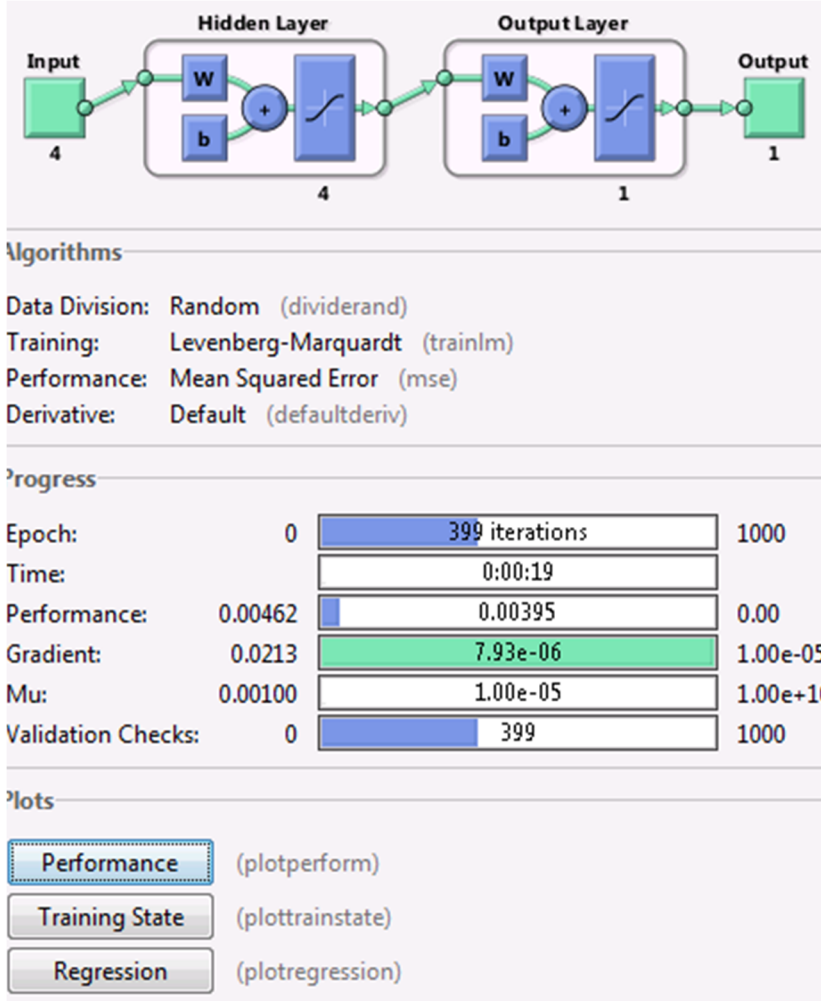
Matlabın ağ oluşturma verileri aşağıdaki şekilde sunulmaktadır.

The screenshot shows the 'Network Properties' dialog box in MATLAB. The 'Network Type' is set to 'Feed-forward backprop'. The 'Input data' is 'girdi', 'Target data' is 'cikti', 'Training function' is 'TRAINLM', 'Adaption learning function' is 'LEARNINGDM', and 'Performance function' is 'MSE'. The 'Number of layers' is set to 2. The 'Properties for' dropdown is set to 'Layer 1'. The 'Number of neurons' is set to 4, and the 'Transfer Function' is set to 'TANSIG'.

### Şekil 3-2 YSA Ağ Özellikleri

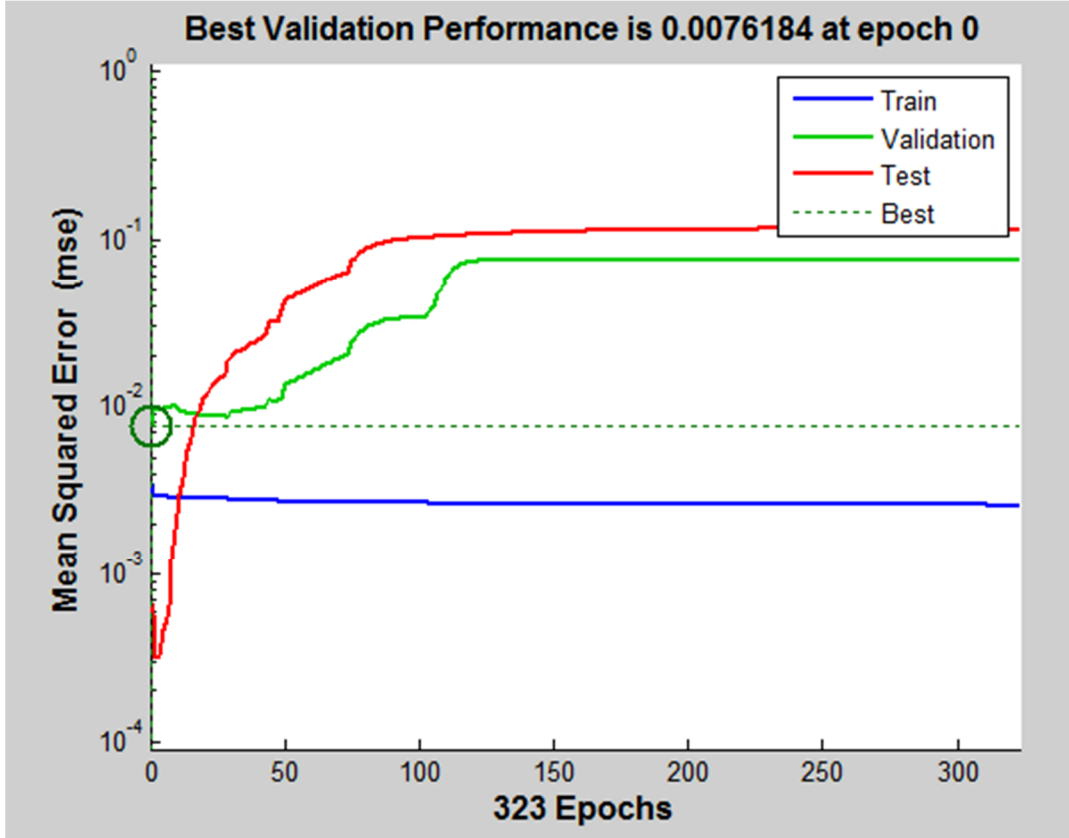
Ağ eğitimi için Levenberg-Marquardt geriye yayılma algoritması (TRAINLM) kullanılmaktadır. Öğrenme fonksiyonu olarak en dik eğim (gradyan) azalması (steepest gradient descent) (LEARNINGDM) kullanılmaktadır. Performans ölçümü için hata kareleri ortalaması (MSE) seçilmektedir. Adım boyu 0,1 olarak seçilmektedir.

Performans verileri stabil olana kadar ve en iyi R değeri elde edilene kadar ağ eğitime devam edilmiştir. Ağ eğitimi performans verileri aşağıdaki şekillerde sunulmaktadır.



**Şekil 3-3 Ağ Eğitimi Son Parametreler**

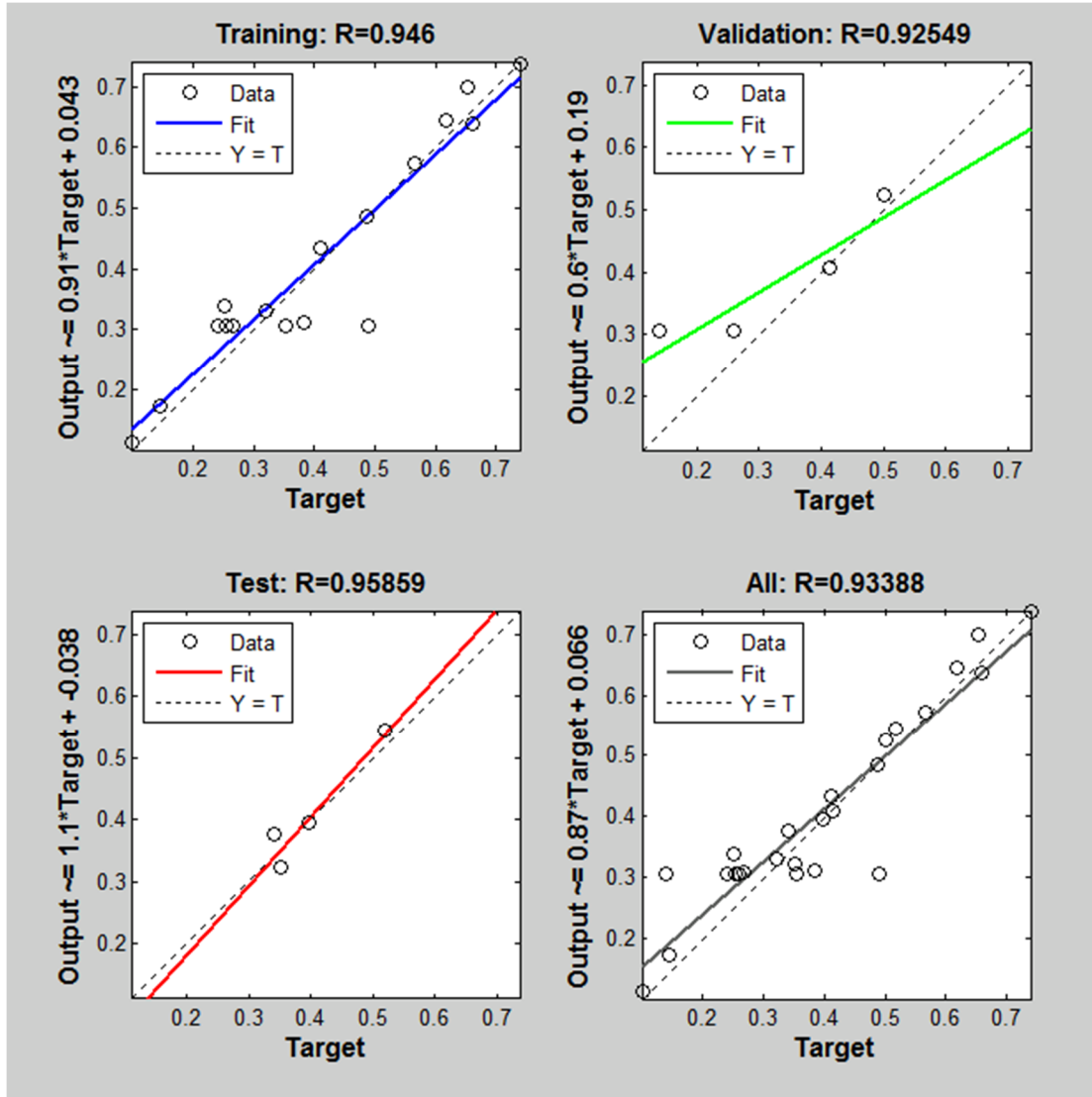
Son ağ eğitim ekranı yukarıda sunulmaktadır. Bu ekrana ulaşana kadar 12 kere eğitim süreci tekrar edilmiştir.



**Grafik 3-8 MSE Performans Göstergesi**

Yukarıdaki şekilde dikey ekseninde MSE, yatay ekseninde ise iterasyonlar gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi MSE değerleri stabil bir seviyeye gelene kadar eğitim devam etmektedir.

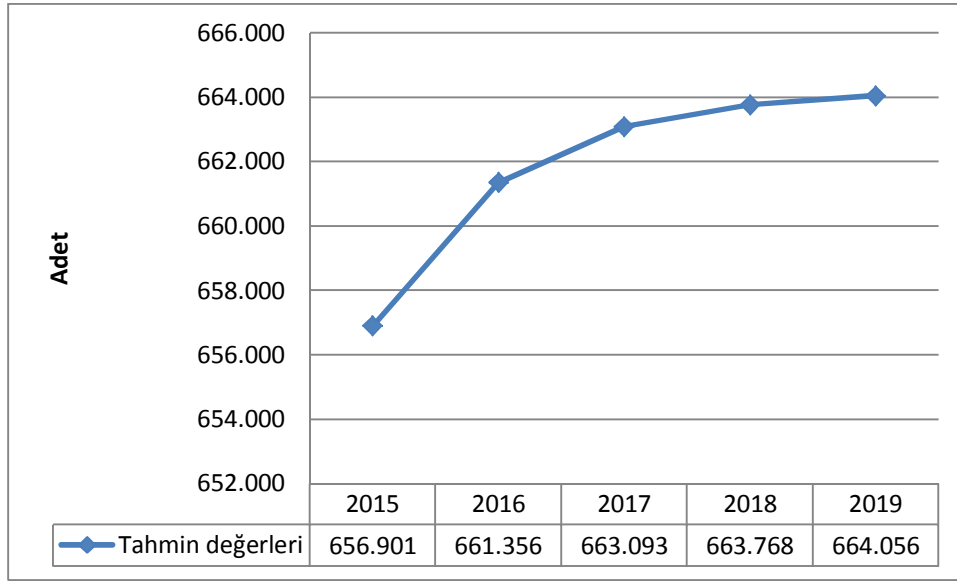




**Grafik 3-9 YSA Modelinin Regresyon Grafikleri**

Yukarıdaki grafiklerde eğitim, geçerlilik ve test verileri için hedeflerle ağ çıktıları arasındaki ilişkiler sunulmaktadır. Modelde girdi verilerinin %70'i eğitim (18 veri), %15'i test (4 veri), %15'i ise (4 veri) onaylama verileri olarak alınmaktadır. Grafiklerdeki ilişkiler arasında genel bir uyum olduğu söylenebilir. Daha iyi sonuçlar için örnek büyüklüğünün daha yüksek olması gerekmektedir.

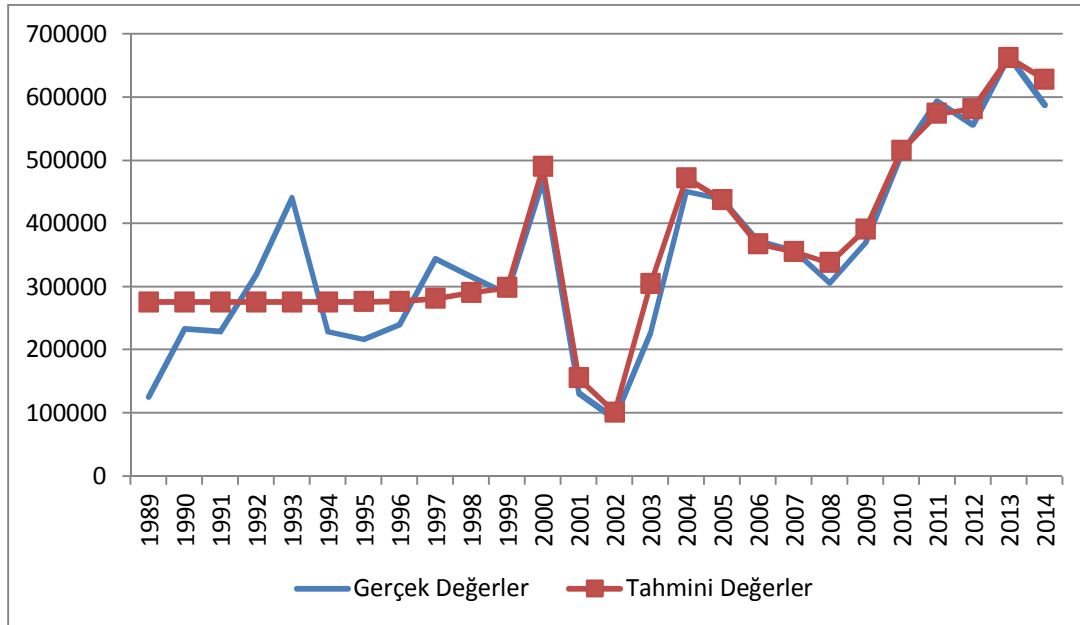
Modelin sonucu olan 5 yıllık tahmin değerleri aşağıdaki grafikte sunulmaktadır.



**Grafik 3-10 YSA Tahmin Sonuçları**

Yukarıdaki tahmin değerlerine göre Türkiye’de binek otomobili talebi azalarak artmaktadır. Ancak artış oranı bu pazardaki bir durgunlaşmayı işaret etmektedir.

Aşağıdaki grafikte gerçek değerler ile tahmin değerleri karşılaştırılmaktadır. Bu grafikten de anlaşılacağı gibi YSA yöntemi 1999’dan sonrasındaki deseni gerçeğe çok yakın olarak kavramaktadır.



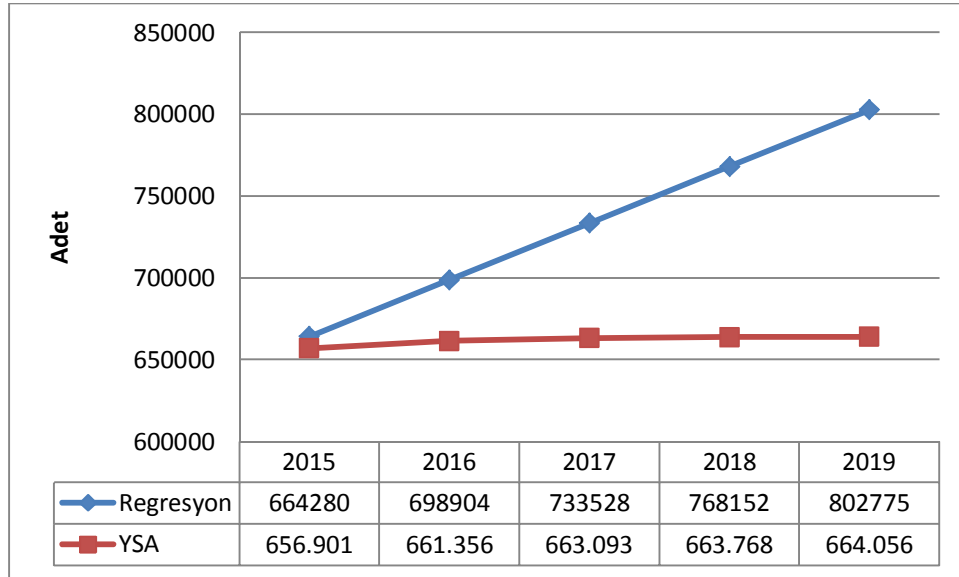
**Grafik 3-11 YSA Yöntemi ile Geçmiş Gerçek Değerlerin Geçmiş Tahminlerle Karşılaştırılması**

### 3.5 SONUÇLAR

Tahmin yöntemleri ve sonuçları arasındaki temel farklar aşağıda sıralanmaktadır:

- Yöntemlerin doğası gereği, çoklu regresyon yöntemi doğrusal, YSA eğrisel bir sonuç vermiştir.
- Çoklu regresyona göre talep 587.331 adet olan 2014 değerinden, 2019'da 802.775 adete kadar hızlı bir yükseliş trendi izleyecektir. YSA'ya göre ise talep 587.331'den yavaşlayarak 664.056 adete kadar ancak büyüyecektir.
- Çoklu regresyon yönteminin artış ivmesi yöntemin doğası gereği sıfırdır, YSA yönteminde ise hız azaldığından negatif bir ivme söz konusudur.
- Çoklu regresyon yöntemi 2015 için %13, devamında ise yıllık %5 bir büyüme öngörmektedir. YSA yöntemi 2015 için %11, devamında ise %0,7'den %0,1'e kadar azalan büyüme oranları öngörmektedir.

Aşağıdaki grafikte çoklu doğrusal regresyon tahmin sonuçları ile YSA tahmin sonuçları karşılaştırılmaktadır.



**Grafik 3-12 YSA&Çoklu Regresyon Tahmin Değerleri Karşılaştırılması**

Bu tahmin sonuçları Türkiye ekonomisinin gelişme trendine göre değerlendirildiğinde, YSA yönteminin sonuçlarının daha rasyonel olduğu

söylenbilir. Hem IMF<sup>331</sup> ve hem de Dünya Bankası<sup>332</sup> Türkiye GSYH'sinin 2015 yılında % 3 büyüyeceğini öngörmektedir. IMF'nin görüşüne göre cari açık sorunu nedeniyle büyüme oranlarında azalma gerçekleşmesi muhtemeldir. Ayrıca IMF'nin kamu ve özel sektör borçlanma düzeyleri ile beklenen farklı senaryolara göre yaptığı büyüme tahminleri % 2,5'nin altındadır. Bu da ülke ekonomisinin önümüzdeki dönemde durgunluğa gireceğini işaret etmektedir.

İki tahmin yönteminin performanslarının karşılaştırılması aşağıda sunulmaktadır. Bu çizelgedeki performans göstergeleri Zhang ve arkadaşlarının ifade ettiği şekilde tahmin yöntemi çıktıları alındıktan sonra ve verilerin ilk hallerine dönüşümleri yapıldıktan sonra hesaplanmıştır. Diğer bir deyişle tahmin yöntemine girdi olarak alınan veriler [-1.1] aralığına dönüştürülmektedir. Performans hesaplamaları ise [-1.1] aralığındaki çıktıları gerçek değerlerine dönüştürüldükten sonra yapılmalıdır. Bu konu tezin ikinci bölümünde yapay sinir ağları başlığı altında açıklanmıştır.

### Çizelge 3-18 Performans Göstergeleri Karşılaştırması

Performans Göstergesi	YSA	Çoklu Regresyon	Hata Açıklaması
MAD	38356	63650	Ortalama Mutlak Sapma
MSE	3169410477	6245085661	Hata Kareleri Ortalaması
MAPE	15,7%	25,7%	Hata Oranları Ortalaması
RMSE	56298	79026	Hata Kareleri Ortalaması Karekökü
MdAE	25051	55958	Mutlak Hata Medyanı

Bütün performans göstergelerinde YSA yöntemi çoklu doğrusal regresyondan üstündür. Bunun sebepleri aşağıda açıklanmaktadır.

- YSA'nın desen algılayabilme ve genelleyebilme yeteneği regresyondan çok üstündür. YSA çok parametrelili eğrisel bir yöntemdir. Buna karşılık regresyon ise göreceli olarak daha az parametrelili doğrusal bir tahmin aracıdır. Artık grafiklerinde tespit edilen eğrisel desen regresyon denklemi tarafından

<sup>331</sup> *IMF Country Report*, No 147329, <http://www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2014/cr14329.pdf>, 12.03.2015, ss. 28.

<sup>332</sup> *Dünya Bankası Basın Bülteni*, <http://www.worldbank.org/tr/news/press-release/2014/12/23/world-bank-lowers-2014-growth-estimate-for-turkey>, 12.03.2015.

kısmen kavranabilmiştir. Buna karşılık yapay sinir ağları çok parametrelili ve eğrisel olduğundan dolayı, talebin desenini daha iyi kavrayabilmiştir.

- Regresyon yöntemi açıklayıcı değişkenlere ait ekonometrik serilerin birbirleri arasındaki yüksek korelasyonlarından dolayı ideal bir talep fonksiyonu oluşturamamıştır. Kişi başına düşen reel GSYH serisi ile binek otomobili talebi arasında 0,77 pozitif korelasyon bulunmaktadır. Ancak talep fonksiyonunda bu açıklayıcı değişkenin katsayısı -0,02 olarak hesaplanmıştır. İdeal durumla örtüşmeyen bu eksikliğin uzun vadeli tahminlerde sapmalara yol açması beklenmektedir. Ayrıca, geriye dönük tahminlerde de sapmaya katkıda bulunmuş olması muhtemeldir. Geriye dönük tahminlerle gerçek değerler arasındaki sapmalardan hesaplanan performans göstergelerinin de bu durumdan kötü etkilenmiş olması beklenmektedir.

Bu çalışmada binek otomobili örneğinde geleneksel tahmin yöntemleri ile modern tahmin yöntemlerinin bir kıyaslaması da yapılmıştır. Modern tahmin yöntemlerinin temsilcisi olan yapay sinir ağlarının desen algılama ve genelleme yeteneği, geleneksel tahmin yöntemlerinin temsilcisi olan regresyondan yüksektir. Buna karşılık regresyon yönteminde aşırı öğrenme riski, göreceli olarak yapay sinir ağlarından düşüktür. Regresyon yöntemi katı varsayımlara sahiptir. Bu varsayımlar tam olarak sağlandığında, güvenilir sonuçların elde edilmesi muhtemeldir. Ancak YSA yöntemi göreceli olarak daha az varsayıma sahiptir ve çok parametrelidir. Bu yüzden geçmiş deseni çok iyi öğrenmesine rağmen, gelecek için hatalı genellemelerde bulunması riski mevcuttur. Aşırı öğrenme problemi olarak adlandırılan bu riskin önüne geçilmesi için veri; öğrenme, validasyon ve test verisi olarak üçe bölünmektedir. Öğrenme verisi ile eğitilen ağ, test ve validasyon verileri ile genelleme yapılmadan önce sınanmaktadır.

Çoklu regresyon yönteminin ekonometrik modellere uygulanabilirliği kısıtlıdır. Çünkü ekonometrik serilerinin birbirleri arasında yüksek korelasyonları bulunmaktadır. Örneğin GSYH serisinin ile USD Döviz kuru serisi arasında korelasyon olmaması mümkün değildir. Çoklu regresyon denklemi bu korelasyonları sağlıklı olarak modelleyemez. Ancak birbirine tam bağlı ileri beslemeli çok katmanlı bir yapay sinir ağı ile bu iç korelasyonların istenmeyen etkilerinin kısmen bertaraf edilmesi mümkündür.

Elde edilen sonuçlar kullanılarak yapılabilecek başlıca yeni çalışma önerileri aşağıda sunulmaktadır.

- Bu çalışmada binek otomobili talebi bir bütün olarak incelenmiştir. Oluşturulan ekonometrik tahmin modeli ile binek otomobilinin alt kırılımları olan marka ve model bazındaki araç sınıflarının tahminlerinin yapılması otomotiv sektörüne katkıda bulunabilir. Ayrıca binek otomobili yerine ticari araç veya ağır vasıta sınıflarının tahminlerin yapılması da mümkündür.
- Kurulan ekonometrik modelde tüketici tercihleri ve zevkleri veri olarak kabul edilmiştir. Ancak ana sanayinin yaptığı pazarlama faaliyetlerinin ve pazarlama bütçelerinin araştırılması ile bu parametrelerin pazar büyüklüğüne, diğer bir deyişle toplam piyasa talebine etkilerinin incelenmesi otomotiv sektörüne katkıda bulunabilir. Tüketicinin marka ve model tercihlerinin değişmesinin genellikle pazar büyüklüğüne etki etmemesi beklenir. Çünkü herhangi bir markadan azalan talep, tercih edilen başka bir markanın talebini artırmaktadır. Ancak yapılan pazarlama faaliyetlerinin paazar büyüklüğüne etki edip etmediği ilerisi için araştırmaya değer bir konudur.
- Otomotiv firmaları yeni model sürümlerini kendi stratejilerini, rakip firma stratejilerini ve rakip yeni model sürümlerini değerlendirerek yapmaktadırlar. Karşılıklı yeni ürün stratejilerinin oyun teorisi kapsamında değerlendirilmesi ile yeni ürün sürümlerinin pazar büyüklüğüne etkilerinin olup olmadığı incelenebilir.

## KAYNAKÇA

ABAAN, Ernur Demir (1998), *Fayda Teorisi ve Rasyonel Seçimler*, TCMB Yayını, Ankara.

AKAIKE, H. (1974), “*A New Look at the Statistical Model Identification*”, IEEE Transactions on Automatic Control 19.

ALLEN, P. Geoffrey, Fildes, Robert (2001), “*Econometric Forecasting*“, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol. 1.

AMIRIKIAN, B. Nishimura, H. (1994), “*What Size Network is Good for Generalisation of a Specific Size of Interest?*”, Neural Networks 7.

ANDREONI, James, Sprenger, Charles (2010), “*Certain and Uncertain Utility: The Allais Paradox and Five Decision Phenomena*”, Levine’s Working Paper, Archive 926159295.

ARMSTRONG, J. Scott, Lusk, E. (1983), “*The Accuracy of Alternative Extrapolation Models: Analysis of a forecasting Competition, Through Open Peer Review*”, Journal of Forecasting, No 2.

ARMSTRONG, J. Scott (2001), “*Extrapolation for Time-Series and Cross-Sectional Data*”, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1.

ARMSTRONG, J. Scott (2001), “*Judgmental Bootstrapping: Inferring Experts’ Rules for Forecasting*“, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1.

ARMSTRONG, J. Scott (2001), *Principles of Forecasting*, 1. Baskı, Springer Science, New York.

ARMSTRONG, J. Scott, Collopy, Fred (2001), “*Identification of Asymmetric Prediction Intervals Through Causal Forces*“, Journal of Forecasting, 20.

ARMSTRONG, J. Scott vd. (2001), “*Rule-Based Forecasting: Using Judgment in Time-Series Extrapolation*”, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1.

ARMSTRONG, J. Scott vd. (2005), "***Decomposition by Causal Forces: A Procedure for Forecasting Complex Time Series***", International Journal of Forecasting, Vol 21, Issue 1.

ARMSTRONG, J. Scott, Green, Kesten C. (2005), "***Demand Forecasting: Evidence Based Methods***", Monash University, Working Paper 24/5.

ARMSTRONG, J. Scott (2009), "***Selecting Forecasting Methods***", Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1.

AZOFF, E.M. (1994), ***Neural Network Time Series Forecasting of Financial Markets***, 1. Baskı, John Wiley and Sons, New York.

BARRON, A.R. (1994), "***A Comment on Neural Networks: A Review From Statistical Perspective***", Statistical Science 9.

BİRDAL, İlker (1986), ***İşletme Ekonomisi***, 1. Baskı, Çağlayan Yayınevi, İstanbul.

BOX, G.E.P., Jenkins, G.M. (1970), ***Time Series Analysis: Forecasting and Control***, San Fransisco: Holden-Day.

BOX, G.E.P., Pierce, D.A. (1970), "***Distribution of the Residual Autocorrelations in AutoRegressive-Integrated Moving-Average Time Series Models***", Journal of American Statistical Association, 65.

BOX, G.E.P., Jenkins, G.M., Reinsel, G.C. (1994), ***Time Series Analysis: Forecasting and Control***, 3. Baskı, Prentice Hall, New Jersey.

BUNN, D., Wright, G. (1991), "***Interaction of Judgmental and Statistical Forecasting: Issues and Analysis***", Management Science, No 37.

CHEN, S.T. vd. (1992), "***Weather Sensitive Short-term Load Forecasting Using Non Fully Connected Artificial Nerual Network***", Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 3.

COAKES, Sheridan J. vd. (2006), ***SPSS V 13.0 for Windows: Analysis Without Anguish***, John Wiley & Sons, Milton.

CHESTER, D.L. (1990), "***Why Two Hidden Layers are Better Than One?***", International Joint Conference on Neural Networks.

COLLOPY, Fred vd. (2001), "***Expert Systems for Forecasting***", Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1.



COOTER, Robert, Rappoport, Peter (1983), “*Were the Ordinalists Wrong About Welfare Economics?*”, New York University Economic Research Reports.

COTTRELL, M. vd. (1995), “*Neural Modelling For Time Series: A Statistical Stepwise Method for Weight Elimination*”, IEEE Transactions on Neural Networks 6.

COX, J. E., Loomis, D. G. (2001), “*Diffusion of Forecasting Principles: An Assessment of Books Relevant to Forecasting*“, Principles of Forecasting, Kluwer Academic Publishers, aktaran: J. Scott Armstong, Principles of Forecasting, Kluwer, Vol 1.

CYBENKO, G. (1988), “*Continuous Valued Neural Networks with Two Hidden Layers are Sufficient*”, Technical Report, Tuft University, Medford.

DİVİTÇİOĞLU, Sencer (1982), *Mikro İktisat*, 6. Baskı, Sermet Matbaası, İstanbul.

**Dokuzuncu Kalkınma Planı Otomotiv Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu**, Ankara, 2007.

DOUKIDIS, G.I., Paul, R. J. (1990), “*A Survey of the Application of Artificial Intelligence Techniques within the OR Society*”, *Journal of the Operational Research Society*, No 41.

DULIBA, K.A. (1991), “*Contrasting Neural Nets With Regression in Predicting Performance in the Transportation Industry*”, Proceedings of the Annual IEEE Conference on Systems Sciences 25.

*Dünya Bankası Basın Bülteni*, <http://www.worldbank.org/tr/news/press-release/2014/12/23/world-bank-lowers-2014-growth-estimate-for-turkey>,

12.03.2015.

EDGEWORTH, Francis Ysidro (1881), *Mathematical Phycis*, 1. Baskı, C Kegan Paul & Co, Londra.

ELLSBERG, Daniel (1961), “*Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms*”, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 75, No. 4.

ERNBERG, Johan vd. (1997), “*Guidelines of the Elaboration of a Business-Oriented Development Plan*”, Telecommunication Development Bureau.

FISHER, Irving (1961), *Mathematical Investigations in the Theory of Value and Price*, 1982 orijinal nüshansından tıpkıbasım, A M Keller, New York.

**Forecasting**                      **Method**                      **Selection**                      **Tree**,  
[http://www.forecastingprinciples.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=17&Itemid=138](http://www.forecastingprinciples.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=138), 03.06.2014.

**Forecasting**                      **Method**                      **Selection**                      **Tree**,  
[http://www.forecastingprinciples.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=16&Itemid=137](http://www.forecastingprinciples.com/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=137), 03.06.2014.

GORR, W.L. vd. (1994), “*Comprative Study of Artificial Neural Network And Statistical Models for Predicting Grade Point Averages*”, International Journal of Forecasting 10.

GRANGER, C.W.J. vd. (1993), “*Modelling Nonlinearity Over Business Cycle*”, National Bureau of Economic Research.

GREEN, Kesten C., Armstrong, J. Scott (2004), “*Value of Expertise for Forecasting Decisions in Conflicts*”, University of Pennsylvania Marketing Papers.

GREEN, Kesten C., Armstrong, J. Scott (2007), “*Structured Analogies for Forecasting, International Journal of Forecasting*”, Vol. 23.

GROOT, C. De, Wurtz, D. (1991), “*Analysis of Univariate Time Series With Connectionist Nets: A Case Study of Two Classical Examples*”, Neurocomputing 3.

HANKE, John E., Reitsch, Arthur G. (1998), *Business Forecasting*, 6. Baskı, Prentice Hall, New Jersey.

HELMER-HIRSCHBERG, Olaf, *Systematic Use of Expert Opinions*,  
<http://www.rand.org/topics/delphi-method.html>, 25/04/2014.

HICKS, John, Allen, R.G.D. (1934), “*A Reconsideraiton of the Theory of Value Part I*”, Econometrica, New Series, Vol. 1, No. 1.

HICKS, John, Allen, R.G.D. (1934), “*A Reconsideraiton of the Theory of Value Part II. A Mathematical Theory of Individual Demand Functions*”, Econometrica, New Series, Vol. 1, No. 2.

HICKS, John (1986), *A Revision of Demand Theory*, 2. Baskı, Oxford University Press, Oxford.

**IMF**                      **Country**                      **Report,**                      No                      147329,  
<http://www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2014/cr14329.pdf>, 12.03.2015.

İSLAMOĞLU, Ahmet Hamdi (2011), *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*, Gözden Geçirilmiş 2. Baskı, Beta Yayınları, İstanbul.

KAHNEMAN, Daniel, Tversky, Amos (1979), *“Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk”*, *Econometrica*, Vo 47, No 2.

KAHNEMAN, Daniel, Lovallo, Dan (1993), *“Timid Choices and Bold Forecasts: A Cognitive Perspective of Risk Taking”*, *Management Science*, Vol. 39, No. 1.

KANG, S. (1991), *“An Investigation on the Use of Feedforward Neural Networks for Forecasting”*, Doktora tezi, Kent State University.

KARADUMAN, İlkay (2013), *“The Effect of Socila Media on Personal Branding Efforts of Top Level Executives”*, *Procedia Social and Behavioral Sciences*.

KARNI, Edi (2005), *“Savages’ Expected Utility Model”*, Johns Hopkins University.

KEVIN, John R. (1974), *“Laboratory Experiments for Estimating Consumer Demand: A Validation Study”*, *Journal of Marketing Research*, Vol. 11, No. 3.

KNIGHT, Frank (1921), *Risk Uncertainty and Profit*, 1. Baskı, Riverside Press, Cambridge.

KOÇEL, Tamer (2010), *İşletme Yöneticiliği*, 12. Baskı, Beta Yayıncılık, İstanbul.

KOTLER, Philip, Keller, Kevin Lane (2012), *Marketing Management*, Prentice Hall, Essex.

LACHTERMACHER, G., Fuller, J.D. (1995), *“Backpropagation in Time Series Forecasting”*, *Journal of Forecasting* 14.

LADIRAY, Dominique, Quenneville, Benoit (2001), *“Seasonal Adjustment with the X-11 Method”*, *Lecture notes in statistics*, Springer-Verlag, Vol. 158.

LAPEDES, A., Farber, L. (1987), *“Nonlinear Signal Processing Using Neural Networks: Prediction and System Modeling”*, Los Alamos National Laboratuvarı, Technical Report.

LAPEDES, A., Farber, L. (1988), *“How Neural Networks Work”*, *Neural Information Processing Systems*.

LIPPMANN, L.P. (1987), “*An Introduction to Computing with Neural Nets*”, IEEE ASSP Magazine, April.

LJUNG, G.M., Box, G.E.P. (1978), “*On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models*”, Biometrika, 65.

LORENZ, Edward N. (2004), “*Designing Chaotic Models*”, Journal of the Atmospheric Sciences, Vol. 62.

MAKRIDAKIS, Sypros vd. (2012), *Forecasting Methods and Applications*, 3. Baskı, John Wiley & Sons, Delphi.

MARKOWITZ, Harry (1952), “*Utility of Wealth*”, The Journal of Political Economy, Vol 60, No 2.

MARSHALL, Alfred (1890), *Principles of Economics*, Macmillan and Co, Londra.

MCGREGOR, Donald (2001), “*Decomposition for Judgmental Forecasting*”, Principles Of Forecasting, International Series in Operations Research & Management Science Volume 30.

MORWITZ, Vicki G. (2001), “*Methods for Forecasting from Intentions Data*”, International Series in Operations Research & Management Science, Volume 30.

MOSCATI, Ivan (2013), “*How Cardinal Utility Entered Economic Analysis*”, European Journal of the History of Economic Thought, Chope Working Paper No. 2013-09.

MURATA, N. vd. (1994), “*Network Information Criterion-Determining the Number of Hidden Units for an Artificial Neural Network Model*”, IEEE Transactions on Neural Networks 5.

NEUGEBAUER, Tibor (2010), “*Moral Impossibility in the Petersburg Paradox: A Literature Survey and Experimental Evidence*”, LSF Research Working Paper Series, No 10-174.

**Onuncu Kalkınma Planı**, Otomotiv Sanayi Çalışma Grubu Raporu, 2014.

**OSD Aralık 2014 Raporu**, Otomotiv Sanayicileri Derneği, İstanbul, 2014.

ÖZLALE, Ümit, Karakurt, Alper, **Türkiye’de Tasarruf Açığının Nedenleri ve Kapatılması için Politika Önerileri**.

- QUENOUILLE, M.H. (1949), "*The Joint Distribution of Serial Correlation Coefficients*", Annals of Mathematical Statistics, 20.
- QUIGGIN, John (1993), *Generalized Expected Utility Theory The Rank-Dependent Model*, E-kitap, Springer Science Business Media Dordrecht.
- REAGAN, Andrew (2013), *Predicting Flow Reversals in a Computational Fluid Dynamics Simulated Thermosyphon Using Data Assimilation*, Doktora Tezi, Burlington.
- REILLY, D.L., Cooper, N.L. (1990), "*An Overview of Neural Networks: Early Models to Real World System*", Academic Press.
- REILLY, Richard R., Chao, Georgia T. (1982), "*Validity And Fairness Of Some Alternative Employee Selection Procedures*", Personnel Psychology, Vol. 35.
- ROBERTSON, I. T., Kandola, R. S. (1982), "*Work Sample Tests: Validity, Adverse Impact and Application Reaction*", Journal of Occupational Psychology, 55.
- ROY, A. vd. (1993), "*A Polynomial Time Algorithm for the Construction and Training of a Class of Multilayer Perceptrons*", Neural Networks 6.
- RUMELHART, D.E. vd. (1986), "*Learning Internal Representations by Backpropagation Errors*", MIT Press.
- RUMELHART, D.E. vd. (1986), "*Learning Representations by Backpropagation Errors*", Nature 323.
- RUMELHART, D.E. vd. (1995), "*Backpropagation: the Basic Theory*", Backpropagation, Yves Chauvin and David E. Rumelhart (Eds.), L. Erlbaum Associates Inc., Hillsdale.
- SAMUELSON, Paul Antony (1938), "*A Note on the Pure Theory of Consumer's Behaviour*", *Economica*, New Series, Vol 5, No 17.
- SAMUELSON, Paul Antony (1948), "*Consumption Theory in Terms of Revealed Preference*", *Economica*, New Series, Vol. 15, No. 60.
- SCHEAFFER, Richard L., McClave, James T. (1995), *Probability And Statistics for Engineers*, 4. Baskı, Duxbury Press, California.
- SCHMEIDLER, David (1989), "*Subjective Probability and Expected Utility Without Additivity*", *Econometrica*, Vol. 57, No. 3.

SCHOEMAKER, Paul J.H. (1982), "*The Expected Utility Model: Its Variants, Purposes, Evidence and Limitations*", Journal of Economic Literature, Vol 20, No 2.

**Sekizinci Kalkınma Planı**, Karayolu Taşıtları İmalat Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 2001.

SHARDA, R., Patil, R.B. (1992), "*Connectionist Approach to Time Series Prediction: An Empirical Test*", Journal of Intelligent Manufacturing 3.

SIETSMA, J., Dow, R. (1988), "*Neural Net Pruning-Why and How?*", IEEE International Conference on Neural Networks 1.

SMITH, Adam (2005), *Wealth of Nations*, 1. Baskı, Electronic Classics Series Publication, Pennsylvania.

SPENCER, J. (1904), "*On the Graduation of the Rates of Sickness and Mortality*", Journal of the Institute of Actuaries, No 38.

SRINIVASAN, D. vd. (1994), "*A Neural Network for Short-term Load Forecaster*", Electric Power System Research 28.

STEVENS, Stanley Smith (1946), "*On The Theory of Measurement*", Science, Vol. 103, No. 2684.

STEVENS, Stanley Smith (1951), *Handbook of Experimental Psychology*, Wiley, ed. S. S. Stevens, New York.

STEWART, Thomas R. (2001), "*Improving Reliability of Judgmental Forecasts*", Principles of Forecasting, Kluwer, Vol. 1.

SUROWIK, Dariusz (2002), "*Leonard Savage's Mathematical Theory of Decision*", Studies in Logic, Grammar and Rhetoric 5 (18).

ŞAHİN, Ali Ekber (2001), "*Eğitim Araştırmalarında Delphi Tekniği ve Kullanımı*", Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 20:215-220.

ŞEN, Zekai (2004), *Yapay Sinir Ağları İlkeleri*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

TANG, Z., Fishwick, P.A. (1993), "*Feedforward Neural Nets as Models for Time Series Forecasting*", ORSA Journal on Computing 5.

TURING, A. M. (1950), "*Computing Machinery and Intelligence*", Mind, No 49.

Türkiye Bankalar Birliği, Tüketici Kredisi Raporları, 1989-2014.

Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası, [www.tcmb.gov.tr](http://www.tcmb.gov.tr), 02.02.2015.

Türkiye İstatistik Kurumu, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), 02.02.2015.

**Türkiye Otomotiv Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı**, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, 2011.

Türkiye Petrolleri A.Ş., [www.tpao.gov.tr](http://www.tpao.gov.tr); 02.02.2015.

TVERSKY, Amos (1972), **“Elimination by Aspects: A Theory of Choice”**, Psychological Review.

TVERSKY, Amos, Kahneman, Daniel (1992), **“Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty”**, Journal of Risk and Uncertainty, 5:297-323.

WEIGEND, A.S. vd. (1991), **“Generalisation by Weight Elimination With Application to Forecasting”**, Advances in Neural Information Processing Systems 1.

WANG, Z. vd. (1994), **“A Procedure for Determining the Topology for Multilayer Feedforward Networks”**, Neural Networks 7.

World Development Indicators, <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>, 03.03.2015.

WERBOS, P.J. (1988), **“Generalisation of Backpropagation to a Recurrent Gas Market Model”**, Neural Networks 1.

WIDROW, Bernard, Rumelhart, David E., Lehr, Michael A. (1994), **“Neural Networks: Applications in Industry, Business and Science”**, Magazine Communications of ACM, Vol. 37, Issue 3.

WITTINK, Dick R., Bergenstuen, Trond (2001), **“Forecasting with Conjoint Analysis”**, Forecasting Principles, Kluwer, Vol. 1.

WREN, Daniel A., Bedeian, Arthur G. (2009), **The Evolution of Management Thought**, 6. Baskı, John Wiley & Sons, Chennai.

WU, Shih-Yen, Pontley, Jack (1986), **An Introduction to Modern Demand Theory**, Random House, New York.

**You will Receive an Incorrect R-squared Value in the Chart Tool in Excel,**  
<http://support.microsoft.com/kb/829249/en-us>, 02.03.2015.

ZELIFF, N.D., Heldenbrand, S.S. (1993), *“What's Being Done In The International Business Curriculum?”* Business Education Forum, 48(1).

ZHANG, Guoiang vd. (1997), *“Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of Art”*, International Journal of Forecasting, 14.





## EK 2 – KORELASYON ANALİZİ

KORELASYON MATRİSİ													
OTO Toplam Binek (Yil)	ZMN Zaman (Yil)	USD Döviz Satış Kuru (ort, reel)	USD Döviz Satış Kuru (ort, reel)	GSYH per kapita (USD)	GSYH per kapita (TL)	TSRF Yurtiçi Tasarruflar / GSYH (1000 TL)	KRED Taahhüt Kredisi (1000 TL)	MEVD TCMB Mevduat Faiz Oranı	ENF Enflasyon Oranı (Bir önceki)	Reel TCMB Mevduat Faizi	Akaryakıt Fiyatı TL (nominal t Fiyatı TL (reel)	GSYH Deflator (1998=100)	Nüfus
1,00													
ZMN Zaman (Yil)	1,00												
USD Döviz Satış Kuru (ort, nominal)	0,69	1,00											
USD Döviz Satış Kuru (ort, reel)	0,55	0,95	1,00										
GSYH per kapita (USD)	0,72	0,93	0,91	1,00									
GSYH per kapita (TL)	0,77	0,90	0,79	0,90	1,00								
TSRF Yurtiçi Tasarruflar / GSYH	0,74	0,95	0,91	0,99	0,95	1,00							
KRED Taahhüt Kredisi (1000 TL)	-0,59	-0,94	-0,95	-0,85	-0,81	-0,88	1,00						
MEVD TCMB Mevduat Faiz Oranı (%)	0,78	0,89	0,87	0,88	0,87	0,91	-0,89	1,00					
ENF Enflasyon Oranı (Bir önceki yılın %)	-0,66	-0,84	-0,87	-0,86	-0,85	-0,89	-0,89	-0,88	1,00				
Reel TCMB Mevduat Faizi	-0,57	-0,83	-0,87	-0,80	-0,80	-0,84	-0,86	-0,87	1,00				
Akaryakıt Fiyatı TL (nominal)	-0,06	0,22	0,29	0,11	0,12	0,13	-0,33	-0,04	-0,51	1,00			
Akaryakıt Fiyatı TL (reel)	0,71	0,96	0,93	0,96	0,93	0,98	-0,93	-0,91	-0,86	0,18	1,00		
Nüfus	0,78	0,90	0,85	0,98	0,94	0,98	-0,82	-0,85	-0,76	0,04	0,96	1,00	
GSYH Deflator (1998=100)	0,68	1,00	0,95	0,91	0,89	0,94	-0,94	-0,83	-0,83	0,24	0,95	0,89	1,00
	0,70	0,97	0,95	0,97	0,94	0,99	-0,93	-0,91	-0,88	0,20	0,99	0,96	0,96

### EK 3 – USD REEL KURU TAHMİN SONUÇLARI

<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
Çoklu R	0,957832
R Kare	0,917442
Ayarlı R Kare	0,907122
Standart Hata	205,6703
Gözlem	10

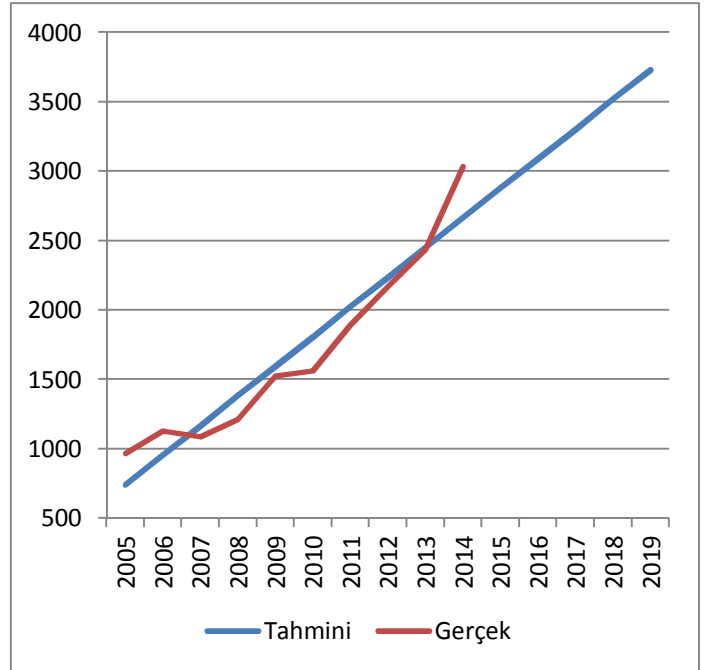
#### ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>			
Regresyon	1	3760561	3760561	88,9016	1,3E-05			
Fark	8	338402	42300,3					
Toplam	9	4098963						

	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P- değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>	<i>Düşük 95,0%</i>	<i>Yüksek 95,0%</i>
Kesişim	-427328	45502,3	-	1,4E-05	-532257	-322400	-532257	-322400
X Değişkeni								
1	213,5007	22,6436	9,42876	1,3E-05	161,285	265,717	161,285	265,717

	Tahmini	Gerçek
2005	741	966
2006	954	1127
2007	1168	1089
2008	1381	1212
2009	1595	1527
2010	1808	1564
2011	2022	1891
2012	2235	2169
2013	2449	2435
2014	2662	3032
2015	2876	
2016	3089	
2017	3303	
2018	3516	
2019	3730	



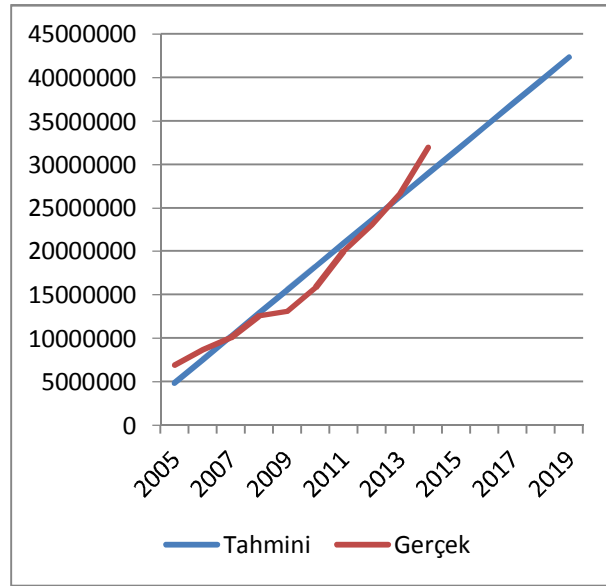
## EK 4 – REEL GSYH TAHMİN SONUÇLARI

<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
Çoklu R	0,9773822
R Kare	0,9552759
Ayarlı R Kare	0,9496854
Standart Hata	1860791
Gözlem	10

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
Regresyon	1	5,917E+14	5,917E+14	170,87464	1,114E-06
Fark	8	2,77E+13	3,463E+12		
Toplam	9	6,194E+14			

	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>	<i>Düşük 95,0%</i>	<i>Yüksek 95,0%</i>
Kesişim	-							
X Değişkeni 1	5,365E+09	411679341	-13,03086	1,141E-06	6,31E+09	4,42E+09	6,31E+09	-4,42E+09
	2677992,9	204866,34	13,071903	1,114E-06	2205570,3	3150415,6	2205570,3	3150415,6

	Tahmini	Gerçek
2005	4840435	6868880
2006	7518428	8663567
2007	10196421	10103250
2008	12874414	12598570
2009	15552407	13130075
2010	18230400	15806596
2011	20908393	20013761
2012	23586386	23062246
2013	26264378	26693575
2014	28942371	31973514
2015	31620364	
2016	34298357	
2017	36976350	
2018	39654343	
2019	42332336	



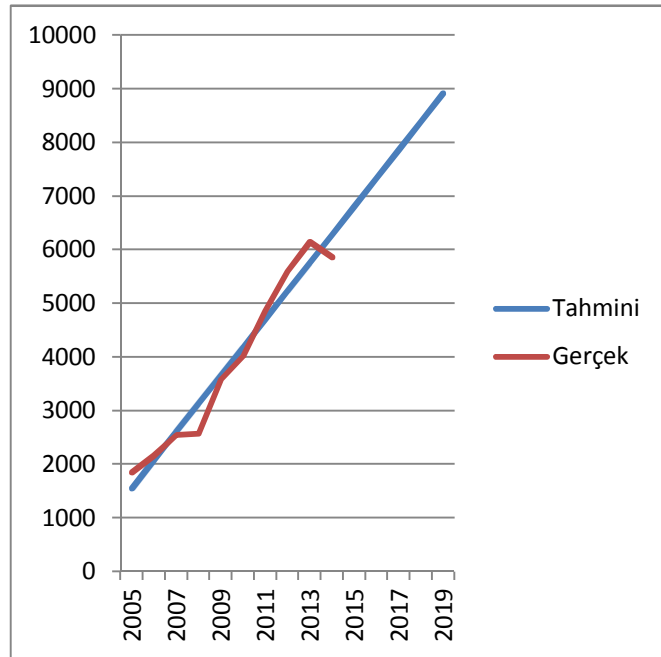
## EK 5 – REEL AKARYAKIT FİYATLARI TAHMİN SONUÇLARI

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,980177
R Kare	0,960747
Ayarlı R Kare	0,955841
Standart Hata	341,0838
Gözlem	10

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılı k F</i>
Regresyon	1	22780050	22780050	195,8089	6,6E-07
Fark	8	930705,4	116338,2		
Toplam	9	23710756			

	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>	<i>Düşük 95,0%</i>	<i>Yüksek 95,0%</i>
Kesişim	1052018,8	75461,01	-13,9412	6,79E-07	-1226032	-878005	-	-878005
X Değişkeni 1	525,4729	37,55209	13,99317	6,6E-07	438,8777	612,0682	438,877	612,0682

	Tahmini	Gerçek
2005	1554	1850
2006	2080	2156
2007	2605	2540
2008	3131	2565
2009	3656	3584
2010	4182	4026
2011	4707	4856
2012	5233	5601
2013	5758	6147
2014	6284	5866
2015	6809	
2016	7335	
2017	7860	
2018	8386	
2019	8911	



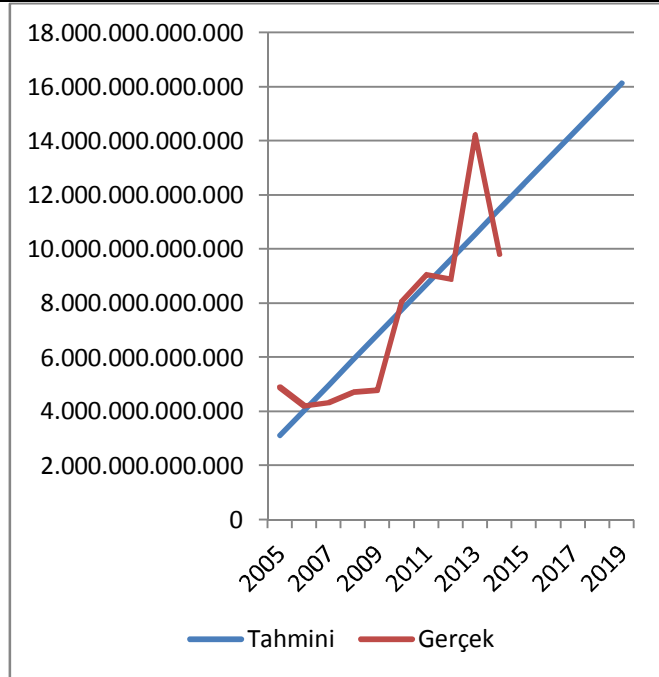
## EK 6 – REEL TAŞIT KREDİLERİ HACMİ TAHMİN SONUÇLARI

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,854528552
R Kare	0,730219045
Ayarlı R Kare	0,696496426
Standart Hata	1,81749E+12
Gözlem	10

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	7,15276E+25	7,15276E+25	21,653687	0,00163753
Fark	8	2,6426E+25	3,30325E+24		
Toplam	9	9,79536E+25			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri	Düşük %95	Yüksek %95	Düşük 95,0%	Yüksek 95,0%
Kesişim	-1,86381E+15	4,02098E+14	-4,63520394	0,0016766	2,791E+15	9,366E+14	2,791E+15	-9,37E+14
X Değişkeni 1	9,31129E+11	2,00099E+11	4,653352238	0,0016375	4,697E+11	1,393E+12	4,697E+11	1,393E+12

	Tahmini	Gerçek
2005	3.105.409.567.798	4.901.864.746.582
2006	4.036.538.529.533	4.212.154.708.141
2007	4.967.667.491.268	4.312.226.336.991
2008	5.898.796.453.003	4.691.038.197.362
2009	6.829.925.414.738	4.775.405.818.006
2010	7.761.054.376.474	8.073.482.500.258
2011	8.692.183.338.209	9.054.437.446.062
2012	9.623.312.299.944	8.884.424.047.738
2013	10.554.441.261.679	14.229.952.506.919
2014	11.485.570.223.414	9.819.912.648.000
2015	12.416.699.185.149	
2016	13.347.828.146.884	
2017	14.278.957.108.619	
2018	15.210.086.070.354	
2019	16.141.215.032.089	



## ÖZGEÇMİŞ

### UĞUR ŞENER ÖĞRETİM GÖREVLİSİ

<b>E-Posta Adresi</b>	:	usener@aydin.edu.tr
<b>Telefon (İş)</b>	:	4441428-24206
<b>Telefon (Cep)</b>	:	5325163886
<b>Faks</b>	:	
<b>Adres</b>	:	Balat Mahallesi Atgeçmez Sokak No 12 Fatih İSTANBUL

### Öğrenim Durumu

Yüksek Lisans 2003-2005	BEYKENT ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ/İŞLETME ANABİLİM DALI (YL) (TEZSİZ)
Lisans 1998-2003	ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ/ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ/ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ PR. (İNGİLİZCE)

### Görevler

ÖĞRETİM GÖREVLİSİ 2012- DEVAM EDİYOR	İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ İİBF/İŞLETME (İNGİLİZCE) BÖLÜMÜ
---	--

### Dersler \*

		Öğrenim Dili	Ders Saati
Önlisans			
(2012-2013)	MATEMATİK II	Türkçe	8
(2012-2013)	MATEMATİK I	Türkçe	24
Lisans			
(2014-2015)	MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ	Türkçe	2
(2014-2015)	OPERATIONS RESEARCH	İngilizce	6
(2014-2015)	YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI	Türkçe	9
(2014-2015)	PROJE YÖNETİMİ	Türkçe	3
(2014-2015)	MATEMATİK II	Türkçe	12
(2014-2015)	BUSINESS MATHEMATICS	İngilizce	3
(2014-2015)	PROJECT MANAGEMENT	İngilizce	3

(2014-2015)	PROJECT MANAGEMENT	İngilizce	2
(2013-2014)	INTRODUCTION TO BUSINESS	İngilizce	3
(2013-2014)	MÜHENDİSLİK EKONOMİSİ	Türkçe	2
(2013-2014)	INTRODUCTION TO BUSINESS	İngilizce	6
(2013-2014)	OPERATIONS RESEARCH	İngilizce	3
(2013-2014)	YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI	Türkçe	9
(2012-2013)	BUSINESS MANAGEMENT	İngilizce	3
(2013-2014)	İŞLETMEYE GİRİŞ	Türkçe	3
(2013-2014)	PROJECT MANAGEMENT	İngilizce	3
Yüksek Lisans			
(2014-2015)	ÜRETİM YÖNETİMİ	Türkçe	3
(2013-2014)	PROJE YÖNETİMİ	Türkçe	3
(2013-2014)	ÜRETİM YÖNETİMİ	Türkçe	3

\* Son iki yılda verdiği lisans ve lisansüstü düzeydeki dersler

## Üniversite Dışı Deneyim

2010-2012	<b>Satış Birim Yöneticisi</b>	Çınar Boru San Tic A S, Satış Geliştirme, Marmara pazarına giriş,
2008-2010	<b>Danışman</b>	Aypar Metal San Tic A S, Kuruluş ve Satış Geliştirme,
2003-2008	<b>Satış Birim Yöneticisi</b>	Borusan Mannesmann San Tic A S, Bölge satış yönetimi,