

**DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYONDA OTOKORELASYON VE AYKIRI  
DEĞER VARLIĞINDA SAĞLAM KESTİRİM YÖNTEMLERİ**



**DOKTORA TEZİ**

**Serenay KÜÇÜK**

**Anabilim Dalı: İstatistik**

**Programı: İstatistik**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Barış AŞIKGİL**

**MAYIS 2020**

**DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYONDA OTOKORELASYON VE AYKIRI  
DEĞER VARLIĞINDA SAĞLAM KESTİRİM YÖNTEMLERİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Serenay KÜÇÜK**

**Anabilim Dalı: İstatistik**

**Programı: İstatistik**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Barış AŞIKGİL**

**MAYIS 2020**

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ücret karşılığı başka kişilere yazdırmadığımı (dikte etme dışında), uygulamalarımı yaptırmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Serenay KÜÇÜK

## ÖNSÖZ

Doktora eğitimim boyunca tez danışmanlığımı üstlenen, değerli bilgi ve birikimleri ile bana yol gösteren, yaşadığım her soruna sabırla çözüm arayan, destekleyen, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Barış AŞIKGİL'e sonsuz teşekkürlerimi ve minnetlerimi sunarım.

Tüm tez çalışması boyunca değerli desteklerini ve katkılarını esirgemeyen, yakın ilgileriyle beni yönlendiren hocalarım Sayın Prof. Dr. Aydın ERAR'a ve Sayın Doç. Dr. Atıf Ahmet EVREN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman kocaman sevgileriyle yanımda olan, bana güvenen, daimi destekçilerim annem Nurhan VAROL'a, babam Kamil VAROL'a ve anlayışıyla, desteğiyle, sevgisiyle bu hayat yolunda birlikte yürümekten keyif aldığım sevgili eşim Aykut KÜÇÜK'e sonsuz teşekkürler.

Doktora eğitim süreci boyunca bana yardımcı olan ve desteklerini benimle paylaşan tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Serenay KÜÇÜK

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>ix</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>xi</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>SEMBOLLER</b> .....	<b>xv</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>xix</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xxi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYON ANALİZİ</b> .....	<b>5</b>
2.1 Doğrusal Olmayan Regresyonda Parametre Tahmini .....	6
2.2 Parametreler İçin Başlangıç Değerlerinin Saptanması .....	10
<b>3. DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYONDA OTOKORELASYON SORUNU</b> .....	<b>13</b>
3.1 AR Biçimli Otokorelasyon Modelleri ve Kestirimi .....	13
3.1.1 Yule-Walker denklemleri.....	13
3.1.2 Levinson-Durbin algoritması .....	14
3.2 Otokorelasyonun Tespiti ve Düzeltilmesi .....	14
3.2.1 İki aşamalı en küçük kareler yöntemi .....	16
3.2.2 Düzeltilmiş iki aşamalı en küçük kareler yöntemi.....	19
<b>4. DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYONDA AYKIRI DEĞER SORUNU VE SAĞLAM KESTİRİM YÖNTEMLERİ</b> .....	<b>21</b>
4.1 Aykırı Değer Kavramı.....	21
4.2 Sağlam Kestiriciler .....	23
4.2.1 M kestiricileri .....	25
4.2.2 S kestiricileri .....	28
4.2.3 MM kestiricileri .....	28
<b>5. OTOKORELASYON VE AYKIRI DEĞER SORUNU BİRLİKTE İKEN DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYON ANALİZİ</b> .....	<b>31</b>
5.1 Sağlam İki Aşamalı En Küçük Kareler Yöntemi .....	31
5.2 Sağlam Düzeltilmiş İki Aşamalı En Küçük Kareler Yöntemleri .....	33
<b>6. UYGULAMA</b> .....	<b>37</b>
6.1 Biyokimya Veri Kümesi.....	37
6.2 Ekonomi Veri Kümesi.....	42
<b>7. BENZETİM ÇALIŞMASI</b> .....	<b>47</b>
<b>8. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>57</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>59</b>
<b>EKLER</b> .....	<b>63</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>73</b>

## **KISALTMALAR**

<b>EKK</b>	: En Küçük Kareler
<b>İAEKK</b>	: İki Aşamalı En Küçük Kareler
<b>DİAEKK</b>	: Düzeltilmiş İki Aşamalı En Küçük Kareler
<b>SİAEKK</b>	: Sağlam İki Aşamalı En Küçük Kareler
<b>SDİAEKK</b>	: Sağlam Düzeltilmiş İki Aşamalı En Küçük Kareler
<b>AR</b>	: Otoregresif
<b>MA</b>	: Hareketli Ortalama
<b>ARMA</b>	: Otoregresif Hareketli Ortalama
<b>OMS</b>	: Ortalama Mutlak Sapma
<b>AKO</b>	: Artık Kareler Ortalaması
<b>HKO</b>	: Hata Kareler Ortalaması
<b>LD</b>	: Levinson-Durbin

## SEMBOLLER

$\epsilon$	: Hata Terimi
$e$	: Artık Vektörü
$\sigma$	: Hatanın Standart Sapması
$\theta$	: Parametre Vektörü
$\hat{\theta}$	: Parametre Kestirici Vektörü
$S(\theta)$	: Amaç Fonksiyonu

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 4.1</b> : M tahmin ediciler için kullanılan fonksiyonlar. ....	27
<b>Çizelge 5.1</b> : SİAEKK ve SDİAEKK yöntemlerinin karşılaştırılması.....	35
<b>Çizelge 6.1</b> : Orijinal ve aykırı değerli klorür verisi için sağlam iki aşamalı yöntemin uygulama sonuçları. ....	39
<b>Çizelge 6.2</b> : Orijinal ve aykırı değerli klorür verisi için sağlam olmayan iki aşamalı yöntemin uygulama sonuçları. ....	39
<b>Çizelge 6.3</b> : Orijinal ve aykırı değerli klorür verisi için tek aşamalı yöntemin uygulama sonuçları. ....	40
<b>Çizelge 6.4</b> : Orijinal ve aykırı değerli klorür verisi için makale sonuçları .....	41
<b>Çizelge 6.5</b> : Aykırı değerli klorür verisi için rastgelelik (run) testi sonuçları.....	42
<b>Çizelge 6.6</b> : Orijinal ve aykırı değerli satış verisi için sağlam iki aşamalı yöntemin uygulama sonuçları. ....	44
<b>Çizelge 6.7</b> : Orijinal ve aykırı değerli satış verisi için sağlam olmayan iki aşamalı yöntemin uygulama sonuçları. ....	44
<b>Çizelge 6.8</b> : Orijinal ve aykırı değerli satış verisi için tek aşamalı yöntemin uygulama sonuçları. ....	45
<b>Çizelge 6.9</b> : Aykırı değerli satış verisi için rastgelelik (run) testi sonuçları .....	46
<b>Çizelge 7.1</b> : Uygulanan yöntemler. ....	48
<b>Çizelge 7.2</b> : AR(1) biçimli otokorelasyonlu ve aykırı değerli durumda en etkin 5 yöntemin sıralaması. ....	51
<b>Çizelge 7.3</b> : AR(2) biçimli otokorelasyonlu ve aykırı değerli durumda en etkin 5 yöntemin sıralaması. ....	52
<b>Çizelge 7.4</b> : AR(3) biçimli otokorelasyonlu ve aykırı değerli durumda en etkin 5 yöntemin sıralaması. ....	53
<b>Çizelge 7.5</b> : Otokorelasyon ve aykırı değer varlığında en etkin 5 yöntemin daraltmalı ve daraltmasız olarak yüzde dağılımı .....	54
<b>Çizelge 7.6</b> : Otokorelasyon ve aykırı değer varlığında en etkin 5 yöntemin sağlamlık performansı bakımından yüzde dağılımı .....	54
<b>Çizelge 7.7</b> : Otokorelasyon ve aykırı değer varlığında en etkin 3 yöntemin daraltmalı ve daraltmasız olarak yüzde dağılımı .....	55
<b>Çizelge 7.8</b> : Otokorelasyon ve aykırı değer varlığında en etkin 3 yöntemin sağlamlık performansı bakımından yüzde dağılımı .....	55
<b>Çizelge A.1.a</b> : AR(1) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=20 iken benzetim sonuçları .....	65
<b>Çizelge A.1.b</b> : AR(1) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=50 iken benzetim sonuçları .....	66



<b>Çizelge A.1.c</b> : AR(1) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=100 iken benzetim sonuçları .....	<b>67</b>
<b>Çizelge A.2.a</b> : AR(2) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=20 iken benzetim sonuçları .....	<b>68</b>
<b>Çizelge A.2.b</b> : AR(2) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=50 iken benzetim sonuçları .....	<b>69</b>
<b>Çizelge A.2.c</b> : AR(2) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=100 iken benzetim sonuçları .....	<b>70</b>
<b>Çizelge A.3.a</b> : AR(3) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=20 iken benzetim sonuçları .....	<b>71</b>
<b>Çizelge A.3.b</b> : AR(3) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=50 iken benzetim sonuçları .....	<b>72</b>
<b>Çizelge A.3.c</b> : AR(3) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=100 iken benzetim sonuçları .....	<b>73</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : Doğrusal olmayan model .....	7
Şekil 2.2 : Doğrusal olmayan modelde artık kareler toplamı fonksiyonu için kontur çizimi.....	8
Şekil 3.1 : İAEKK yönteminin algoritması .....	18
Şekil 3.2 : DİAEKK yönteminin algoritması .....	20
Şekil 4.1 : İyi etkin değer, dikey ve yatay aykırı değer gösterimi .....	22
Şekil 4.2 : En küçüklenen çeşitli fonksiyonlar. ....	23
Şekil 4.3 : M tahmin ediciler için kullanılan fonksiyonların ağırlık değerleri .....	27
Şekil 5.1 : SİAEKK yönteminin algoritması .....	32
Şekil 5.2 : SDİAEKK yönteminin algoritması .....	34

## DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYONDA OTOKORELASYON VE AYKIRI DEĞER VARLIĞINDA SAĞLAM KESTİRİM YÖNTEMLERİ

### ÖZET

Doğrusal olmayan regresyonda etkin parametre tahmini ve istatistiksel sonuç çıkarımları için hata terimlerinin varsayımlarının sağlanması gereklidir. Özellikle, doğrusal olmayan regresyon modellerindeki hata terimlerinde bulunan ilişki sorunu sonuçları negatif yönde etkileyecektir. Doğrusal olmayan regresyon modellerinde parametre tahminini etkileyen diğer bir sorun ise veri kümesinde aykırı değer bulunmasıdır. Model parametre tahmininde kullanılan en küçük kareler yöntemi, kolaylıkla aykırı değerlerden etkilenir. İki aşamalı en küçük kareler yöntemi, otokorelasyon sorununu gidermesine rağmen, veride aykırı değer varlığında sağlam değildir. Bu sebeple, bu tez çalışmasında sağlam iki aşamalı en küçük kareler yöntemi geliştirilerek doğrusal olmayan regresyon modelinde otokorelasyon ve aykırı değer varlığının aynı anda bulunması durumunda parametre tahmin edicisi bulmak için sağlam düzeltilmiş iki aşamalı en küçük kareler yöntemleri önerilmiştir. Yapılan uygulamalarda ve benzetim çalışmasında önerilen yöntemler olan sağlam düzeltilmiş iki aşamalı en küçük kareler yöntemleri ile iki aşamalı en küçük kareler yöntemine ve sağlam iki aşamalı en küçük kareler yöntemine göre daha etkin sonuçların elde edildiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğrusal olmayan regresyon, otokorelasyon, aykırı değer, sağlam düzeltilmiş iki aşamalı en küçük kareler

# **ROBUST ESTIMATION METHODS IN NONLINEAR REGRESSION IN PRESENCE OF AUTOCORRELATION AND OUTLIER**

## **ABSTRACT**

In order to make efficient inferences about model parameter's estimations and statistical results in nonlinear regression, assumptions related to error term are need to be satisfied. Especially, the assumption that the errors are autocorrelated will affect the results negatively in nonlinear regression. Another problem that affects parameter estimation in nonlinear regression is the presence of outlier in data set. Least squares method used to estimate model parameters is easily affected from outliers. Although two-stage least squares method can deal with the autocorrelated errors, nonetheless, it is not robust when the outlier occurs in the data. Therefore, in this thesis, the method named robust two-stage least squares method has been devoleped and robust modified two-stage least squares methods have been suggested to find parameter estimation in nonlinear regression in presence of autocorrelation and outlier. The numerical examples and simulation study show that the robust modified two-stage least squares methods are more efficient than the two-stage least squares method and robust two-stage least squares method.

**Keywords:** Nonlinear regression, autocorrelation, outlier, robust modified two-stage least squares

## 1. GİRİŞ

Fen, mühendislik gibi bilimlerde kullanılan gerçek veriler genellikle doğrusal olmayan yapıda bulduklarından, bu verilerle yapılan uygulamalarda doğrusal olmayan regresyon analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Seber ve Wild (1989), doğrusal olmamanın kaynağını model parametresi ve modelin geometrisi olarak belirtmiştir. Doğrusal olmayan regresyon modelinde değişkenler arasındaki ilişki, parametrelerin en az birinin doğrusal olmayan fonksiyonu biçimindedir (Montgomery ve diğ., 2012). Doğrusal olmayan regresyonda etkin parametre tahmini ve istatistiksel sonuç çıkarımları için hata terimlerinin varsayımlarının sağlanması gereklidir (Kınacı ve Genç, 2002). Doğrusal olmayan regresyon modellerinde parametre tahminini etkileyen diğer bir sorun, veri kümesindeki aykırı değer varlığıdır. Aykırı değer varlığı durumunda verilerin kapsadığı genel bilgi aktarılamadığından sağlıklı sonuç elde edilememektedir. Veriler aykırı değer içeriyor ise uygulanacak iki alternatif yöntem bulunmaktadır. Birincisi, aykırı değerlerin bulunması, dışlanması ve kalan gözlemler üzerinden parametre tahmini yapılması; diğeri ise sağlam kestirim yöntemleri kullanarak analiz sonuçları üzerinde büyük etki sahibi olan aykırı değerlerin etkilerinin azaltılmaya çalışılmasıdır (Vural, 2007). Literatürde, sağlam kestiriciler ile ilgili Hampel (1974), Huber (1981), Rousseuw ve Yohai (1984) tarafından detaylı çalışmalar olduğu bilinmektedir.

Bu tez çalışmasında, doğrusal olmayan regresyon modelinde parametre tahminini etkileyen sorunlardan hata terimlerinde otokorelasyon ve veride aykırı değer bulunması durumları incelenmiştir.

Otokorelasyonlu hataların varlığında doğrusal olmayan bir model için etkin parametre kestirimleri elde etmede iki aşamalı en küçük kareler yöntemi (İAEKK) Gallant ve Goebel (1976) tarafından önerilmiştir. Aşıkil ve Erar (2013), İAEKK yönteminin ilk adımındaki artıkları elde etmede bir daraltma fonksiyonu kullanarak daha etkin parametre kestirimi elde edilen düzeltilmiş iki aşamalı en küçük kareler

(DİAEKK) yöntemini önermişlerdir. Bu yöntemler, otokorelasyon sorununu gidermesine rağmen veride aykırı değer varlığında sağlam değildir. Bu sebeple, bu tez çalışmasında Riazoshams ve diğ. (2010) tarafından önerilen yöntem olan sağlam iki aşamalı en küçük kareler (SİAEKK) yöntemi geliştirilerek doğrusal olmayan regresyon modelinde otokorelasyon ve aykırı değer varlığının aynı anda bulunması durumunda parametre tahmin edicisi bulmak için sağlam düzeltilmiş iki aşamalı en küçük kareler (SDİAEKK) yöntemleri önerilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, doğrusal olmayan regresyon modelinin yapısı incelenerek doğrusal olmayan regresyonda parametre tahmininden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, öncelikle otoregresif (AR) biçimli otokorelasyon modelleri ve kestirim yöntemleri hakkında bilgi verilip, doğrusal olmayan regresyon modellerindeki hata terimlerinde bulunan otokorelasyon sorununa, bu otokorelasyon sorununun tespiti ve düzeltilmesi hakkında önerilen yöntemlere yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde, ilk olarak aykırı değer kavramından ve doğrusal olmayan regresyonda yer alan aykırı değer sorunundan bahsedilmiştir. Daha sonra ise sağlamlılık kavramı hakkında bilgi verilip en çok kullanılan sağlam kestiriciler üzerinde durulmuştur.

Beşinci bölümde, bir doğrusal olmayan regresyon modelinde otokorelasyon ve aykırı değer sorunu birlikte yer aldığı anda parametre tahmini için sağlam iki aşamalı en küçük kareler yönteminden bahsedilip bu yöntem esas alınarak geliştirilen ve önerilen sağlam düzeltilmiş iki aşamalı en küçük kareler yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Altıncı bölümde, biyokimya ve ekonomi alanlarından iki veri kümesi için uygulamalar yapılmıştır. Biyokimya veri kümesi için, tez çalışmasında önerilen SDİAEKK yöntemleri, Gallant ve Goebel (1976) tarafından önerilen İAEKK yöntemi ve Riazoshams ve diğ. (2010) tarafından önerilen SİAEKK yöntemi ile çalışmalar yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ekonomi ile ilgili veri kümesi için ise tez çalışmasında önerilen SDİAEKK yöntemleri, Gallant ve Goebel (1976) tarafından önerilen İAEKK yöntemi ile ilgili çalışmalar yapılmış olup, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Daha sonra farklı senaryolarla benzetim çalışması yapılarak, bu tez çalışmasında önerilen SDİAEKK yöntemlerinin İAEKK yöntemine

göre görelî etkinlikleri elde edilmiştir.

Yedinci bölümde ise, yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirilmiş olup bu çalışmanın devamında literatüre nasıl katkı sağlanabileceği ile ilgili fikirlerden bahsedilmiştir.



## 2. DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYON ANALİZİ

Doğrusal regresyonda modelin parametrelere göre kısmi türevleri parametrelerden bağımsız iken; modelin en az bir parametreye göre kısmi türevi, en az bir parametreye bağlı ise bu model doğrusal olmayan regresyon modeli olarak tanımlanır (Montgomery ve diğ., 2012).

Modeli oluşturan parametreler doğrusal olmayan regresyon modellerinde doğrusal yapıda değildir ancak bağımsız değişkenler doğrusal veya doğrusal olmayan yapıda bulunabilir. Günlük hayat verilerinde, ilişkilerin çoğunda katsayıları itibariyle doğrusal olmayan bir yapı bulunur. Doğrusal olmama durumu, modelin parametrelerinden gözlenebildiği gibi modelin geometrisinden de gözlenebilmektedir (Seber ve Wild, 1989). Belirli  $x_i$  değerleri ile  $n$  gözlemlili  $(x_i, y_i)$  için doğrusal olmayan regresyon modelinin genel formu aşağıdaki gibidir.

$$y_i = f(x_i, \theta) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

Burada,  $y_i$  açıklanan değişken,  $x_i$   $k \times 1$  tane açıklayıcı değişken vektörü,  $\theta$  bilinmeyen doğrusal olmayan parametre vektörü ve  $\varepsilon_i$  hata terimi olup, hata terimlerinin doğrusal regresyon modelindeki gibi, beklenen değerlerinin sıfır, sabit varyanslı ve ilişkisiz olduğu varsayılır (Gallant, 1987).

$$(E(\varepsilon_i) = 0, V(\varepsilon_i) = \sigma^2, i \neq j \text{ iken } Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0, \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2))$$

Doğrusal olmayan regresyon modelinde, doğrusal regresyon modeline göre görülen en belirgin fark, parametre sayıları ile modeldeki bağımsız değişken sayısının ilişkisiz olmasıdır. Yani, sabit terimli doğrusal regresyon modellerinde,  $k$  tane bağımsız değişken varsa  $k+1$  tane de regresyon katsayısı vardır. Ancak bu durum doğrusal olmayan regresyon modellerinde gerçekleşmemektedir. Diğer bir fark ise bağımsız değişken vektörü ile ilgilidir. Doğrusal regresyon modellerinde bağımsız



değişken vektörü "1" başlangıç elemanı ile oluşturulur ancak doğrusal olmayan regresyon modellerinde  $x_i$  gözlemlerinden oluşan  $x$  vektörü "1" başlangıç elemanı olmadan oluşturulmaktadır.

(2.1) modelinin vektör gösterimi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$y = f(x, \theta) + \varepsilon \quad (2.2)$$

Bazı doğrusal olmayan modeller dönüşüm ile doğrusal hale getirilebilir. Ancak, doğrusal fonksiyon oluşturabilmek için  $y$  değişkeninde yapılacak bir dönüşüm hata terimlerini etkileyebilir ve hata terimleri artık sabit varyanslı olmayabilir. Sonuç olarak, doğrusal olmayan regresyon modellerinin doğrusallaştırılması işlemi her zaman uygun olmayabilir, bu işlem ile hatalı ve yanıltıcı sonuçlar elde edilebilir (Şahinbaşoğlu, 2005).

## 2.1 Doğrusal Olmayan Regresyonda Parametre Tahmini

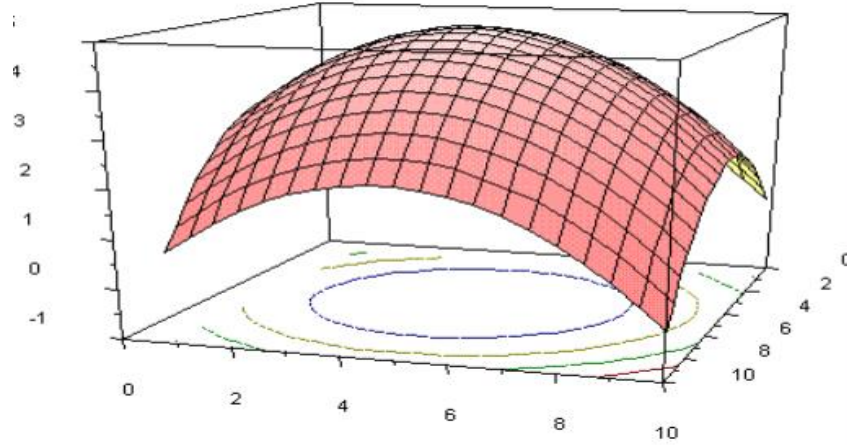
Doğrusal olmayan regresyon modelinde, parametre kestirim yöntemi olarak en küçük kareler yöntemi (EKK) uygulandığında oluşan normal denklemler doğrusal olmaz ve genellikle çözülmesi zordur.

Eşitlik (2.1) ile verilen doğrusal olmayan regresyon modeli için kriter aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$S(\theta) = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i, \theta)]^2 \quad (2.3)$$

Amaç, hata kareler toplamını yani  $S(\theta)$ 'yı en küçükleyecek kestiricileri bulmaktır. Bu yöntemin doğrusal regresyondan farkı normal denklemlerinin çözümünün iteratif sayısal araştırma yöntemlerini gerektirmesidir (Seber ve Wild, 1989).

EKK yönteminin geometrisinin incelenmesi, doğrusal olmayan bir modelin yapısının anlaşılmasında fayda sağlar. Şekil 2.1'de doğrusal olmayan model geometrisinin bir örneği gösterilmiştir (Erkoç, 2017).



**Şekil 2.1** : Doğrusal olmayan model.

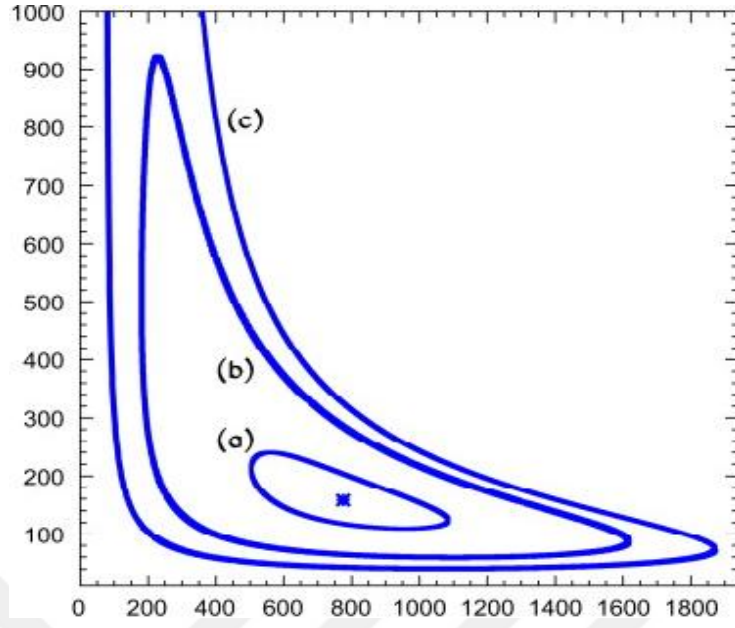
$\|y - f(x, \theta)\|^2$  ,  $y-f(x, \theta)$  vektörünün uzunluğunun karesi olmak üzere hata kareler toplamı , geometriksel olarak,

$$S(\theta) = \|y - f(x, \theta)\|^2 \quad (2.4)$$

şeklindeki norm ile ifade edilebilir.

Hata kareler toplamı fonksiyonu  $S(\theta)$  model parametreleri  $\theta$ 'ya bağlıdır. Böylelikle  $S(\theta)$  fonksiyonu, parametre uzayında yüzeydeki her bir konturun sabit hata kareler toplamının bir çizgisi olduğu bir kontur grafiği ile gösterilebilir.  $\|y - f(x, \theta)\|^2$ 'nin en küçüklenmesi demek  $y$  ile  $f(x, \theta)$  fonksiyonunun arasındaki Öklid uzaklığının en küçüklenmesi demektir. Buradan çıkarılacak sonuç; kestirim uzayında  $\hat{\theta}$ ,  $y$ 'ye en yakın noktadır ve hata kareler toplamını en küçükleyen değerdir (Rawlings ve diğ, 1998).

Kontur çizgileri elips şeklinde ise model bilinmeyen parametrelerde doğrusaldır ve tahmin edici EKK kestiricisinde tek bir global en küçüğe sahiptir. Kontur çizgileri elips şeklinde değil, uzatılmış ve şekilce düzensiz ise model doğrusal değildir. Şekil 2.2'de bir doğrusal olmayan modelde hata kareler toplamı fonksiyonu için kontur çizimi örneği verilmiştir.



**Şekil 2.2** : Doğrusal olmayan modelde hata kareler toplamı fonksiyonu için kontur çizimi.

Doğrusal olmayan modelin şekli, hata kareler toplamı konturlarının biçimi ve doğrultusunu belirler. Konturlar bazen birden çok global en küçüğe bulunduğu için düzensiz olabilir. Global en küçük noktayı çözümsel olarak bulunamazsa hata kareler toplamı fonksiyonu farklı başlangıç noktalarından başlanarak birkaç kez en küçüklenmeye çalışılabilir (Montgomery ve diğ., 2012). Doğrusal olmayan regresyonun parametre tahmininde; Gauss-Newton, Levenberg-Marquardt, en dik iniş gibi tahmin yöntemleri kullanılabilir.

En sık kullanılan yöntemlerin başında Gauss-Newton yöntemi gelmektedir. Gauss-Newton yöntemi, doğrusallaştırma yöntemi olarak da bilinir. Taylor serisi kullanılarak doğrusal olmayan regresyon modeli doğrusal terimlere yaklaştırılır ve EKK yöntemi ile parametre tahmini yapılır. Bu adımlar aşamalı biçimde gerçekleştirilerek doğrusal olmayan regresyon problemlerinin çözümü yapılır.

Doğrusal olmayan regresyon modellerinin parametre tahminleri sıralı şekilde yürütüldüğünden herhangi bir  $\theta$  vektörü, bir değişken gibi irdelenmelidir. Art arda yapılan iteratif tahminlerle parametre vektörü iyileştirilir (Serin, 2010).

Gauss-Newton yöntemi, eşitlik (2.2) ile verilen doğrusal olmayan modelde bağımsız

değişkenlerin gözlenen değerleri için  $f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta})$  fonksiyonunun  $\boldsymbol{\theta}_0$  ile gösterilen başlangıç noktası çevresindeki Taylor serisi yaklaşımı ile, aşağıdaki biçimde açıklanabilir.

$$f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta}) = f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta}_0) + \sum_{j=1}^p \left[ \frac{\partial f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta})}{\partial \theta_j} \right]_{\boldsymbol{\theta}=\boldsymbol{\theta}_0} (\theta_j - \theta_0) \quad (2.5)$$

$$f_i^0 = f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta}_0) \quad (2.6)$$

$$Z_{ij}^0 = \left[ \frac{\partial f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\theta})}{\partial \theta_j} \right]_{\boldsymbol{\theta}=\boldsymbol{\theta}_0} \quad (2.7)$$

Eşitlik (2.7), parametreler yerine başlangıç tahminleri yerleştirildiğindeki kısmi türevlerdir.

$$\beta_j^0 = (\theta_j - \theta_0), \quad (2.8)$$

gerçek regresyon parametresi ile parametre başlangıç tahmini arasındaki fark olmak üzere, doğrusal olmayan regresyon modeli aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$y_i - f_i^0 = \sum_{j=1}^p \beta_j^0 Z_{ij}^0 + \varepsilon_i \quad i=1,2,\dots,n \quad (2.9)$$

(2.9) ile verilen denklem şöyle de yazılabilir:

$$\mathbf{y}_0 = \mathbf{Z}_0 \boldsymbol{\beta}_0 + \boldsymbol{\varepsilon}$$

(2.5) ile verilen modele uyum sağlamaktaki amaç  $\beta_j^0$  regresyon katsayılarını tahmin etmek ve bunları kullanarak regresyon katsayılarının düzeltilmiş iteratif kestirimlerini elde etmektir.

$\boldsymbol{\beta}_0$  parametresinin kestirimi EKK yöntemi kullanılarak,

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_0 = (\mathbf{Z}_0' \mathbf{Z}_0)^{-1} \mathbf{Z}_0' \mathbf{y}_0 = (\mathbf{Z}_0' \mathbf{Z}_0)^{-1} \mathbf{Z}_0' (\mathbf{y} - \mathbf{f}_0) \quad (2.10)$$

biçiminde bulunur.

$\boldsymbol{\beta}_0 = \boldsymbol{\theta} - \boldsymbol{\theta}_0$  olduğundan,  $\hat{\boldsymbol{\theta}}_1 = \hat{\boldsymbol{\beta}}_0 + \boldsymbol{\theta}_0$  kestirimi,  $\boldsymbol{\theta}'$ 'nin yeniden düzenlenmiş kestirimi olarak tanımlanabilir.

Bu aşamadan sonra,

$$S(\boldsymbol{\theta}) = [\mathbf{y} - f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta})]'[\mathbf{y} - f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta})] \quad (2.11)$$

olmak üzere,

$S(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{j+1}) \leq S(\hat{\boldsymbol{\theta}}_j)$  olacak şekilde bir iteratif süreç takip edilir.

Bu süreç,  $\hat{\boldsymbol{\theta}}_{j+1} - \hat{\boldsymbol{\theta}}_j < \tau$  eşitsizliği sağlanıncaya kadar yani fark ihmal edilebilir derecede azalıncaya kadar sürdürülür. Burada,  $\tau = 10^{-6}$  gibi küçük bir sayı olarak düşünülebilir (Montgomery ve diğ, 2012). Hata teriminin normal dağılıma sahip olduğu doğrusal regresyon modellerinde, herhangi bir örnek büyüklüğü için, parametrelerin kesin sonuçları olmasına rağmen doğrusal olmayan regresyon modellerinde kesin sonuçları olmayabilir. Bu durum, EKK yöntemi kullanılarak elde edilen tahmin edicilerin normal dağılmayan, en küçük varyansa sahip olmayan ve yansız olmayan tahmin ediciler olması ile açıklanır (Şahinbaşoğlu, 2005). Bu sebeple, doğrusal olmayan regresyon parametrelerinin sonuçları büyük örnek teorisi ile ilişkilendirilir. Eğer örnek çapı yeterince büyükse asimptotik sonuçlar doğrultusunda en küçük varyanslı parametre tahminlerine ulaşılır. Örnek çapı arttıkça ve sonsuza yaklaştıkça yansız ve en küçük varyans özelliklerine yaklaşılır (Bates ve Watts, 1988). Böylece, istatistiksel testler ve güven aralıkları yaklaşık bir uygunlukta bulunabilir (Gallant, 1987).

## 2.2 Parametreler İçin Başlangıç Değerlerinin Saptanması

Parametreler için başlangıç değerleri seçimi, sağlıklı bir doğrusal olmayan regresyon analizi için rastgele olmamalıdır. Başlangıç değerleri seçiminin iyi olması, bir başka deyişle gerçek parametre değerlerine yakın olması, yakınsama zorluklarını en aza indirecektir (Montgomery ve diğ, 2012).

Doğrusal olmayan modellerde beklenti fonksiyonu eğriseldir. Farklı parametre değerleri için beklenti fonksiyonunun grafiksel gösterimi modelin yapısını anlamaya yardımcı olabilir ve parametre değerlerindeki değişimlere bağlı olarak model davranışlarında görülen etkiler incelenebilir (Hamilton, 1992). Parametrelerin başlangıç değerleri, verilerin genel yönelimleri dikkate alınarak fiziksel ve geometrik olarak bulunabilir.

Beklenti fonksiyonunun yapısı bazı dönüşümlere olanak sağlayabilir. Model parametrelerine göre doğrusallaştırma, dönüşüm uygulayarak gerçekleşirse doğrusal EKK ile dönüştürülmüş parametrelerin başlangıç değerleri bulunabilir. Şayet doğrusallaştırma mümkün olmazsa bir veya birkaç parametre etkisizleştirilerek model geri kalan parametrelere göre doğrusallaştırılabilir. Böylelikle, bu parametrelerin başlangıç değerleri EKK yöntemi ile tahmin edilebilir (Bates ve Watts, 1988; Bunke ve Bunke, 1989; Gallant, 1987).



### 3. DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYONDA OTOKORELASYON SORUNU

#### 3.1. AR BİÇİMLİ OTOKORELASYON MODELLERİ VE KESTİRİMİ

##### 3.1.1 Yule-Walker denklemleri

AR(q) biçimli bir zaman serisi,

$$y_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_q y_{t-q} + \varepsilon_t \quad (3.1)$$

olmak üzere eşitliğin her iki tarafı  $y_{t-1}$  ile çarpılıp beklenen değer alındığında,

$$E(y_t y_{t-1}) = a_1 E(y_{t-1} y_{t-1}) + \dots + a_q E(y_{t-1} y_{t-q}) + E(y_{t-1} \varepsilon_t) \quad (3.2)$$

eşitliğine ulaşılır. Beklenen değerler otokovaryansları göstermektedir.

$y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-q}$  için ayrı ayrı düşünülürse (3.2) nolu eşitlik aşağıdaki matris şeklinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_0 & c_1 & \dots & c_{q-1} \\ c_1 & c_0 & \dots & c_{q-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{q-1} & c_{q-2} & \dots & c_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_q \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

(3.3) nolu eşitlik, Yule-Walker denklemleri olarak bilinir ve C tam ranklı ve simetrik bir matris olmak üzere, bu denklemler ile parametre kestirim vektörünün,

$$\hat{\mathbf{a}} = \mathbf{C}^{-1} \mathbf{c} \quad (3.4)$$

şeklinde hesabı yapılabilir (Cho ve Song, 1996; Eshel, 2003).

(3.1) nolu eşitliğin her iki tarafı  $y_t$  ile çarpılıp beklenen değer alındığında,

$$c_0 = a_1 c_1 + a_2 c_2 + \dots + a_q c_q + \sigma^2 \quad (3.5)$$

eşitliğine ulaşılır. (3.4) ve (3.5) nolu eşitlikler bir arada düşünüldüğünde,

$$\hat{\sigma}^2 = c_0 - \hat{\mathbf{a}}' \mathbf{c} \quad (3.6)$$

şeklinde varyans kestirimi elde edilebilir (Enders, 1995).

### 3.1.2 Levinson-Durbin Algoritması

Yule-Walker denklemleri ile elde edilen kestirime benzeyen bu algoritma,

$$y_t = \sum_{j=1}^q a_{j,q} y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (3.7)$$

şeklindeki ortalaması sıfır ve durağan AR( $q$ ) modeli için aşağıdaki eşitlikler ile açıklanabilir:

$$\hat{\mathbf{a}}_{q+1,q+1} = \left[ \mathbf{c}_{q+1} - \sum_{j=1}^q \hat{\mathbf{a}}_{j,q} \mathbf{c}_{q+1-j} \right] \hat{\mathbf{v}}_q^{-1}, \quad q=1, 2, \dots, \quad (3.8)$$

$$\hat{\mathbf{a}}_{j,q+1} = \hat{\mathbf{a}}_{j,q} - \hat{\mathbf{a}}_{q+1,q+1} \hat{\mathbf{a}}_{q+1-j,q}, \quad j=1, 2, \dots, q \quad (3.9)$$

$$\hat{\mathbf{v}}_{q+1} = (\mathbf{1} - \hat{\mathbf{a}}_{q+1,q+1}^2) \hat{\mathbf{v}}_q. \quad (3.10)$$

$\hat{\mathbf{a}}_q = (\hat{\mathbf{a}}_{1,q}, \dots, \hat{\mathbf{a}}_{q,q})'$ ,  $\hat{\mathbf{v}}_q$  parametre kestirim vektörü,  $\mathbf{c}_q = E(\mathbf{y}_t \mathbf{y}_{t-q})$  hata kareler ortalaması kestirimi olmak üzere,

$\hat{\mathbf{v}}_0 = \mathbf{c}_0$  ve  $\hat{\mathbf{a}}_{1,1} = \mathbf{c}_1 / \mathbf{c}_0$  eşitlikleri ile başlangıç değerleri tespit edilebilir (Brockwell ve Dahlhaus, 2004).

### 3.2 Otokorelasyonun Tespiti ve Düzeltilmesi

Doğrusal olmayan regresyon modelinin önemli varsayımlarından biri, hata teriminde yer alan ilişkisizliktir. Hata teriminin kendi gecikmeleri ile ilişki içinde olmasına otokorelasyon denir. Hata terimleri arasındaki ilişki genellikle, otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA) veya bu iki modelin birleşimi olan otoregresif hareketli



ortalama (ARMA) modelleri ile açıklanabilmektedir.

(2.1) ile verilen modelin,  $q_1$ 'inci dereceden AR modeli;

$$\varepsilon_i = \Phi_1 - \varepsilon_{i-1} + \Phi_2 - \varepsilon_{i-2} + \dots + \Phi_{q_1} - \varepsilon_{i-q_1} + a_i ; \quad (3.11)$$

$q_2$ 'inci dereceden MA modeli;

$$\varepsilon_i = a_i - \Theta_1 a_{i-1} - \Theta_2 a_{i-2} - \dots - \Theta_{q_2} a_{i-q_2} ; \quad (3.12)$$

(3.11) ve (3.12) ile gösterilen eşitliklerin birleşimi ile  $q_1$ 'inci ve  $q_2$ 'inci dereceden ARMA modeli;

$$\varepsilon_i = \sum_{r=1}^{q_1} \Phi_r \varepsilon_{i-r} = a_i - \sum_{s=1}^{q_2} \Theta_s a_{i-s} \quad (3.13)$$

şeklinde oluşturulabilir. Burada,  $\Phi_j$  ve  $\Theta_j$  parametreler,  $a_i \sim (0, \sigma_a^2)$  aynı dağılımlı ilişkisiz hata terimidir.

Otokorelasyon sorunu olduğunda parametre kestirimleri, o parametre için etkin olmazlar. Bu sebeple, t ve F testleri ile parametreler için sağlıklı sonuçlar elde edilemeyeceğinden bu testlerin uygulanması doğru olmayacaktır.

Otokorelasyon, ihmal edilen değişkenlerden, modelin fonksiyonel şeklinin doğru belirlenememesi veya ölçüm hatalarından kaynaklanabilir. Ayrıca, otokorelasyon zamana bağlı verilerde daha çok görülmektedir. (Aşıkil, 2009).

Otokorelasyonun tespiti, artık çizimleri, korelogram, Durbin-Watson testi, rastgelelik (run) testi gibi testler ile yapılabilir.

Zaman serilerinde verilerin homojenliğini test etmek için kullanılan yöntemlerden birisi de rastgelelik testidir. İncelemesi yapılacak verinin aynı yığından ve birbirinden bağımsız olması hipotezinin reddedilememesi veya reddi şeklindeki iki durum rastgelelik testi ile kontrol edilebilir (Oliver, 1981). Test sonucuna göre veriler aynı yığından ve birbirine bağlı değil ise bu serilere basit rastgele seriler denilmektedir. Verilerin rastgeleliğini incelemek için oluşturulan hipotezler aşağıdaki gibidir:

$H_0$ : Veriler rastgeledir.

$H_1$ : Veriler rastgele değildir.

Rastgelelik testinde, araştırma hedefine yönelik kritik değer tespit edilerek verilerin bu değer altında veya üstünde olması durumları bulunur.

Üstte ve altta birbirlerini takip eden değerlerin (run) sayısı belirlenir.

Verinin dağılımı  $z$  bulunarak  $H_0$  hipotezinin reddedilememesi veya reddine karar verilir. Test istatistiği,  $z$ , test değeri;  $N$ , veri sayısı;  $N_p$ , ortancadan büyük olan veri sayısı;  $N_e$ , ortancadan küçük olan veri sayısı;  $r$ , run sayısı olmak üzere,

$$z = \frac{r - \frac{2N_e N_p}{(N_e + N_p)} + 1}{\sqrt{\frac{2N_e N_p (2N_e N_p - N)}{N^2 (N-1)}}} \quad (3.14)$$

biçiminde hesaplanır. Elde edilen  $z$  değeri  $\pm 1.96$  arasında ise % 95 güven aralığında,  $\pm 2.54$  aralığında ise % 90 güven aralığında verilerin rastgele (homojen) dağıldığı kabul edilir (Toros, 1993).

Otokorelasyonlu hataların varlığında, doğrusal olmayan regresyon analizi için İAEKK, DİAEKK yöntemleri gibi yöntemler uygulanabilir .

### 3.2.1 İki aşamalı en küçük kareler yöntemi

Otokorelasyonlu hataların varlığında doğrusal olmayan bir regresyon modelinde etkin parametre kestirimleri elde etmek için İAEKK yöntemi Gallant ve Goebel (1976) tarafından önerilmiştir. İAEKK yöntemi ile model, bir  $\hat{P}$  matrisi yardımıyla yaklaşık ilişkisiz hatalara sahip doğrusal olmayan yeni bir modele dönüştürülür. Oluşturulan bu yeni modeldeki parametreler Gauss-Newton ya da Levenberg-Marquardt yöntemleri uygulanarak kestirilir. AR biçimli otokorelasyona sahip hataların olduğu durumlarda sıklıkla kullanılabilen İAEKK yönteminin aşamaları aşağıdaki gibidir:

1. aşama:

- ❖ (2.1) nolu model, EKK yöntemi ile kestirilir ve artıklar elde edilir.
- ❖ Elde edilen artıklar ile,

$$\hat{Y}(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-h} e_i e_{i+h}, \quad h=0, 1, \dots, q \quad (3.15)$$

biçiminde tanımlanabilen kestirimi yapılmış otokovaryanslar hesaplanır. (3.15) nolu modelde  $q$  gecikme değeri olarak tanımlanıp bu değer hatalar arasında bulunan otokorelasyonun derecesini ifade eder.

❖ (3.15) nolu eşitlik kullanılarak,

$$\hat{\Gamma}_q = \begin{bmatrix} \hat{\gamma}(0) & \hat{\gamma}(1) & \cdots & \hat{\gamma}(q-1) \\ \hat{\gamma}(1) & \hat{\gamma}(0) & \cdots & \hat{\gamma}(q-2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\gamma}(q-1) & \hat{\gamma}(q-2) & \cdots & \hat{\gamma}(0) \end{bmatrix}, \hat{\gamma}_q = [\hat{\gamma}(1) \quad \hat{\gamma}(2) \quad \cdots \quad \hat{\gamma}(q)]' \quad (3.16)$$

elde edilir.  $\hat{\Gamma}_q$ ,  $(qxq)$  boyutlu varyans-kovaryans kestirim matrisi;  $\hat{\gamma}_q$ ,  $(qx1)$  boyutlu otokovaryans kestirim vektörüdür.

❖ (3.16) eşitliği ve Yule-Walker denklemleri ile

$$\hat{\alpha} = -\hat{\Gamma}_q^{-1} \hat{\gamma}_q, \quad \hat{\sigma}^2 = \hat{\gamma}(0) + \hat{\alpha}' \hat{\gamma}_q \quad (3.17)$$

biçiminde kestirim değerlerine ulaşılabilir.

❖ (3.17) ile verilen eşitlikler ve Cholesky yöntemi kullanılarak,

$$\hat{\Gamma}_q^{-1} = \hat{\mathbf{P}}_q' \hat{\mathbf{P}}_q \text{ eşitliği yardımıyla } (nxn) \text{ boyutlu}$$

$$\hat{\mathbf{P}} = \begin{bmatrix} \sqrt{\hat{\sigma}^2} \hat{\mathbf{P}}_q & & & & & & & & 0 \\ \hat{\alpha}_q & \hat{\alpha}_{q-1} & \cdots & \hat{\alpha}_1 & 1 & & & & \\ & \hat{\alpha}_q & \hat{\alpha}_{q-1} & \cdots & \hat{\alpha}_1 & 1 & & & \\ & & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & & & \\ & & & \hat{\alpha}_q & \hat{\alpha}_{q-1} & \cdots & \hat{\alpha}_1 & 1 & \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

band matrisi oluşturulur.

2. aşama:

❖ (3.18) eşitliğinden elde edilen  $\hat{\mathbf{P}}$  matrisi kullanılarak,

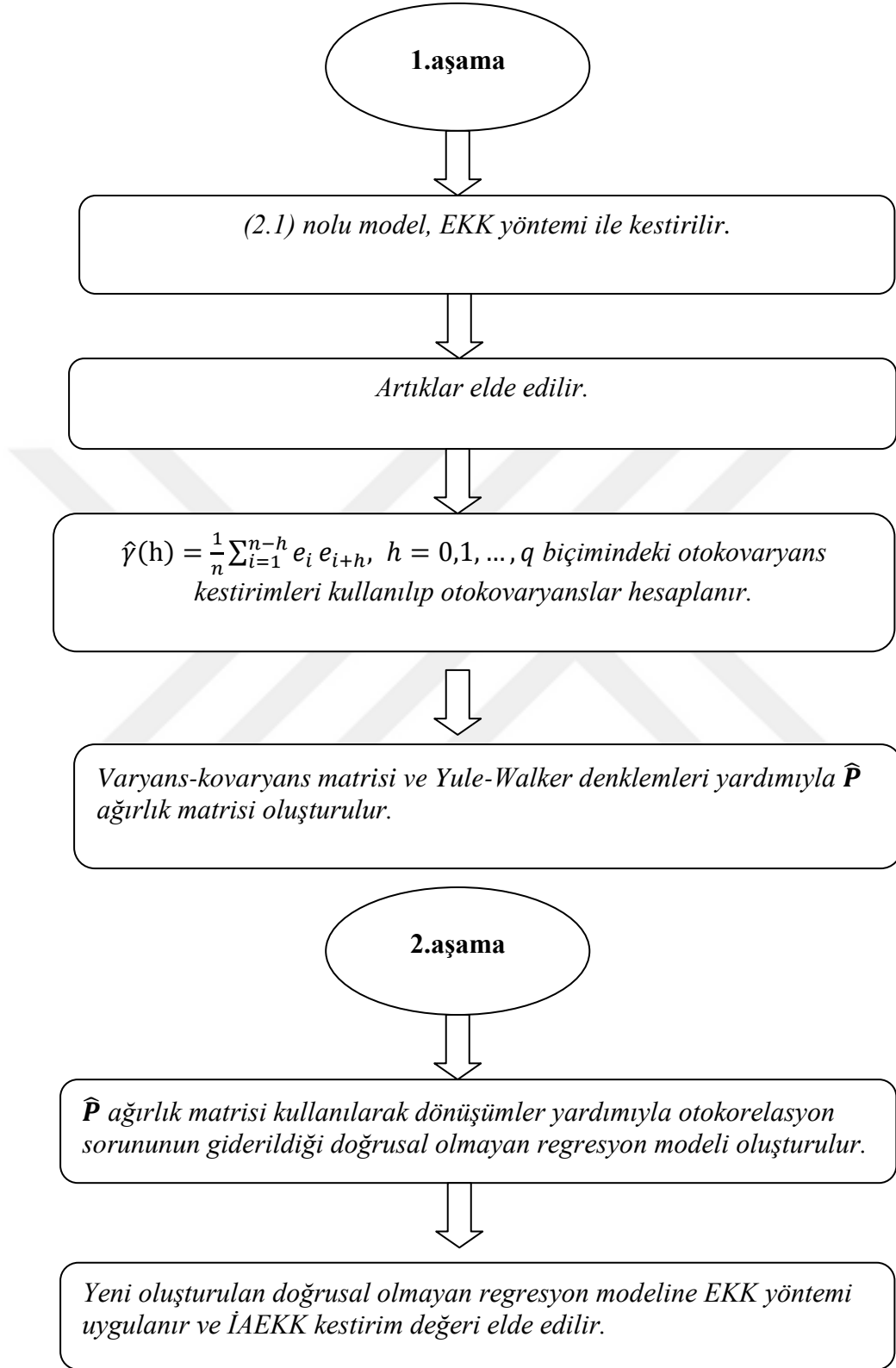
$$\mathbf{W} = \hat{\mathbf{P}} \mathbf{Y}, \quad \mathbf{g}(x_i, \theta) = \hat{\mathbf{P}} \mathbf{f}(x_i, \theta), \quad \mathbf{v} = \hat{\mathbf{P}} \boldsymbol{\varepsilon} \quad (3.19)$$

dönüşümleri ile,

$$\mathbf{W} = \mathbf{g}(x_i, \theta) + \mathbf{v} \quad (3.20)$$

modeline ulaşılır. (3.20) ile verilen eşitlikteki doğrusal olmayan regresyon modeline EKK yöntemi uygulanarak İAEKK kestirim değeri elde edilir.

İAEKK yönteminin algoritması Şekil 3.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.1 : İAEKK yönteminin algoritması.

### 3.2.2 Düzeltilmiş iki aşamalı en küçük kareler yöntemi

İAEKK,  $\hat{P}$  ağırlık matrisi yardımıyla otokorelasyonlu hataların giderildiği modelde parametre kestirimi üzerine Gallant ve Goebel (1976) tarafından oluşturulan bir yöntemdir. Bu yöntemde parametre kestirimlerinin etkinliğini etkileyen unsur  $\hat{P}$  matrisidir. Dolayısıyla,  $\hat{P}$  matrisinin içeriğini kısmen ya da tamamen değiştirmek farklı etkinlikteki parametre kestirimlerine ulaşılmasını sağlayabilir. DİAEKK ile  $\hat{P}$  matrisinin içeriğini değiştirebilecek bir yaklaşım yardımıyla daha etkin parametre kestirimleri elde etmek hedeflenmiştir (Aşıkil ve Erar, 2013). Bu hedefe yönelik oluşturulan yaklaşım aşağıdaki gibidir:

İAEKK yönteminin ilk adımında, EKK yöntemi ile elde edilen artıklar bir daraltma fonksiyonu ile daraltılabilir. Yani, (3.15) ile verilen eşitlikteki otokovaryans kestirimleri yerine,

$$\hat{Y}_{dar}(h) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-h} (s_t e_t) (s_{t+h} e_{t+h}) , \quad h=0,1,\dots,q \quad (3.21)$$

biçiminde verilen daraltılmış otokovaryans kestirimleri kullanılabilir (Aşıkil, 2009).  $s_t$  bir daraltma değeri olup,  $\sum_{t=1}^n s_t^2 = n$  eşitliği tanımlanır.  $s:[0,1] \rightarrow [0,\infty]$  aralığında tanımlı bir fonksiyon ve  $s(0)=s(1)=0$  olmak üzere,

$$s_t = s\left(\left(t - \frac{1}{2}\right)/n\right) k_n^{1/2}, \quad k_n = \frac{n}{\sum_{t=1}^n s\left(\left(t - \frac{1}{2}\right)/n\right)^2} \quad (3.22)$$

eşitlikleri verilir (Brockwell ve Dahlhaus, 2004).

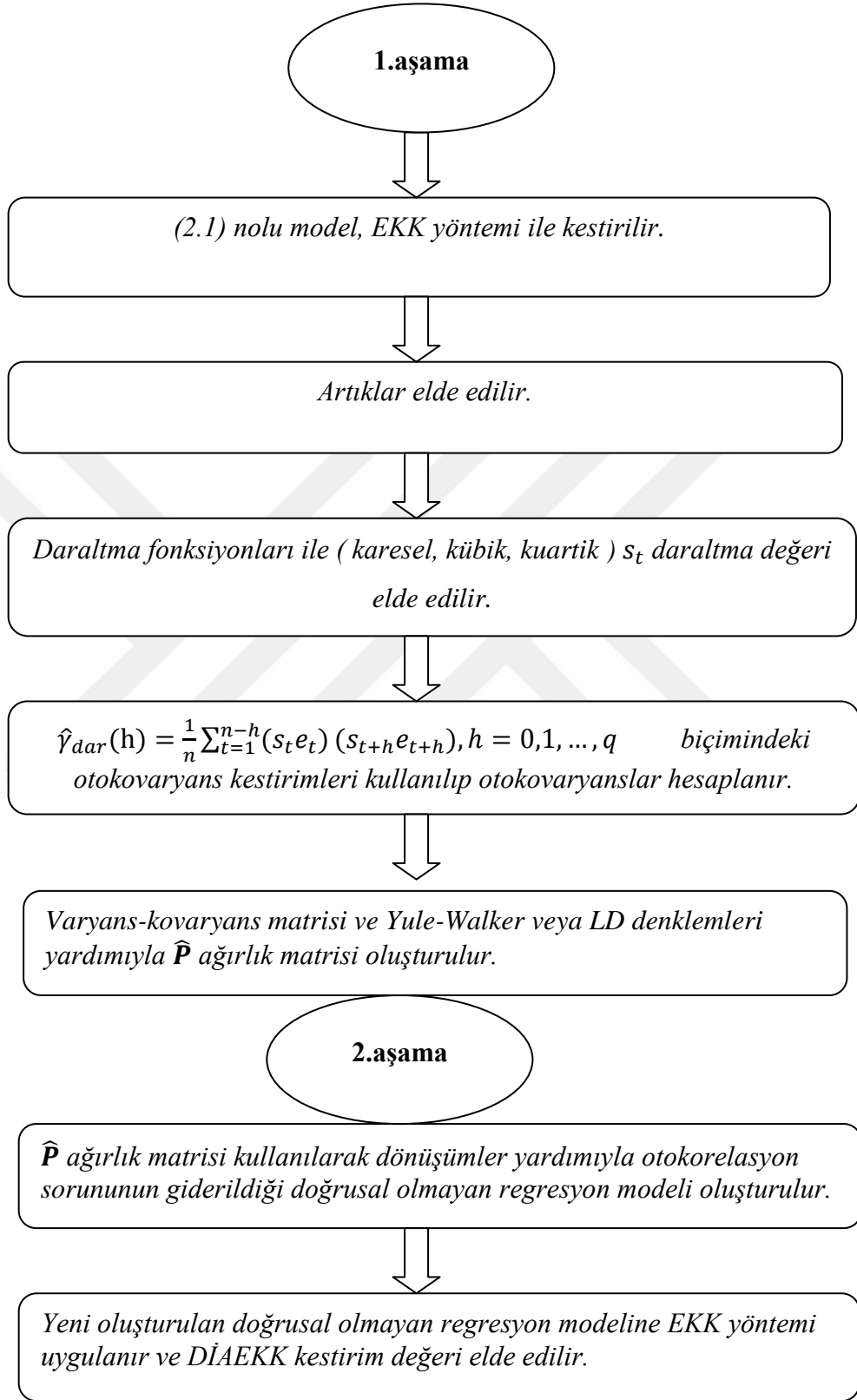
$s_t$  değerinin elde edilebilmesi için karesel, kübik ve kuartik olmak üzere üç farklı fonksiyondan yararlanılabilir.

Bu fonksiyonlar sırasıyla,

$$s(v) = v(1-v), \quad s(v) = v(1-v^2), \quad s(v) = v(1-v)(1-v^2) \quad (3.23)$$

eşitliklerindeki gibidir (Aşıkil, 2009).

DİAEKK yönteminin algoritması Şekil 3.2’de gösterildiği gibidir



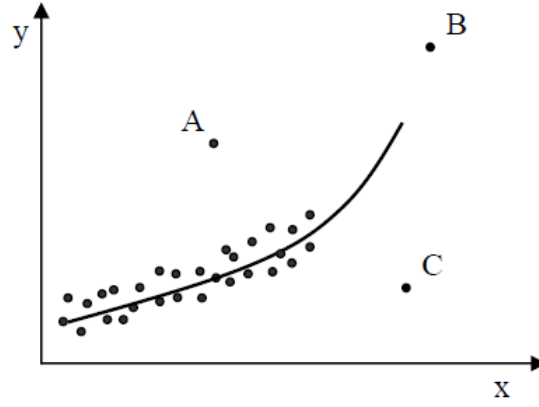
Şekil 3.2 : DİAEKK yönteminin algoritması.

## 4. DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYONDA AYKIRI DEĞER SORUNU VE SAĞLAM KESTİRİM YÖNTEMLERİ

### 4.1 Aykırı Değer Kavramı

Literatürde aykırı değerlerin birçok tanımı mevcuttur. Aykırı değer, Grubbs (1969) tarafından, içinde bulunduğu bir örneğin diğer üyelerinden belirgin bir şekilde uzaklaşan; Hawkins (1980) tarafından, farklı bir mekanizma ile üretildiğinden kuşkulanan kadar diğer gözlemlerden oldukça sapan; Barnett ve Lewis (1984) tarafından, örneklemin geri kalanından belirgin şekilde sapan, uyumsuz olan olarak tanımlanmıştır. Aykırı değerler genelde hata ya da sorun olarak görülse de önemli bilgilere sahip olduğu durumlar da bulunmaktadır (Kolbaşı, 2018). Ayrıca, bu değerler model kurma hatası, yanlış parametre tahmini veya hatalı analiz sonuçlarına sebep olabilir (Liu ve diğ., 2004). Bu yüzden, modelleme ve analiz yapmadan önce verideki aykırı değer veya değerlerin tespiti büyük önem taşımaktadır.

Şekil 4.1 incelendiğinde B noktası, regresyon eğrisinin üzerindedir. Bu gözlemler iyi etkin değer olarak tanımlanır ve model katsayı tahminlerini fazla etkilemezler ancak ilişki katsayısı, katsayıların standart hatası gibi istatistikler için etkilidir. C noktası, x ekseninde aykırı değer veya yatay aykırı değer olarak ifade edilir. Bu gözlemlerin model katsayıları üzerinde önemli etkileri vardır ve regresyon doğrusunun yönünü kendilerine doğru çekme etkisi yaparlar. A noktasına ise, y ekseninde aykırı değer veya dikey aykırı değer denir. Bu gözlemlerin büyük artık değerleri vardır.



**Şekil 4.1:** İyi etkin değer, dikey ve yatay aykırı değer gösterimi.

Aykırı değer, verilerin özelliklerini yansıtan gerçek bir değer olabileceği gibi ölçme, kaydetme, aktarma hatalarından dolayı gerçek bir değer yerine başka bir değer kullanılması ile de oluşabilir.

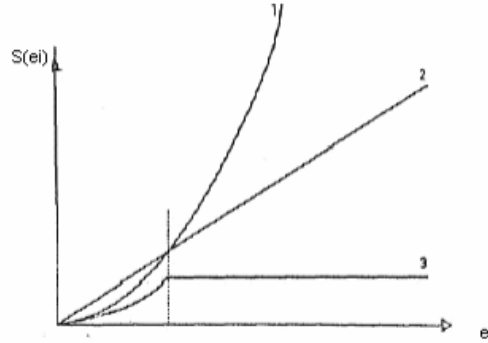
Aykırı değer, artık incelemesi ile tespit edilir. Birden çok aykırı değer durumunun tespitinde ise, en küçük hacimli elips, en küçük kovaryans determinantı, sağlam uzaklık gibi yöntemler kullanılabilir (Adnan ve Mohamad, 2003; Pekkör, 2010). Verilerde aykırı değer varsa aykırı değerlerin dışlanması ve kalan gözlemler üzerinden parametre tahmini yapılabilir. Ancak, bu durumun sakıncaları olabilir ve bu sakıncalar aşağıda belirtildiği gibidir: (Öztürk ve Türkay, 2005; Vural, 2010).

- Aykırı gözlem değerleri klasik yöntemlerle temizlenmiş olsa da yanlış dışlamalar sebebiyle veri normal olmayabilir ve bu sebeple istatistiksel hatalar oluşabilir.
- Bir gözlemi dışlamak ciddi bir karardır. Gözlemleri dışlamak yerine şüphelenilen yani aykırı değer olduğu düşünülen gözlemlere daha küçük ağırlıklar verilebilir.
- Dışlanan aykırı değerler dağılımı etkileyebilirler. Aykırı değerlerin dışlandığı veri kümesinde varyanslar gerçekte olduğundan daha küçük değer alabilir.
- Küçük örneklerde aykırı değerlerin dışlanması sakıncalıdır.



## 4.2 Sağlam Kestiriciler

Büyük hataların ve aykırı değerlerin varlığı çoğu istatistik yönteminin uygulanması için problem teşkil etmektedir. Verileri incelemek ve aykırı değerleri kontrol etmek sağlamlık için yapılan bir aşamadır (Öztürk, 2003). Sağlam bir tahmin, verinin küçük parçasında oluşan büyük bir değişim ya da verinin daha büyük bir parçasında oluşan küçük bir değişimden görece etkilenmeyen tahmindir. Huber (1981), incelenen bir dağılım biçiminin varsayılan modelden küçük sapmalar göstermesini dağılımsal sağlamlık; varsayımlardan küçük sapmaların kestirimleri etkilemediği durumu ise kestiricilerin sağlamlığı olarak açıklamıştır. Hampel (1974), sağlam bir yöntemin sahip olması gereken özellikleri açıklamıştır. Sağlam bir yöntem, varsayılan modelde iyi etkinliğe sahip olmalı, modeldeki küçük sapmalar performansa çok az zarar vermelidir. Sağlam yöntemler, verinin büyük çoğunluğunu iyi bir biçimde temsil ederek mümkün olduğu kadar küçük varyanslara sahip olmalıdır. Şekil 4.2'de en küçüklenen fonksiyon örnekleri gösterilmiştir (Vural, 2010).



**Şekil 4.2:** En küçüklenen çeşitli fonksiyonlar.

Şekil 4.2'ye bakıldığında 1 ile gösterilen fonksiyonun  $e_i$  ekseninde oluşan değişime çok duyarlı olduğu yani  $e_i$ 'de oluşan küçük bir artışta  $s(e_i)$ 'de büyük bir artış olduğu, 2 ile gösterilen fonksiyonun  $e_i$  ekseninde görülen bir değişimde daha az değişim oluşturduğu gözlemlenmektedir. Türev fonksiyonları ile en küçüklenen

kestirim değerleri elde edilecek bu fonksiyonlardan 2'den elde edilecek kestirimler 1'den daha sağlam, 3'den elde edilecek kestirimler ise en sağlam kestirimlerdir.

Bir tahmin edicinin sağlamlığının önemli bir ölçüsü bozulma noktasıdır. Bozulma noktası (breakdown point), kestiricinin aykırı değere karşı direncinin olduğu sınırı göstermektedir. Donoho ve Huber (1983), sonlu örneklerde iyi bir sağlam tahmin edicinin yüksek bir bozulma noktasına sahip olması gerektiğini ifade etmiştir. Bozulma noktası için ulaşılabilecek en yüksek değer %50'dir. Çünkü %50'yi aşan bozulma noktası ile normal gözlemlerle aykırı değerler arasında ayırım görülememektedir (Rousseuw ve Leroy, 1987).

Bozulma noktası ile ilgili incelenen çok sayıda sağlam yöntemin temeli, artıkların karelerinin toplamının kullanılması yerine aykırı değerlerin etkisini azaltan fonksiyonların kullanılmasına dayanmaktadır (Çetin ve Orsoy, 2001).

Sağlamlık konusunda bir diğer önemli konu ise etkinlik kavramıdır. Bir sağlam yöntemin etkinliği bu teknikle elde edilen hata kareler ortalamasının EKK ile elde edilen hata kareler ortalamasına bölünmesiyle elde edilen oran olarak tanımlanabilir. Bozulma noktası sağlamlığın bir ölçüsü iken etki fonksiyonu, tahmin edicide meydana gelen ufak bozulmaların etkisini ölçmektedir. Etki fonksiyonu, büyük örneklerdeki ölçülemeyecek kadar küçük bozulma oranının tahmin edicideki etkisini göstermektedir (Pekgör, 2010).

Bir  $F$  dağılımlı yığından çekilen  $Y=\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  örnekleminde elde edilen  $T$  tahmin edicisi için etkinlik fonksiyonu,

$$IF(y;T,F)=\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{T[(1-\varepsilon)F+\varepsilon\sigma_y]-T(F)}{\varepsilon} \quad (4.1)$$

şeklinde tanımlanır (Martin ve Yohai, 1986; Sinha ve diğ, 2003).

Huber (1981) tarafından, etki fonksiyonu kullanmanın tek bir gözlemin tahmin edicisi veya test istatistiği üzerindeki görelilik etkisini değerlendirmeyi sağladığı ifade edilmektedir. Eğer fonksiyon sınırlı değilse, bir aykırı değer problem yaratabilir. Etki fonksiyonu veride aykırı değerlerin neden olduğu yanlılığı gösterir. Tüm tahmin edicilerin bir bozulma noktası vardır ancak etki fonksiyonuna sahip olma zorunluluğu yoktur (Rousseuw ve Leroy, 1987).

Sağlam tahmin tanımından yola çıkılarak veri kümesindeki değişimler ya da genel olarak varsayımlardaki küçük sapmalar durumunda bile iyi performans gösteren kestiricilere sağlam kestiriciler denir (Vural, 2010). En yaygın olarak kullanılan sağlam kestiriciler, M, S ve MM tahmin edicileridir.

#### 4.2.1 M Kestiricileri

M tahmini önce ağırlıklandırılmış EKK'yı kullanarak ilk tahmini oluşturmaktadır. Bu tahmin sonucuna göre tekrarlı yöntemlerle yeni ağırlıklar hesaplanmakta ve bu ağırlıklar bir sonraki aşamada kullanılmaktadır. Durdurma kuralları sağlanıncaya kadar tekrarlamaya devam edilmektedir. M tahmin edicileri artıkların kareleri toplamını en küçük yapmak yerine artıkların fonksiyonunu en küçük yapar.

EKK tahmininin bozulma duyarlılığını azaltmak için artıkların simetrik, sürekli bir fonksiyonu olan  $\rho$  (kriter) fonksiyonu kullanılmaktadır (Huber, 1977).

$$\min_{\theta} \sum_{i=1}^n \rho(y_i - f(x_i; \theta)) \quad (4.2)$$

biçimindeki hataların bir fonksiyonunu en küçükleyen tahmin edici M tahmin edicisi olarak tanımlanır (Lopuha, 1992).

$\Psi$  fonksiyonu,  $\rho$  fonksiyonunun türev fonksiyonu ve  $F(\theta)$  da parametrelere göre  $n \times p$ 'lik türev matrisi olmak üzere, doğrusal olmayan regresyonda normal denklem sistemi  $\mathbf{F}'(\theta)\Psi(\mathbf{e})=0$ , ölçek parametresi,

$$\mathbf{F}'(\theta)\Psi\left(\frac{e}{\hat{\sigma}}\right)=0 \quad (4.3)$$

olarak kullanılır (Huber, 1981).

Veri aykırı değere sahip olduğunda, standart sapma değişimin iyi bir ölçüsü değildir. Bu sebeple değişimin sağlam ölçümlerinin kullanılması gerekmektedir (Şanlı, 2005).  $\hat{\sigma}$ , sağlam ölçek parametresi olup,

$$\hat{\sigma} = 1.4826 \times OMS \quad (4.4)$$

biçiminde bulunur. OMS (Ortalama Mutlak Sapma) değeri mutlak sapmaların ortancasıdır. Bu değer yaygın olarak,

$OMS = med\{|e_i - e_{0.5}|\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  biçiminde hesaplanmaktadır (Gather ve Hilker, 1997).

Burada  $e_i$ ,  $i$ . gözleme ait artık değerini,  $e_{0.5}$  de artıkların ortanca değerini gösterir. Eşitlik (4.4)'teki 1.4826 sabiti,  $n$ 'nin yeteri kadar büyük olması ve hata dağılımının normal olması durumunda  $\hat{\sigma}$ 'yı,  $\sigma$ 'nın yansız bir tahmin edicisi yapar.  $e_i^s = e_i/\hat{\sigma}$  ve  $W$ , köşegen elemanları  $w_{ii} = \frac{\psi(e_i^s)}{e_i^s}$   $i=1,2,\dots,n$  olan  $n \times n$ 'lik köşegen matris olmak üzere (4.3) eşitliği

$$F'(\theta) W(e^s) = \mathbf{0} \quad (4.5)$$

biçiminde yazılabilir.  $W$  ağırlık matrisi için kriter fonksiyonlarından farklı hesaplamalar yapılabilir.  $f(\theta)$  fonksiyonu  $\theta^0$  noktasındaki Taylor serisine açılırsa (4.5) eşitliği,

$$F'(\theta^0) W ( e^s - F'(\theta^0)(\theta - \theta^0) ) = \mathbf{0} \quad (4.6)$$

biçiminde yazılabilir ve işlemler yapılarak,

$$F'(\theta^0) W ( e^s ) = F'(\theta^0) W F (\theta^0) (\theta - \theta^0) ,$$

$$\theta - \theta^0 = ((F'(\theta^0) W F (\theta^0))^{-1} F'(\theta^0) W ( e^s )$$

ve

$$\theta = \theta^0 + ((F'(\theta^0) W F (\theta^0))^{-1} F'(\theta^0) W ( e^s ) \quad (4.7)$$

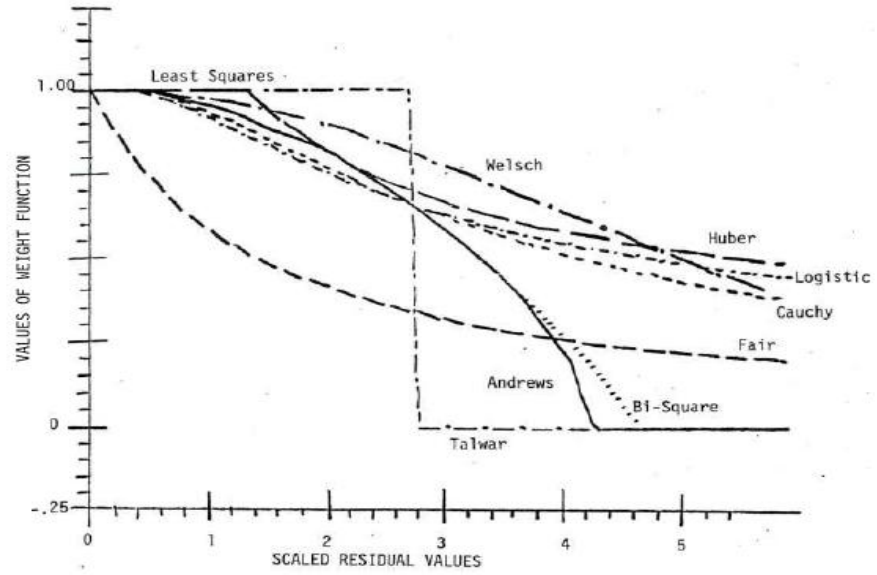
elde edilir. Denklem (4.7), Gauss-Newton yönteminin ağırlıklandırılmış biçimidir.

Doğrusal regresyonda  $\theta^0$  ve  $\hat{\sigma}$  birinci aşama olarak EKK tahmininden elde edilir. Ancak, doğrusal olmayan regresyonda  $\hat{\sigma}$  ilk EKK'dan elde edilmesine rağmen  $\theta^0$  keyfi bir başlangıç noktası olmalıdır. Bunun nedeni, (4.7) eşitliğinde ağırlık matrisinin tekrarlamada etkisi olmaksızın tekrarlamaya sona erecektir (Pekgör, 2010).

M tahmin edicisinde kullanılan kriter fonksiyonları  $\rho(r)$ ; Huber, Bisquare, Fair, Cauchy, Andrews, Talwar, Welsh, Logistic Çizelge 4.1'de gösterildiği gibidir. Şekil 4.3'te ise M tahmin ediciler için kullanılan fonksiyonların ağırlık değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir (Grynovicki ve Thomas, 2013).

**Çizelge 4.1 : M tahmin ediciler için kullanılan fonksiyonlar.**

İsim	Amaç Fonksiyonu $\rho(r)$	Etki Fonksiyonu $\rho'(r)$	Ağırlık Fonksiyonu $w(r)$	Tanım Aralığı	Ayarlama Sabiti
Andrews	$A^2[1 - \cos(r/A)]$ $2A^2$	$A \sin(r/A)$ $0$	$(r/A)^{-1} \sin(r/A)$ $0$	$ r  \leq \pi A$ $ r  > \pi A$	$A = 1.339$
Bisquare	$(B^2/6)[1 - [1 - (r/B)^2]^3]$ $B^2/2$	$r[1 - (r/B)^2]^2$ $0$	$(1 - (r/B)^2)^2$ $0$	$ r  \leq B$ $ r  > B$	$B = 4.685$
Talwar	$r^2/2$ $T^2/2$	$r$ $0$	$1$ $0$	$ r  \leq T$ $ r  > T$	$T = 2.795$
Cauchy	$(C^2/2) \log[1 + (r/C)^2]$	$r[1 + (r/C)^2]^{-1}$	$[1 + (r/C)^2]^{-1}$		$C = 2.385$
Welsch	$(W^2/2)[1 - \exp[-(r/W)^2]]$	$r \exp[-(r/W)^2]$	$\exp[-(r/W)^2]$		$W = 2.985$
Huber	$r^2/2$ $H r  - H^2/2$	$r$ $\text{sgn} \cdot (r)H$	$1$ $H r ^{-1}$	$ r  \leq H$ $ r  > H$	$H = 1.345$
Logistic	$L^2 \log[\cosh(r/L)]$	$L \tanh(r/L)$	$(r/L)^{-1} \tanh(r/L)$		$L = 1.205$
Fair	$F^2[ r /F - \log(1 +  r /F)]$		$(1 +  r /F)^{-1}$		$F = 1.400$



**Şekil 4.3 : M tahmin ediciler için kullanılan fonksiyonların ağırlık değerleri.**

#### 4.2.2 S Kestiricileri

S tahmin edicisi, ölçek istatistiğinin en küçüklenmesine dayanır. Bu tahmin ediciyi ilk defa Rousseeuw ve Yohai (1984) kullanmışlardır. S tahmin edicisi, EKK ve M tahmin edicilerini kapsar (Hampel ve diğ., 1986). Bir S tahmin edicisi, artıkların dağılımını en küçükleyen  $\theta$  değeri olarak aşağıdaki gibidir:

$$Enk_{\theta} s(y_1 - \theta, \dots, y_n - \theta) \quad (4.8)$$

$$S(\theta) = s(e_1(\theta), \dots, e_n(\theta))$$

$c > 0$  olarak bir sabit tanımlanırsa;  $\rho$  fonksiyonu simetrik, sürekli türevi alınabilir bir fonksiyon ve  $\rho$  fonksiyonu  $[0, c)$  aralığında artan ve  $[c, \infty)$  aralığında sabit olmak üzere;

$$\rho(x) = \begin{cases} \frac{x^2}{2} - \frac{x^4}{2c^2} + \frac{x^6}{6c^4} & , |x| \leq c \\ \frac{c^2}{6} & , |x| \geq c \end{cases} \quad (4.9)$$

şeklinde gösterilebilir.

$p$  parametre sayısı olmak üzere bozulma noktası aşağıdaki gibidir:

$$\varepsilon^* = \left( \left[ \frac{n}{2} - p + 2 \right] \right) / n \quad (4.10)$$

Bozulma noktası  $n \rightarrow \infty$  iken %50 olarak elde edilir. S tahmin edicilerinin %50 bozulma noktasına sahip olmasını sağlayabilmek için  $c$  sabiti 1.548 olarak seçilir (Rousseeuw ve Leroy, 1987). S tahmin edicisi kullanıldığında hesaplama süresinin uzun olması bu tahmin edicinin en olumsuz tarafıdır (Pekgör, 2010).

#### 4.2.3 MM Kestiricileri

Yohai (1987) tarafından MM yöntemi, hataların normal dağıldığı varsayımı ile, istatistiksel etkinliğin bozulma noktasının yüksek olduğu yöntem olarak gösterilmiştir. Bu yöntemde hesaplamada birden fazla M tahmini kullanıldığından MM adını almıştır.

MM tahminleri üç aşamada aşağıdaki gibi tanımlanır:

Aşama 1: Yüksek bozulma noktasından oluşan bir başlangıç tahmini elde edilir.

Aşama 2: Başlangıç tahminleri ile sağlam ölçek tahmini hesaplanır. Öncelikle,  $e_i(\theta_0) = y_i - \theta_0' x_i$  ,  $1 \leq i \leq n$  artıkları hesaplanır. Burada,  $\theta_0$  başlangıç tahminini göstermektedir.  $s_n = s(e(\theta_0))$  M ölçek tahmini, Yohai (1987)'de verilen varsayımları sağlayan  $\rho_0$  fonksiyonu kullanılarak ,  $b/a=0.5$  eşitliğini sağlayan bir b sabiti için,

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho \left( \frac{e_i(\theta)}{s_n} \right) = b \quad (4.11)$$

hesaplanır. Burada,  $a = \max \rho_0(u)$ 'dur. Huber (1981), bu ilk ölçek tahmininin 0.5 bozulma noktasına sahip olması için  $b/a=0.5$  olması gerektiğini ispatlamıştır.

Aşama 3: Başlangıç tahminleri ile başlayan iteratif yöntemden yararlanılarak MM tahmin edicileri elde edilir.

$\rho_1$  ,  $\rho_0$  için verilen koşulları sağlayan diğer bir fonksiyon ve,  $\rho_1(u) \leq \rho_0(u)$  ve  $\sup \rho_1(u) = \sup \rho_0(u) = a$  olmak üzere, MM tahmini  $\theta_1$ ,

$$\sum_{i=1}^n \psi_1 \left( \frac{e_i(\theta)}{s_n} \right) = 0 \quad (4.12)$$

eşitliğinin bir çözümü olarak tanımlanır.

$S(\theta_{j+1}) \leq S(\theta_j)$  olduğunda sonuç elde edilir (Çetin ve Orsoy, 2001; Yohai, 1987).

## 5. OTOKORELASYON VE AYKIRI DEĞER SORUNU BİRLİKTE İKEN DOĞRUSAL OLMAYAN REGRESYON ANALİZİ

### 5.1. Sağlam İki Aşamalı En Küçük Kareler Yöntemi

Bir doğrusal olmayan modelde EKK yöntemi, kolaylıkla aykırı değerlerden etkilenir. İAEKK yöntemi, otokorelasyon sorununu gidermesine rağmen, veride aykırı değer bulunması durumunda sağlam değildir. İAEKK, doğrusal olmayan bir regresyonda hem otokorelasyon sorunu hem de aykırı değer sorunu mevcut iken bu iki sorunu birlikte kontrol edemez. Otokorelasyon ve aykırı değer sorunu birlikte yer aldığı durumda, yeni bir yöntem geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu konuda, sağlam M ve sağlam MM kestiricilerinin birlikte kullanımını SİAEKK olarak önerilmiştir. SİAEKK için önerilen algoritma, EKK yönteminin sağlam kestiricilerle yeniden düzenlenmesi dışında İAEKK ile benzerdir.

SİAEKK yönteminin aşamaları aşağıdaki gibidir (Riazoshams ve diğ, 2010):

1. aşama:

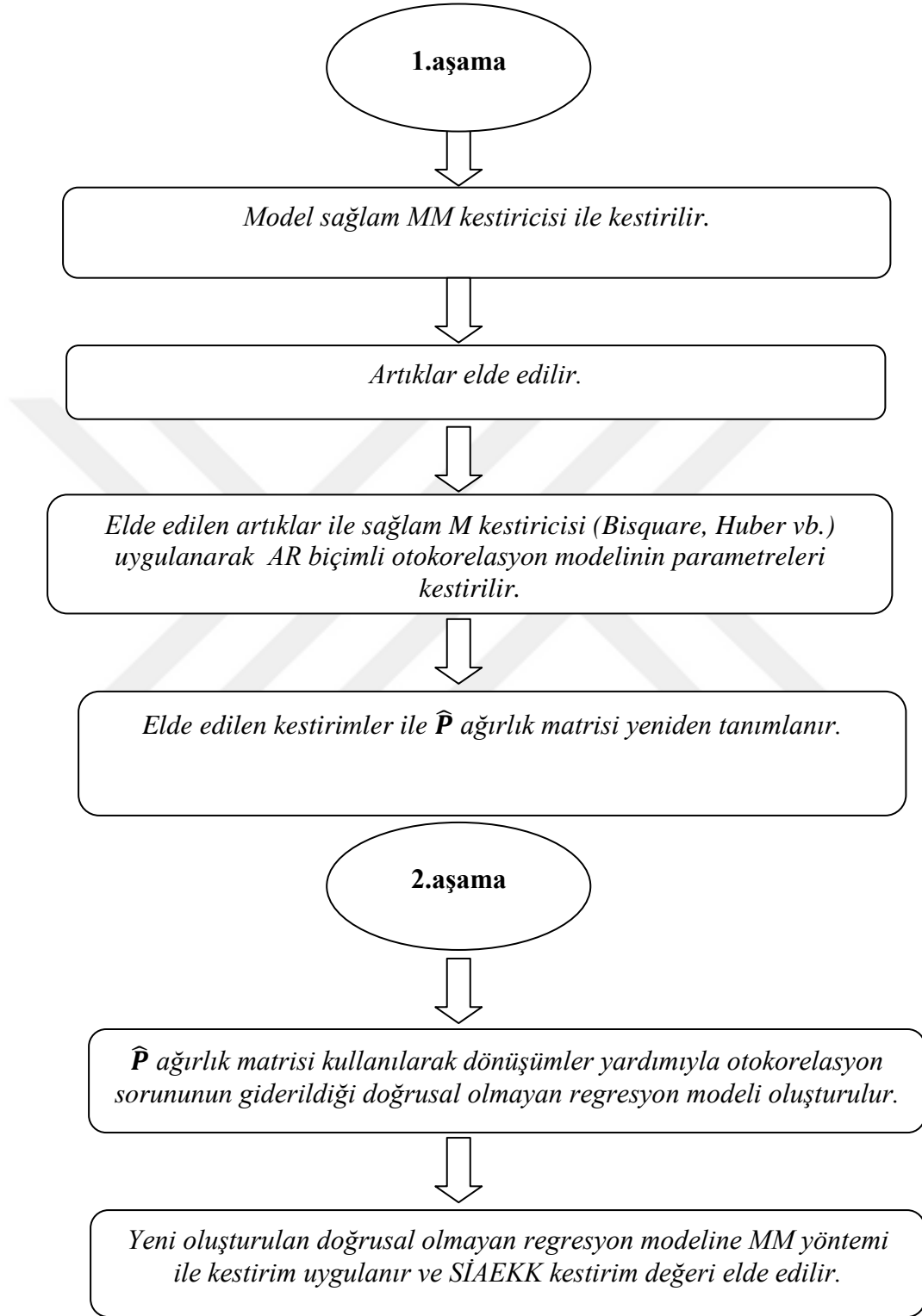
- ❖  $\hat{\theta}_{MM}$  elde edebilmek için MM kestiricisi kullanılarak model kurulur.
- ❖  $e_i = y_i - f(x_i; \hat{\theta}_{MM})$  ile artıklar elde edilir.
- ❖ Sağlam M kestiricisi (Bisquare, Huber vb.) kullanılarak AR biçimli otokorelasyon modelinin parametreleri kestirilir.

2. aşama:

- ❖ Yeniden tanımlanan doğrusal olmayan regresyon modeline MM yöntemi ile kestirim uygulanır.
- ❖ Sonuç olarak; SİAEKK parametre kestiricileri elde edilir.



SİAEKK yönteminin algoritması Şekil 5.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.1 : SİAEKK yönteminin algoritması.

## 5.2. Sağlam Düzeltilmiş İki Aşamalı En Küçük Kareler Yöntemleri

Riazoshams ve diğ. (2010) tarafından doğrusal olmayan regresyon modelinde otokorelasyon ve aykırı değer varlığının aynı anda bulunması durumunda parametre tahmin edicisi bulmak için SİAEKK yöntemi önerilmiştir. Bu yöntem değerlendirilerek daha etkin SİAEKK tahmin edicisi bulabilmek için çeşitli yaklaşımlar üzerinde çalışılmıştır. Bu tez çalışmasında, doğrusal olmayan regresyon modelinde otokorelasyon ve aykırı değer varlığının aynı anda bulunması durumunda parametre tahmin edicisi bulmak için SDİAEKK yöntemleri verilmiştir. Önerilen yaklaşımlar ile SDİAEKK tahmin edicisini bulmak için verilen aşamalar aşağıdaki gibidir:

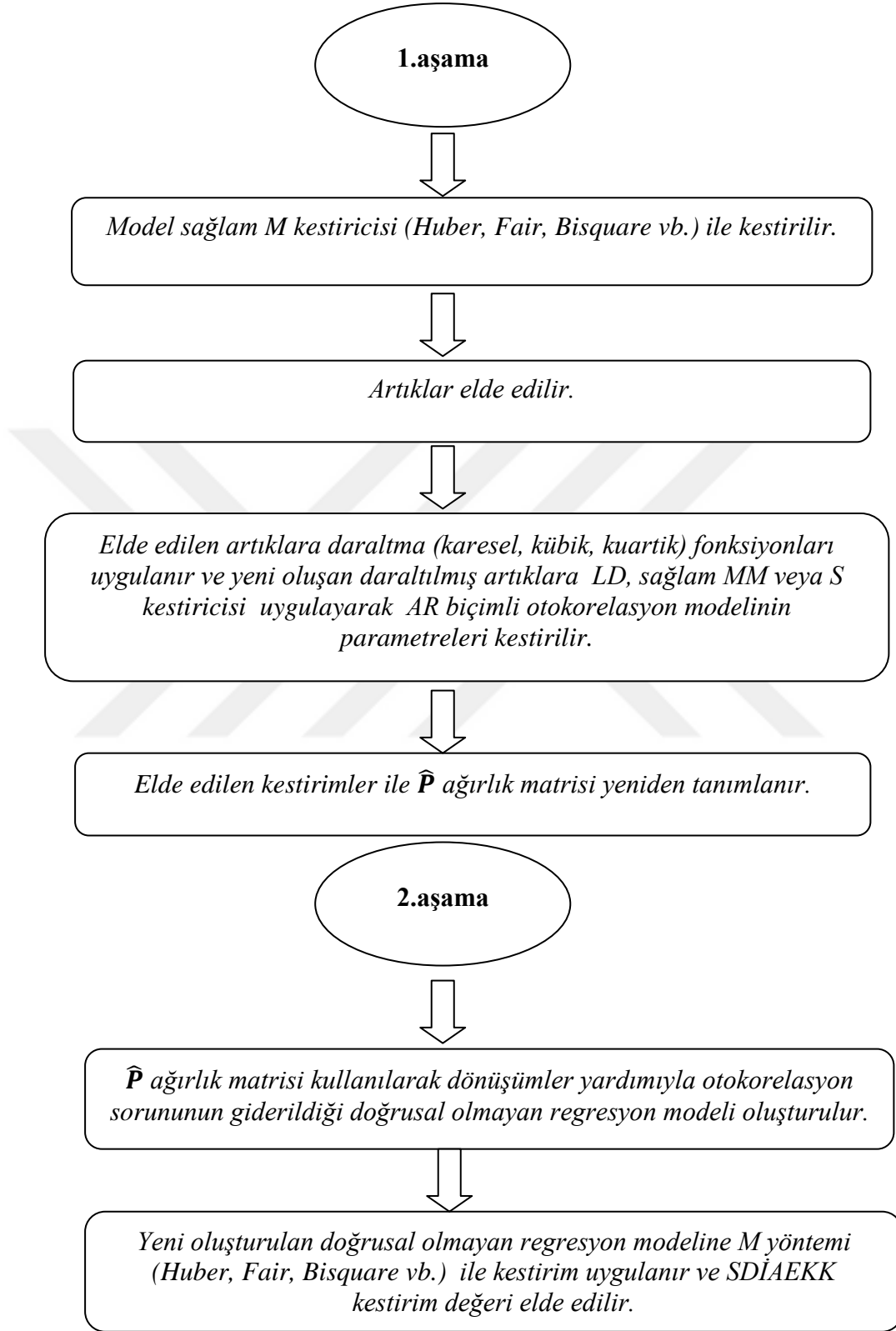
1. aşama:

- ❖ Model, sağlam M kestiriciler (Huber, Fair, Bisquare vb.) ile kestirilerek artıklar elde edilir.
- ❖ Elde edilen artıklara daraltma uygulayarak (karesel, kübik, kuartik); LD algoritması, MM veya S sağlam kestiricileri ile AR biçimli otokorelasyon modelinin parametreleri kestirilir.
- ❖ Elde edilen parametre kestirimleri ile  $\hat{P}$  matrisi yeniden tanımlanır.

2. aşama:

- ❖ Yeniden tanımlanan  $\hat{P}$  matrisi ile değişkenler üzerinde dönüşümler yapıp doğrusal olmayan regresyon modeline sağlam M kestirim (Huber, Fair, Bisquare vb.) yöntemi uygulanır.
- ❖ Sonuç olarak; SDİAEKK parametre kestiricileri elde edilir.

SDİAEKK yönteminin algoritması Şekil 5.2’de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.2 : SDİAEKK yönteminin algoritması.

SİAEKK ile SDİAEKK yöntemleri karşılaştırılmış olup Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.1 : SİAEKK ve SDİAEKK yöntemlerinin karşılaştırılması.**

	<b>SİAEKK</b>	<b>SDİAEKK</b>
<b>1. AŞAMA</b>		
<i>Model kestirimi ile artık elde etme</i>	MM kestirimi	M kestirimi
<i>Otokovaryans kestirimi</i>	$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-h} e_i e_{i+h}$	$\hat{\gamma}_{dar}(h) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-h} (s_t e_t) (s_{t+h} e_{t+h})$
<i>AR biçimli otokorelasyon modelinin parametre kestirimi</i>	M kestirimi	MM kestirimi veya S kestirimi
<b>2. AŞAMA</b>		
<i>Otokorelasyondan arındırılmış modelin parametre kestirimi</i>	MM kestirimi	M kestirimi

## 6. UYGULAMA

Uygulamalarda, doğrusal olmayan regresyon modelinde otokorelasyon ve aykırı değer varlığının aynı anda bulunması durumunda önerilen SDİAEKK yöntemlerinin daha etkin tahmin değerleri oluşturup oluşturmayacağı araştırılmış ve aykırı değer varlığında sağlam yöntemlerle AR modelinin parametre kestirimi yapıp önerilen yaklaşımlar dahil edilerek çıkan sonuçların karşılaştırması yapılmıştır. Etkin tahmin olup olmadığı artık kareler ortalamasının karekökü ( $\sqrt{AKO}$ ) ölçütü kullanılarak tespit edilmiştir. Uygulamalarda, MATLAB R2016b programı kullanılmış olup, FSDA Toolbox ([rosa.unipr.it/FSDA](http://rosa.unipr.it/FSDA)) kullanılarak yeni program kodları oluşturulmuştur.

### 6.1 Biyokimya Veri Kümesi

Biyokimya veri kümesi 54 gözlemlilik elektrik potansiyellerinden üretilen klorür konsantrasyonunu içermektedir (Bates ve Watts, 1988, syf.78). Veri kümesi, zaman ve klorür konsantrasyonu değişkenlerinden oluşmaktadır. Bu veri kümesi için  $x_i$  zaman,  $y_i$  klorür konsantrasyonunu göstermek üzere aşağıdaki model türetilmiştir.

$$y_i = \alpha(1 - \beta e^{-\gamma x_i}) + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, 54 \quad (6.1)$$

Aykırı değerli veri oluşturmak için veri setindeki 2., 3., 4. gözlemler değiştirilmiştir. 17.6 yerine 20.6, 17.9 yerine 20.9 ve 18.3 yerine 21.3 değerleri atanmıştır. Riazoshams ve diğ. (2010) tarafından yapılan çalışma esas alınarak uygulama yöntemi geliştirilmiştir.

54 gözlemlilik aykırı değerli oluşturulan klorür verisinde MATLAB'da ilk olarak parametre kestirimi için Levinson-Durbin (LD) algoritması kullanılarak ilişki derecesi AR(1) olmak üzere sağlam yöntem olan M kestiricisi için kriter fonksiyonları ve düzeltilmiş iki aşamalı yöntemler ile EKK tahmin edicisi bulunmuştur. İkinci olarak, sağlam kestiricilerden MM ve S kestiricileri ile AR modelinin parametre kestirimi yapıp önceki yöntem uygulanmıştır.

Çizelge 6.1’de orijinal ve aykırı değerli klorür verisi için sağlam iki aşamalı yöntemlerle elde edilen uygulama sonuçları verilmiştir . Çizelge 6.1’in ilk sütununda orijinal, ikinci sütununda ise aykırı değerli oluşturulan klorür verisinin LD algoritması kullanılarak sağlam iki aşamalı yöntemlerle (Huber, Bisquare, Fair, Cauchy) daraltılmamış, karesel, kübik ve kuartik daraltma ile elde edilen parametre kestirim ve  $\sqrt{AKO}$  sonuçları verilmiştir. Üçüncü ve dördüncü sütunda ise aykırı değerli veri için AR(1) modelinin kestiriminde sırasıyla, MM ve S kestirimleri kullanılarak sağlam yöntemlerle (Huber, Bisquare, Fair, Cauchy) daraltılmamış, karesel, kübik ve kuartik daraltma ile elde edilen sonuçlar verilmiştir. Çizelge 6.2’de orijinal ve aykırı değerli klorür verisi için LD algoritması ile elde edilen İAEKK ve DİAEKK uygulama sonuçları verilmiştir.

Çizelge 6.1 : Orijinal ve aykırı değerli klorür verisi için sağlam iki aşamalı yöntemin uygulama sonuçları.

	Orijinal veri LD				Aykırı değerli veri LD				Aykırı değerli veri MM				Aykırı değerli veri S			
	Daraltılmamış	Karesel	Kübik	Kuartik	Daraltılmamış	Karesel	Kübik	Kuartik	Daraltılmamış	Karesel	Kübik	Kuartik	Daraltılmamış	Karesel	Kübik	Kuartik
	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$
<b>Huber</b>	39.2234 0.8232 0.1559 0.153	39.112 0.823 0.1567 0.1572	39.119 0.823 0.1567 0.1572	39.2749 0.8231 0.1554 0.1497	39.9546 0.8118 0.1472 0.2696	39.8712 0.8116 0.479 0.2722	39.757 0.8115 0.1489 0.2748	40.0871 0.8123 0.1462 0.2674	39.8161 0.8116 0.1484 0.2735	38.7841 0.8139 0.1582 0.2729	39.627 0.8116 0.1500 0.2740	40.0975 0.8123 0.1461 0.2674	40.1949 0.8136 0.1456 0.2634	40.1973 0.8138 0.1456 0.2636	40.1777 0.8131 0.1456 0.2687	40.1762 0.8154 0.1462 0.2687
<b>Bisquare</b>	39.208 0.8231 0.156 0.15	39.104 0.8227 0.1568 0.1503	39.108 0.8227 0.1568 0.1503	39.2573 0.8232 0.1556 0.15	39.1251 0.823 0.1568 0.2581	39.1397 0.8234 0.1567 0.2575	39.126 0.823 0.1568 0.2579	39.1598 0.8242 0.1568 0.2565	39.1244 0.8243 0.1571 0.2567	38.8891 0.8168 0.1577 0.2683	39.126 0.8230 0.1568 0.2579	42.1644 0.8218 0.1336 0.3317	39.0595 0.8282 0.1586 0.2577	39.0626 0.8282 0.1586 0.2579	39.1028 0.8266 0.1578 <b>0.2563</b>	41.9366 0.8224 0.1352 0.3464
<b>Fair</b>	39.4126 0.8213 0.1537 0.1552	39.314 0.8208 0.1544 0.1572	39.316 0.8208 0.1544 0.1572	39.4713 0.8214 0.1533 0.1556	40.6881 0.8048 0.1397 0.2876	40.3944 0.8045 0.1419 0.2888	40.191 0.8045 0.1436 0.2903	40.836 0.8051 0.1387 0.2865	40.0644 0.8054 0.1448 0.2907	38.6352 0.8108 0.1588 0.2992	39.929 0.8050 0.1459 0.2927	40.7073 0.8050 0.1396 0.2874	41.0196 0.8057 0.1374 0.2867	41.0677 0.8058 0.1371 0.2867	41.0324 0.8051 0.1372 0.2860	41.2377 0.8072 0.1362 0.2927
<b>Cauchy</b>	39.2896 0.8221 0.1550 0.1517	39.179 0.8217 0.1559 0.1533	39.171 0.8217 0.1559 0.1533	39.3658 0.8221 0.1543 0.1517	39.5919 0.8146 0.1508 0.2642	39.6172 0.8148 0.1506 0.2638	39.558 0.8143 0.151 0.2650	39.7133 0.8161 0.1501 0.2615	39.6550 0.8152 0.1504 0.2629	38.8385 0.8139 0.1575 0.2728	39.540 0.8142 0.1512 0.2651	46.7598 0.8122 0.1055 0.3464	39.6385 0.8208 0.1518 0.2604	39.6215 0.8213 0.1521 0.2608	39.6910 0.8189 0.1509 0.2598	45.9616 0.8121 0.1095 0.3464

Çizelge 6.2 : Orijinal ve aykırı değerli klorür verisi için sağlam olmayan iki aşamalı yöntemin uygulama sonuçları.

	Orijinal veri LD				Aykırı değerli veri LD			
	Daraltılmamış	Karesel	Kübik	Kuartik	Daraltılmamış	Karesel	Kübik	Kuartik
	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta \gamma$ $\sqrt{AKO}$
<b>İAEKK</b>	38.9921 0.8256 0.1587 0.1407	38.9704 0.8249 0.1587 0.1407	38.971 0.8249 0.1587 0.1407	38.9985 0.8258 0.1587 0.1407	53.2272 0.7915 0.0755 0.5513	41.3421 0.7833 0.1303 0.5745	40.6201 0.7857 0.1363 0.5775	45.8882 0.7798 0.102 0.559

Çizelge 6.1'deki sonuçlar incelenecek olursa, en küçük  $\sqrt{AKO}$  değeri S kestirimi kullanılarak bisquare kübik daraltma ile 0.2563 olarak bulunmuştur. Çizelge 6.2'de aykırı değerli veri için, İAEKK ile sağlam kestirim kullanılmadan en küçük  $\sqrt{AKO}$  değeri 0.5513'tür. Buradan önerilen yöntem olan sağlam düzeltilmiş iki aşamalı yöntemlerde  $\sqrt{AKO}$  değerinin daha düşük çıktığı sonucuna varılabilir.

Çizelge 6.3'te orijinal ve aykırı değerli klorür verisi için tek aşamalı uygulama sonuçları verilmiştir. Bu çizelgeden, aykırı değerli veride tüm sağlam tek aşamalı yöntemlerle elde edilen sonuçların sağlam yöntemler kullanılmadığında elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.3 :** Orijinal ve aykırı değerli klorür verisi için tek aşamalı yöntemin uygulama sonuçları.

	Orijinal veri	Aykırı değerli veri
	$\alpha$ $\beta$ $\gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha$ $\beta$ $\gamma$ $\sqrt{AKO}$
<b>Sağlam Olmayan Tek Aşamalı</b>	39.0949 0.8284 0.1585 0.1918	66.8089 0.8211 0.051 0.6444
<b>Huber</b>	39.4293 0.826 0.1549 0.1855	40.2892 0.8165 0.1456 0.3176
<b>Bisquare</b>	39.4935 0.8256 0.1543 0.1947	38.9294 0.8332 0.161 0.3098
<b>Fair</b>	39.6971 0.824 0.1521 0.2022	41.7439 0.8067 0.1325 0.3528
<b>Cauchy</b>	39.6021 0.8248 0.1532 0.1936	39.3817 0.8275 0.1557 0.3095

Çizelge 6.3'te aykırı değerli veri için sağlam yöntem kullanılmadığı durumda tek aşama ile  $\sqrt{AKO}$  değeri 0.6444 olurken, cauchy ağırlık fonksiyonu ile elde edilen  $\sqrt{AKO}$  değeri 0.3095 olmuştur.



Çizelge 6.4'te ise, orijinal ve aykırı değerli klorür verisi için Riazoshams ve diğ. (2010)'nin çalışmasındaki tek aşamalı, iki aşamalı ve sağlam yöntemlerle elde edilen sonuçlar verilmiştir.

**Çizelge 6.4 :** Orijinal ve aykırı değerli klorür verisi için Riazoshams ve diğ. (2010)'nin çalışmasında elde ettiği sonuçlar.

	Orijinal veri	Aykırı değerli veri
	$\alpha$ $\beta$ $\gamma$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha$ $\beta$ $\gamma$ $\sqrt{AKO}$
<b>Tek Aşamalı</b>	38.8653 0.829 0.1606 0.2017	65.2632 0.8173 0.0528 0.6477
<b>İki Aşamalı</b>	38.8443 0.8258 0.16 0.1991	52.5806 0.7895 0.0771 0.6391
<b>Sağlam Yöntemli İki Aşamalı</b>	39.2077 0.823 0.1559 0.2016	38.4889 0.8151 0.1611 0.3085

Uygulama sonuçları, Riazoshams ve diğ. (2010)'nin çalışmasında elde ettiği sonuçlar ile karşılaştırılacak olunursa; aykırı değerli veri için, Çizelge 6.4'te çalışma sonuçlarında uygulanan sağlam iki aşamalı yöntem ile elde edilen  $\sqrt{AKO}$  değeri 0.3085 iken Çizelge 6.1'de önerilen yöntemde S kestirimi kullanılarak bisquare kübik daraltma ile en küçük  $\sqrt{AKO}$  değeri 0.2563 bulunmuştur. Önerilen yöntem ile elde edilen neredeyse tüm değerlerin Riazoshams ve diğ. (2010)'nin çalışmasında bulunan değerlerden daha iyi olduğu görülmektedir.

Ayrıca, iki aşamalı ve tek aşamalı yöntemlerde de uygulama ile elde edilen sonuçların Riazoshams ve diğ. (2010)'nin çalışmasında bulunan sonuçlardan daha iyi olduğu görülmüştür. Sonuçlar incelendiğinde, bu tezde önerilen yöntemlerden elde edilen sonuçların daha iyi olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.5'te, tek aşamalı, iki aşamalı LD algoritması, MM ve S kestirimleri kullanılarak sağlam yöntemlerle (Huber, Bisquare, Fair, Cauchy) daraltılmamış, karesel, kübik ve kuartik daraltma durumları için rastgelelik (run) testi sonuçları verilmiştir. Bu çizelgede ilişki derecesi AR(1) olarak incelenen aykırı değerli klorür verisine ait ilgili durumlardaki en küçük  $\sqrt{AKO}$  değerine sahip iki durum ile elde edilen z ve p değerleri verilmiştir.

**Çizelge 6.5 :** Aykırı değerli klorür verisi için rastgelelik (run) testi sonuçları.

	Tek	LD		MM		S	
<b>Huber</b>	z=-2.478 p=0.006	Daraltılmamış: z=-0.824 p=0.41	Kuartik: z=-0.824 p=0.41	Karesel: z=-0.275 p=0.783	Kuartik: z=-0.824 p=0.41	Daraltılmamış: z=-0.824 p=0.41	Karesel: z=-0.824 p=0.41
<b>Bisquare</b>	z=-3.297 p=0.001	Karesel: z=-1.099 p=0.272	Kuartik: z=-0.55 p=0.583	Daraltılmamış: z=-1.099 p=0.272	Kübik: z=-1.099 p=0.272	Daraltılmamış: z=-1.649 p=0.099	Kübik: z=-0.55 p=0.583
<b>Fair</b>	z=-3.022 p=0.003	Daraltılmamış: z=-0.824 p=0.41	Kuartik: z=-0.824 p=0.41	Daraltılmamış: z=-0.275 p=0.783	Kuartik: z=-0.824 p=0.41	Karesel: z=-0.824 p=0.41	Kübik: z=-0.824 p=0.41
<b>Cauchy</b>	z=-3.297 p=0.001	Karesel: z=-0.824 p=0.41	Kuartik: z=-0.55 p=0.583	Daraltılmamış: z=-0.824 p=0.41	Kübik: z=-0.824 p=0.41	Daraltılmamış: z=-1.649 p=0.099	Kübik: z=-0.55 p=0.583

Çizelge 6.5 incelendiğinde, tek aşamalı rastgelelik testi sonuçları ile iki aşamalı rastgelelik testi sonuçları arasında fark olduğu görülmektedir. Tek aşamada otokorelasyon sorunu mevcut iken iki aşamada otokorelasyon sorununun giderildiği  $\alpha=0.05$  olduğu durumda p değerlerinin 0.05'ten büyük olması ile görülmektedir.

## 6.2 Ekonomi Veri Kümesi

Ekonomi veri kümesi 200 gözlemlili 1720 ile 1919 yılları arası gözlenen ABD toptan satış fiyat endeksi değerlerinden oluşmaktadır (Gallant, 1987, syf.130-131). Veri kümesinde, zaman ve satış fiyat endeksi değişkenleri mevcuttur. Bu veri kümesi için tanımlı olan model aşağıdaki gibidir.

$$y_t = \alpha e^{\beta t} + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, 200 \quad (6.2)$$

Aykırı değerli veri oluşturmak için veri kümesindeki 30., 50., 102., 130., 180. gözlemler değiştirilmiştir. 23.93 yerine 100.93, 25.01 yerine 105.01, 32.07 yerine 102.07, 27.79 yerine 107.79 ve 26.62 yerine 106.62 değerleri atanmıştır.

200 gözlemlili aykırı değerli oluşturulan satış verisinde ilk olarak, parametre kestirimi için LD algoritması kullanılarak ilişki derecesi AR(2) olmak üzere sağlam yöntem olan M kestiricisi için kriter fonksiyonları ve düzeltilmiş iki aşamalı yöntemler ile EKK tahmin edicisi bulunmuştur.

İkinci olarak, sağlam kestiricilerden MM ve S kestiricileri ile AR modelinin parametre kestirimi yapıp önceki yönteme dahil edilmiştir.

Çizelge 6.6'da orijinal ve aykırı değerli satış verisi için sağlam iki aşamalı yöntemlerle elde edilen uygulama sonuçları verilmiştir. Çizelge 6.6'nın ilk sütununda orijinal, ikinci sütununda ise aykırı değerli oluşturulan satış verisinin LD algoritması kullanılarak sağlam iki aşamalı yöntemlerle (Huber, Bisquare, Fair, Cauchy) daraltılmamış, karesel, kübik ve kuartik daraltma ile elde edilen parametre kestirim ve  $\sqrt{AKO}$  sonuçları verilmiştir. Üçüncü ve dördüncü sütunda ise aykırı değerli veride AR(2) modelinin kestiriminde sırasıyla, MM ve S kestirimleri kullanılarak sağlam yöntemlerle (Huber, Bisquare, Fair, Cauchy) daraltılmamış, karesel, kübik ve kuartik daraltma ile elde edilen sonuçlar verilmiştir. Çizelge 6.7'de orijinal ve aykırı değerli satış verisi için İAEKK ve DİAEKK uygulama sonuçları verilmiştir.

Çizelge 6.6 : Orijinal ve aykırı değerli satış verisi için sağlam iki aşamalı yöntemin uygulama sonuçları.

	Orijinal veri-LD				Aykırı değerli veri-LD				Aykırı değerli veri-MM				Aykırı değerli veri-S			
	Daraltılmamış	Karesel	Kübik	Kuartik	Daraltılmamış	Karesel	Kübik	Kuartik	Daraltılmamış	Karesel	Kübik	Kuartik	Daraltılmamış	Karesel	Kübik	Kuartik
	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$
<b>Huber</b>	22.531 0.0029 2.8214	22.6094 0.003 2.7632	22.543 0.003 2.8058	23.063 0.0029 2.8102	24.0841 0.0025 6.3635	23.6842 0.0026 6.3037	23.7511 0.0026 5.8542	23.9612 0.0026 6.1158	18.4506 0.004 3.8933	20.2976 0.0034 3.9138	20.4916 0.0034 3.8713	17.2279 0.0041 3.8865	17.6152 0.0041 3.8966	21.5354 0.0031 3.8699	21.5094 0.0031 3.8712	16.2210 0.0007 4.0398
<b>Bisquare</b>	22.0869 0.0028 2.7446	22.3452 0.0028 2.7475	22.2726 0.0028 2.7407	22.606 0.0027 2.7584	23.4655 0.0025 5.5266	23.1774 0.0025 4.8241	23.287 0.0025 4.9048	23.4351 0.0025 5.2192	18.6343 0.0036 3.7182	20.0109 0.0032 3.6837	20.0851 0.0032 3.6884	17.7948 0.0035 3.6983	18.2860 0.0036 3.6925	21.0722 0.0028 3.6689	20.9989 0.0029 3.6775	16.2770 0.0012 3.8226
<b>Fair</b>	22.8839 0.0029 2.8078	23.0103 0.0029 2.8051	22.9488 0.0029 2.7929	23.283 0.0028 2.8626	23.8506 0.0026 6.9533	23.4955 0.0027 6.3914	23.5501 0.0027 6.4883	23.7255 0.0026 6.7108	18.5546 0.0041 4.1771	20.0084 0.0036 4.1613	20.1369 0.0036 4.1749	17.3305 0.0043 4.1813	17.7097 0.0043 4.1608	21.1459 0.0033 4.1693	21.1075 0.0033 4.1803	16.1499 0.003 4.2916
<b>Cauchy</b>	22.38 0.0029 2.7441	22.5082 0.0029 2.7438	22.4318 0.0029 2.734	22.811 0.0028 2.7684	23.3607 0.0026 5.8883	22.9852 0.0027 5.2016	23.0374 0.0026 5.2999	23.2211 0.0026 5.5725	18.5276 0.0039 3.7304	19.9555 0.0034 3.6988	20.0618 0.0034 3.7045	17.4279 0.0039 3.7184	17.8929 0.0039 3.7080	21.1054 0.0031 3.6831	21.0319 0.0031 3.6816	16.2360 0.0003 3.8408

Çizelge 6.7 : Orijinal ve aykırı değerli satış verisi için sağlam olmayan iki aşamalı yöntemin uygulama sonuçları.

	Orijinal veri-LD				Aykırı değerli veri-LD			
	Daraltılmamış	Karesel	Kübik	Kuartik	Daraltılmamış	Karesel	Kübik	Kuartik
	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$	$\alpha \beta$ $\sqrt{AKO}$
<b>İAEKK</b>	25.1763 0.0029 4.1148	25.2713 0.0028 4.0932	25.2095 0.0029 4.0926	25.459 0.0028 4.0951	28.1699 0.0023 14.6036	28.1264 0.0023 14.6023	28.1411 0.0023 14.6031	28.1900 0.0022 14.6060

Çizelge 6.6'daki sonuçlar incelenecek olursa, en küçük  $\sqrt{AKO}$  değeri S kestirimi kullanılarak bisquare karesel daraltma ile 3.6689 olarak sağlanmışır. Çizelge 6.7'de aykırı değerli veri için, İAEKK ile en küçük  $\sqrt{AKO}$  değeri 14.6023'tür. Buradan önerilen yöntem olan sağlam düzeltilmiş iki aşamalı yöntemlerde  $\sqrt{AKO}$  değerinin daha düşük çıktığı sonucuna varılabilir. Çizelge 6.8'de orijinal ve aykırı değerli satış verisi için tek aşamalı uygulama sonuçları verilmiştir. Bu çizelgeden, aykırı değerli veride tüm sağlam tek aşamalı yöntemlerle elde edilen sonuçların sağlam yöntemler kullanılmadığında elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.8 :** Original ve aykırı değerli satış verisi için tek aşamalı yöntemin uygulama sonuçları.

	Orijinal veri	Aykırı değerli veri
	$\alpha$ - $\beta$ - $\sqrt{AKO}$	$\alpha$ - $\beta$ - $\sqrt{AKO}$
<b>Sağlam Olmayan Tek Aşamalı</b>	26.7525	28.7199
	0.0022	0.002
	11.7105	16.1166
<b>Huber</b>	25.1804	25.9128
	0.0023	0.0022
	9.7821	10.5602
<b>Bisquare</b>	24.4703	24.6602
	0.0023	0.0024
	9.4878	10.0411
<b>Fair</b>	24.776	25.5418
	0.0024	0.0023
	10.0832	11.6731
<b>Cauchy</b>	24.6382	25.0886
	0.0024	0.0024
	9.6107	10.4327

Çizelge 6.8'de aykırı değerli veri için sağlam yöntem uygulanmadığında tek aşama ile  $\sqrt{AKO}$  değeri 16.1166 olurken, bisquare ağırlık fonksiyonu ile elde edilen  $\sqrt{AKO}$  değeri 10.0411 olmuştur.

Çizelge 6.9'da tek aşamalı, iki aşamalı LD algoritması, MM ve S kestirimleri kullanılarak sağlam yöntemlerle (Huber, Bisquare, Fair, Cauchy) daraltılmamış, karesel, kübik ve kuartik daraltma durumları için rastgelelik (run) testi sonuçları verilmiştir. Bu çizelgede ilişki derecesi AR(2) olarak incelenen aykırı değerli satış verisine ait ilgili durumlardaki en küçük  $\sqrt{AKO}$  değerine sahip olunan iki durum ile elde edilen z ve p değerleri verilmiştir.

**Çizelge 6.9 :** Aykırı değerli satış verisi için rastgelelik (run) testi sonuçları.

	Tek	LD		MM		S	
<b>Huber</b>	z =-10.066 p =0.00	Kübik: z =-8.081 p =0.00	Kuartik: z =-8.365 p =0.00	Kübik: z =-1.843 p =0.065	Kuartik: z =1.701 p =0.089	Karesel: z =-1.56 p =0.119	Kübik: z =-1.56 p =0.119
<b>Bisquare</b>	z =-10.066 p =0.00	Karesel: z =-6.664 p =0.00	Kübik: z =-6.664 p =0.00	Karesel: z =-1.843 p =0.065	Kübik: z =-1.843 p =0.065	Karesel: z =-1.56 p =0.119	Kübik: z =-1.56 p =0.119
<b>Fair</b>	z =-10.066 p =0.00	Karesel: z =-7.514 p =0.00	Kübik: z =-8.081 p =0.00	Karesel: z =-1.843 p =0.065	Kübik: z =1.843 p =0.065	Daraltılmamış: z =-1.701 p =0.089	Karesel: z =-1.276 p =0.202
<b>Cauchy</b>	z =-10.066 p =0.00	Karesel: z =-6.664 p =0.00	Kübik: z =-7.798 p =0.00	Karesel: z =-1.843 p =0.065	Kübik: z =-1.843 p =0.065	Karesel: z =-1.56 p =0.119	Kübik: z =-1.56 p =0.119

Çizelge 6.9 incelendiğinde, tek aşamalı rastgelelik testi sonuçları ile iki aşamalı rastgelelik testi sonuçları arasında fark olduğu görülmektedir. Tek aşamada otokorelasyon sorunu mevcut iken iki aşamada MM ve S kestirimlerinde otokorelasyon sorununun giderildiği  $\alpha=0.05$  olduğu durumda p değerlerinin 0.05'ten büyük olması ile görülmektedir.

## 7. BENZETİM ÇALIŞMASI

Benzetim çalışması;

➤ Doğrusal olmayan  $Y_i = \theta_1 x_i^{\theta_2 x_i} + \varepsilon_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  regresyon modelinde,

➤ AR(1) modeli için :  $\Phi = -0.3$

$$\varepsilon_i = -0.3\varepsilon_{i-1} + a_i \quad ; \quad a_i \sim N(0, \sigma^2)$$

AR(2) modeli için :  $\Phi_1 = 0.6, \Phi_2 = -0.5$

$$\varepsilon_i = 0.6\varepsilon_{i-1} - 0.5\varepsilon_{i-2} + a_i \quad ; \quad a_i \sim N(0, \sigma^2)$$

AR(3) modeli için :  $\Phi_1 = 0.9, \Phi_2 = -0.2, \Phi_3 = -0.5$

$$\varepsilon_i = 0.9\varepsilon_{i-1} - 0.2\varepsilon_{i-2} - 0.5\varepsilon_{i-3} + a_i \quad ; \quad a_i \sim N(0, \sigma^2)$$

biçimli otokorelasyonlar ile ,

- $x \sim U(1, 4)$ ,
- Aykırı değer oranı = %0, %5, %10, %20,
- Gözlem sayısı = 20, 50, 100,
- $\sigma = 0.5, 1, 3$ ,
- İterasyon sayısı = 1000 ,
- Sağlam yöntemler: Huber, Fair

olmak üzere Çizelge 7.1'deki 25 yöntem kullanılarak 108 senaryo ile iki parametre için önerilen SDİAEKK yöntemlerinin İAEKK yöntemine göre 5400 göreceli etkinlik değerine ulaşmak amaçlı gerçekleştirilmiştir. Etkinlik değeri, HKO (Hata Kareler Ortalaması) ile elde edilmiştir.

$$\text{Göreceli etkinlik değeri} = \frac{\text{İAEKK yöntemi ile elde edilen HKO}}{\text{SDİAEKK yöntemleri ile elde edilen HKO}} \quad (7.1)$$

Benzetim çalışmasında da en etkin sonuçlara uygulamalarda ulaşıldığı gibi SDİAEKK yöntemleri ile ulaşıp ulaşılamayacağı araştırılmıştır.

Çalışma için doğrusal olmayan regresyon modelinde, AR(1), AR(2), AR(3) biçimli otokorelasyonlar ile ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır. Otokorelasyonlardaki  $\Phi$  değerleri için Riazoshams ve diğ. (2010)'den yararlanılmıştır. Aykırı değerler,  $\sigma$  değerleriyle orantılı uygun büyüklükteki değerler eklenerek oluşturulmuştur.

Uygulamalarda kullanılan sağlam kestirici kriter fonksiyonlarından Huber ve Fair fonksiyonları seşilmiştir.

Huber ve Fair fonksiyonlarının seşilmesinin sebebi, Şekil 4.4'te görölmekte olan farklı biçimli ağırlık fonksiyonlarının sonuçlarını görebilmek ve karşılaştırabilmektir. Sağlam kestirici kriter fonksiyonlarından Huber ve Fair kullanılarak daraltılmamış, karesel, kübik ve kuartik daraltma, MM ve S sağlam kestirimleri ile ęalıřma yapılması amaçlanmıştır.

**Çizelge 7.1 : Uygulanan yöntemler**

	<b>Uygulanan yöntem</b>
1	İAEKK
2	Daraltmasız Huber
3	Daraltmasız Fair
4	Daraltmasız Huber MM
5	Daraltmasız Fair MM
6	Daraltmasız Huber S
7	Daraltmasız Fair S
8	Karesel Huber
9	Karesel Fair
10	Karesel Huber MM
11	Karesel Fair MM
12	Karesel Huber S
13	Karesel Fair S
14	Kübik Huber
15	Kübik Fair
16	Kübik Huber MM
17	Kübik Fair MM
18	Kübik Huber S
19	Kübik Fair S
20	Kuartik Huber
21	Kuartik Fair
22	Kuartik Huber MM
23	Kuartik Fair MM
24	Kuartik Huber S
25	Kuartik Fair S



Çizelge 7.1'deki 25 yöntem kullanılarak oluşturulan 108 senaryo ile yapılan benzetim çalışmasından elde edilen tüm sonuçlar Ek A'da verilmiştir.

Ek A'da 9 çizelge yer almakta olup detayları aşağıdaki gibidir:

- ❖ Çizelge A.1.a'da AR(1) için  $n=20$  iken sırasıyla  $\sigma= 0.5, 1$  ve  $3$ , aykırı değer oranı %0, %5, %10, %20 için 12 senaryo belirlenmiş olup iki parametre için 600 sonuç gösterilmektedir.
- ❖ Çizelge A.1.b'de AR(1) için  $n=50$  iken sırasıyla  $\sigma= 0.5, 1$  ve  $3$ , aykırı değer oranı %0, %5, %10, %20 için 12 senaryo belirlenmiş olup iki parametre için 600 sonuç gösterilmektedir.
- ❖ Çizelge A.1.c'de AR(1) için  $n=100$  iken sırasıyla  $\sigma= 0.5, 1$  ve  $3$ , aykırı değer oranı %0, %5, %10, %20 için 12 senaryo belirlenmiş olup iki parametre için 600 sonuç gösterilmektedir.
- ❖ Çizelge A.2.a'da AR(2) için  $n=20$  iken sırasıyla  $\sigma= 0.5, 1$  ve  $3$ , aykırı değer oranı %0, %5, %10, %20 için 12 senaryo belirlenmiş olup iki parametre için 600 sonuç gösterilmektedir.
- ❖ Çizelge A.2.b'de AR(2) için  $n=50$  iken sırasıyla  $\sigma= 0.5, 1$  ve  $3$ , aykırı değer oranı %0, %5, %10, %20 için 12 senaryo belirlenmiş olup iki parametre için 600 sonuç gösterilmektedir.
- ❖ Çizelge A.2.c'de AR(2) için  $n=100$  iken sırasıyla  $\sigma= 0.5, 1$  ve  $3$ , aykırı değer oranı %0, %5, %10, %20 için 12 senaryo belirlenmiş olup iki parametre için 600 sonuç gösterilmektedir.
- ❖ Çizelge A.3.a'da AR(3) için  $n=20$  iken sırasıyla  $\sigma= 0.5, 1$  ve  $3$ , aykırı değer oranı %0, %5, %10, %20 için 12 senaryo belirlenmiş olup iki parametre için 600 sonuç gösterilmektedir.
- ❖ Çizelge A.3.b'de AR(3) için  $n=50$  iken sırasıyla  $\sigma= 0.5, 1$  ve  $3$ , aykırı değer oranı %0, %5, %10, %20 için 12 senaryo belirlenmiş olup iki parametre için 600 sonuç gösterilmektedir.
- ❖ Çizelge A.3.c'de AR(3) için  $n=100$  iken sırasıyla  $\sigma= 0.5, 1$  ve  $3$ , aykırı değer oranı %0, %5, %10, %20 için 12 senaryo belirlenmiş olup iki parametre için 600 sonuç gösterilmektedir.

Elde edilen sonuçlardaki göreceli etkinlik değerlerinin birbirine çok yakın olmasından dolayı AR(1), AR(2), AR(3) biçimli otokorelasyonlar ile aykırı değer oranı %5, %10, %20, gözlem sayısı 20, 50, 100,  $\sigma$  değeri 0.5, 1, 3 olmak üzere en etkin 5 sonucun sıralamaları oluşturulmuştur.

Çizelge 7.2'de otokorelasyon durumu AR(1)'e göre gözlem sayısı 20, 50 ve 100 için sırasıyla en etkin 5 sonucun hangi yöntemlerle elde edildiği ve İAEKK'ya göre görece etkinlik değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 7.3'te otokorelasyon durumu AR(2)'ye göre gözlem sayısı 20, 50 ve 100 için sırasıyla en etkin 5 sonucun hangi yöntemlerle elde edildiği ve İAEKK'ya göre görece etkinlik değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 7.4'te otokorelasyon durumu AR(3)'e göre gözlem sayısı 20,50 ve 100 için sırasıyla en etkin 5 sonucun hangi yöntemlerle elde edildiği ve İAEKK'ya göre görece etkinlik değerleri gösterilmiştir.



**Çizelge 7.2 : AR(1) biçimli otokorelasyon ve aykırı değerli durumda iken en etkin 5 yöntemin sıralaması.**

	AR(1) / n=20/ σ=0.5						AR(1) / n=20/ σ=1						AR(1) / n=20/ σ=3					
	ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>
1	Kuartik Huber (13.511)	Kuartik Huber (12.044)	Kuartik Huber (20.410)	Kuartik Huber (15.945)	Daraltmasız Huber S (14.374)	Daraltmasız Huber S (11.543)	Kuartik Huber (14.822)	Kuartik Huber (13.229)	Kuartik Huber (16.752)	Kuartik Huber (21.779)	Daraltmasız Huber MM (16.103)	Daraltmasız Huber MM (12.413)	Kuartik Huber (17.375)	Kuartik Huber (15.134)	Daraltmasız Huber (27.227)	Daraltmasız Huber (17.059)	Daraltmasız Huber MM (18.212)	Daraltmasız Huber MM (11.717)
2	Daraltmasız Huber (13.330)	Daraltmasız Huber (11.791)	Daraltmasız Huber (20.297)	Daraltmasız Huber (15.829)	Kübik Huber S (13.857)	Kübik Huber S (11.135)	Daraltmasız Huber (14.522)	Karesel Huber S (13.051)	Daraltmasız Huber (21.386)	Daraltmasız Huber (16.339)	Kübik Huber MM (15.473)	Kübik Huber MM (11.814)	Daraltmasız Huber (17.145)	Daraltmasız Huber (14.861)	Karesel Huber (26.437)	Karesel Huber (16.727)	Karesel Huber MM (17.504)	Karesel Huber MM (11.490)
3	Karesel Huber (13.280)	Karesel Huber (11.633)	Karesel Huber (19.946)	Karesel Huber (15.529)	Karesel Huber S (13.765)	Karesel Huber S (11.110)	Karesel Huber S (14.518)	Kuartik Huber MM (12.989)	Karesel Huber (21.057)	Karesel Huber (16.094)	Karesel Huber MM (15.139)	Karesel Huber MM (11.638)	Karesel Huber (16.998)	Karesel Huber (14.800)	Kuartik Huber (26.408)	Kübik Huber (16.558)	Kübik Huber MM (16.731)	Kübik Huber MM (11.116)
4	Kübik Huber (12.912)	Kübik Huber (11.310)	Kübik Huber (19.688)	Kübik Huber (15.344)	Karesel Huber MM (13.727)	Daraltmasız Huber MM (11.083)	Daraltmasız Huber S (14.437)	Daraltmasız Huber MM (12.954)	Kübik Huber (15.840)	Kübik Huber (15.840)	Daraltmasız Huber S (13.824)	Daraltmasız Huber S (11.314)	Kübik Huber (16.231)	Kübik Huber (13.975)	Kübik Huber (26.187)	Kuartik Huber (16.437)	Daraltmasız Huber S (15.129)	Daraltmasız Huber S (10.966)
5	Daraltmasız Huber MM (12.780)	Kübik Huber MM (10.686)	Kübik Huber MM (19.679)	Kübik Huber MM (14.729)	Daraltmasız Huber MM (13.673)	Daraltmasız Huber MM (11.058)	Daraltmasız Huber MM (14.395)	Kübik Huber S (12.935)	Daraltmasız Huber MM (14.524)	Daraltmasız Huber MM (14.524)	Kübik Huber S (12.544)	Kübik Huber S (10.434)	Daraltmasız Huber MM (16.204)	Daraltmasız Huber MM (13.039)	Daraltmasız Huber MM (22.882)	Daraltmasız Huber MM (13.259)	Karesel Huber S (14.286)	Karesel Huber S (10.534)
	AR(1) / n=50/ σ=0.5						AR(1) / n=50/ σ=1						AR(1) / n=50/ σ=3					
	ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>
1	Kuartik Huber (26.661)	Kuartik Huber (24.242)	Karesel Huber MM (34.811)	Karesel Huber MM (29.955)	Daraltmasız Huber MM (32.368)	Daraltmasız Huber MM (27.615)	Daraltmasız Huber MM (28.095)	Daraltmasız Huber MM (24.987)	Karesel Huber MM (42.946)	Karesel Huber MM (36.216)	Daraltmasız Huber MM (32.272)	Daraltmasız Huber MM (25.648)	Karesel Huber MM (30.843)	Karesel Huber MM (25.101)	Karesel Huber MM (46.122)	Karesel Huber MM (34.716)	Daraltmasız Huber MM (40.780)	Daraltmasız Huber MM (28.076)
2	Daraltmasız Huber (26.441)	Daraltmasız Huber (24.071)	Kübik Huber MM (34.567)	Kübik Huber MM (29.856)	Daraltmasız Huber MM (32.097)	Daraltmasız Huber MM (27.424)	Kuartik Huber (28.056)	Kuartik Huber (24.842)	Daraltmasız Huber MM (42.403)	Daraltmasız Huber MM (35.898)	Daraltmasız Huber S (31.917)	Daraltmasız Huber S (25.346)	Kübik Huber MM (30.430)	Kübik Huber MM (24.844)	Kübik Huber MM (46.072)	Kübik Huber MM (34.674)	Karesel Huber MM (40.534)	Karesel Huber MM (28.011)
3	Karesel Huber MM (26.264)	Karesel Huber MM (23.929)	Daraltmasız Huber MM (34.517)	Daraltmasız Huber MM (29.665)	Daraltmasız Huber MM (32.047)	Daraltmasız Huber MM (27.383)	Karesel Huber MM (27.676)	Karesel Huber MM (24.581)	Kübik Huber MM (42.373)	Kübik Huber MM (35.822)	Kübik Huber MM (31.603)	Kübik Huber MM (25.109)	Daraltmasız Huber MM (30.210)	Daraltmasız Huber S (24.547)	Daraltmasız Huber S (45.853)	Daraltmasız Huber MM (34.650)	Daraltmasız Huber MM (40.381)	Daraltmasız Huber MM (27.910)
4	Daraltmasız Huber MM (26.184)	Daraltmasız Huber MM (23.808)	Daraltmasız Huber S (34.034)	Daraltmasız Huber S (29.365)	Daraltmasız Huber S (31.911)	Daraltmasız Huber S (27.166)	Daraltmasız Huber (27.670)	Daraltmasız Huber (24.580)	Daraltmasız Huber S (40.627)	Daraltmasız Huber (36.644)	Karesel Huber MM (31.596)	Karesel Huber MM (25.096)	Daraltmasız Huber (30.038)	Daraltmasız Huber (24.498)	Daraltmasız Huber S (45.143)	Daraltmasız Huber S (34.013)	Daraltmasız Huber S (39.926)	Daraltmasız Huber S (27.491)
5	Kübik Huber MM (26.107)	Kübik Huber MM (23.801)	Kuartik Huber MM (33.121)	Kübik Huber (28.614)	Kuartik Huber MM (31.757)	Kuartik Huber MM (27.140)	Daraltmasız Huber S (27.378)	Kübik Huber MM (24.350)	Daraltmasız Huber (40.503)	Daraltmasız Huber S (34.237)	Karesel Huber S (31.311)	Karesel Huber S (24.865)	Kübik Huber (30.044)	Kuartik Huber (24.441)	Karesel Huber S (44.016)	Karesel Huber S (33.185)	Kübik Huber S (39.284)	Karesel Huber S (27.107)
	AR(1) / n=100/ σ=0.5						AR(1) / n=100/ σ=1						AR(1) / n=100/ σ=3					
	ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>
1	Daraltmasız Huber (29.890)	Daraltmasız Huber (27.287)	Kübik Huber MM (52.780)	Kübik Huber MM (49.163)	Kübik Huber MM (39.710)	Kübik Huber MM (37.726)	Daraltmasız Huber (32.996)	Daraltmasız Huber (29.767)	Daraltmasız Huber MM (56.022)	Daraltmasız Huber MM (51.174)	Daraltmasız Huber MM (43.066)	Daraltmasız Huber MM (38.923)	Daraltmasız Huber (32.127)	Daraltmasız Huber (28.035)	Daraltmasız Huber MM (62.244)	Daraltmasız Huber MM (52.445)	Daraltmasız Huber MM (50.016)	Daraltmasız Huber MM (38.671)
2	Daraltmasız Huber MM (29.392)	Daraltmasız Huber MM (26.906)	Karesel Huber MM (52.699)	Karesel Huber MM (49.109)	Karesel Huber MM (39.645)	Karesel Huber MM (37.676)	Kübik Huber (32.313)	Kübik Huber (29.173)	Karesel Huber MM (55.963)	Karesel Huber MM (51.136)	Karesel Huber MM (42.864)	Karesel Huber MM (38.772)	Karesel Huber (31.130)	Karesel Huber (27.293)	Karesel Huber MM (61.880)	Karesel Huber MM (52.145)	Karesel Huber MM (49.968)	Karesel Huber MM (38.568)
3	Karesel Huber (29.165)	Kuartik Huber (26.699)	Daraltmasız Huber MM (52.543)	Daraltmasız Huber MM (48.980)	Daraltmasız Huber MM (39.608)	Daraltmasız Huber MM (37.622)	Karesel Huber (32.304)	Karesel Huber (29.159)	Kübik Huber MM (55.943)	Kübik Huber MM (51.110)	Daraltmasız Huber S (42.845)	Daraltmasız Huber S (38.734)	Kübik Huber (31.054)	Kübik Huber (27.220)	Kübik Huber (61.815)	Kübik Huber (52.113)	Kübik Huber MM (49.946)	Kübik Huber MM (38.556)
4	Kübik Huber (29.148)	Karesel Huber (26.693)	Daraltmasız Huber S (51.835)	Daraltmasız Huber S (48.330)	Daraltmasız Huber S (39.348)	Daraltmasız Huber S (37.372)	Daraltmasız Huber MM (32.124)	Daraltmasız Huber MM (28.988)	Daraltmasız Huber S (55.168)	Daraltmasız Huber S (50.521)	Kübik Huber MM (42.741)	Kübik Huber MM (38.660)	Kuartik Huber (31.010)	Kuartik Huber (27.191)	Daraltmasız Huber S (61.378)	Daraltmasız Huber S (51.815)	Daraltmasız Huber S (49.714)	Daraltmasız Huber S (38.364)
5	Kuartik Fair (29.136)	Kübik Huber (26.666)	Karesel Huber S (50.662)	Karesel Huber S (47.361)	Karesel Huber S (38.548)	Karesel Huber S (36.682)	Kuartik Huber (31.279)	Kuartik Huber (28.201)	Kübik Huber (53.411)	Kübik Huber (48.910)	Kuartik Huber MM (42.432)	Kuartik Huber MM (38.387)	Daraltmasız Huber MM (30.789)	Daraltmasız Huber MM (26.903)	Daraltmasız Huber S (59.807)	Daraltmasız Huber S (50.551)	Daraltmasız Huber S (49.594)	Daraltmasız Huber S (38.273)

**Çizelge 7.3 : AR(2) biçimli otokorelasyon ve aykırı değerli durumda iken en etkin 5 yöntemin sıralaması.**

	AR(2) / n=20/ σ=0.5						AR(2) / n=20/ σ=1						AR(2) / n=20/ σ=3					
	ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>
1	Daraltmasız Huber (9.319)	Daraltmasız Huber (8.395)	Kuartik Huber (6.355)	Kuartik Huber (5.570)	Daraltmasız Huber S (8.591)	Daraltmasız Huber MM (7.984)	Küçük Huber (10.348)	Küçük Huber (9.344)	Küçük Huber MM (7.246)	Küçük Huber MM (5.746)	Karesel Huber MM (10.390)	Daraltmasız Huber MM (8.127)	Küçük Huber (12.157)	Karesel Huber (10.825)	Daraltmasız Huber (6.796)	Küçük Huber (4.931)	Karesel Huber MM (12.890)	Karesel Huber MM (8.185)
2	Küçük Huber (9.276)	Küçük Huber (8.362)	Daraltmasız Huber (6.329)	Daraltmasız Huber (5.546)	Daraltmasız Huber MM (8.044)	Daraltmasız Huber S (7.559)	Karesel Huber (10.320)	Karesel Huber (9.324)	Küçük Huber S (7.154)	Küçük Huber S (5.449)	Küçük Huber MM (10.362)	Küçük Huber MM (8.019)	Karesel Huber (12.131)	Küçük Huber (10.819)	Daraltmasız Huber (6.794)	Daraltmasız Huber (4.895)	Küçük Huber MM (11.333)	Daraltmasız Huber MM (7.648)
3	Karesel Huber (9.238)	Karesel Huber (8.298)	Küçük Huber (6.269)	Küçük Huber (5.507)	Karesel Huber S (7.841)	Küçük Huber MM (7.344)	Daraltmasız Huber (10.274)	Daraltmasız Huber (9.257)	Karesel Huber S (7.074)	Karesel Huber S (5.408)	Karesel Huber S (10.257)	Karesel Huber MM (8.000)	Daraltmasız Huber (12.020)	Daraltmasız Huber (10.652)	Karesel Huber (6.757)	Karesel Huber (4.860)	Daraltmasız Huber MM (11.172)	Karesel Huber S (7.576)
4	Kuartik Huber (9.009)	Kuartik Huber (7.988)	Karesel Huber (6.229)	Karesel Huber (5.481)	Küçük Huber MM (7.755)	Küçük Huber MM (7.314)	Kuartik Huber (9.970)	Kuartik Huber (8.944)	Karesel Huber MM (6.637)	Karesel Huber MM (5.321)	Küçük Huber S (10.052)	Daraltmasız Huber S (7.913)	Kuartik Huber (11.777)	Kuartik Huber (10.490)	Kuartik Huber (6.745)	Kuartik Huber (4.860)	Karesel Huber S (10.700)	Küçük Huber MM (7.542)
5	Küçük Fair (6.604)	Küçük Fair (5.687)	Daraltmasız Huber MM (5.017)	Kuartik Huber S (4.304)	Daraltmasız Huber (6.793)	Daraltmasız Huber (6.089)	Daraltmasız Huber MM (7.763)	Küçük Fair (6.343)	Küçük Huber (6.256)	Küçük Huber (5.004)	Daraltmasız Huber S (9.944)	Karesel Huber S (7.831)	Daraltmasız Huber MM (9.660)	Daraltmasız Huber MM (8.186)	Karesel Huber (6.687)	Karesel Huber (4.845)	Küçük Huber S (10.279)	Daraltmasız Huber S (7.396)
	AR(2) / n=50/ σ=0.5						AR(2) / n=50/ σ=1						AR(2) / n=50/ σ=3					
	ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>
1	Küçük Huber (13.840)	Küçük Huber (12.531)	Karesel Huber (27.066)	Karesel Huber (23.201)	Daraltmasız Huber (24.279)	Daraltmasız Huber (21.209)	Daraltmasız Huber MM (14.610)	Daraltmasız Huber MM (13.028)	Karesel Huber (27.751)	Küçük Huber (23.178)	Daraltmasız Huber (26.503)	Daraltmasız Huber (22.179)	Küçük Huber (16.330)	Küçük Huber (13.506)	Karesel Huber (31.329)	Küçük Huber (23.137)	Daraltmasız Huber (29.210)	Daraltmasız Huber (19.795)
2	Karesel Huber (12.784)	Karesel Huber (11.546)	Küçük Huber (25.680)	Küçük Huber (22.629)	Küçük Huber (23.057)	Küçük Huber MM (19.448)	Küçük Huber MM (13.784)	Küçük Huber MM (12.288)	Küçük Huber (27.224)	Küçük Huber (23.052)	Daraltmasız Huber MM (24.586)	Daraltmasız Huber MM (20.886)	Daraltmasız Huber MM (15.342)	Daraltmasız Huber MM (12.516)	Küçük Huber (30.418)	Küçük Huber (23.124)	Daraltmasız Huber MM (26.789)	Daraltmasız Huber MM (18.556)
3	Küçük Huber MM (12.308)	Küçük Huber MM (10.487)	Daraltmasız Huber (23.621)	Daraltmasız Huber (19.536)	Küçük Huber MM (21.695)	Karesel Huber MM (19.439)	Küçük Huber (13.763)	Küçük Huber (12.130)	Daraltmasız Huber (24.553)	Küçük Huber MM (20.843)	Küçük Huber MM (24.405)	Küçük Huber MM (20.733)	Karesel Huber (14.998)	Küçük Huber (12.353)	Daraltmasız Huber (27.167)	Kuartik Huber (19.701)	Karesel Huber MM (26.646)	Karesel Huber MM (18.432)
4	Karesel Huber MM (12.108)	Karesel Huber MM (10.108)	Küçük Huber MM (19.930)	Küçük Huber MM (17.071)	Daraltmasız Huber MM (21.689)	Daraltmasız Huber MM (19.415)	Kuartik Huber MM (12.915)	Kuartik Huber MM (11.434)	Küçük Huber MM (23.916)	Daraltmasız Huber (19.827)	Karesel Huber MM (24.337)	Karesel Huber MM (20.712)	Küçük Huber MM (14.761)	Küçük Huber MM (12.181)	Kuartik Huber MM (25.323)	Daraltmasız Huber (19.304)	Küçük Huber MM (26.645)	Küçük Huber MM (18.416)
5	Daraltmasız Huber MM (12.081)	Daraltmasız Huber MM (10.044)	Daraltmasız Huber MM (19.132)	Kuartik Huber MM (16.851)	Karesel Huber MM (21.680)	Karesel Huber S (18.965)	Daraltmasız Huber S (12.768)	Kuartik Huber S (11.181)	Daraltmasız Huber MM (22.942)	Küçük Huber S (19.685)	Daraltmasız Huber S (24.151)	Daraltmasız Huber S (20.501)	Karesel Huber MM (14.633)	Karesel Huber MM (11.990)	Küçük Huber MM (24.890)	Küçük Huber MM (18.567)	Daraltmasız Huber S (26.489)	Daraltmasız Huber S (18.210)
	AR(2) / n=100/ σ=0.5						AR(2) / n=100/ σ=1						AR(2) / n=100/ σ=3					
	ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>
1	Daraltmasız Huber MM (26.828)	Daraltmasız Huber MM (24.254)	Karesel Huber MM (37.247)	Karesel Huber MM (34.800)	Daraltmasız Huber S (27.124)	Daraltmasız Huber S (25.253)	Karesel Huber MM (26.507)	Karesel Huber MM (23.423)	Daraltmasız Huber MM (41.958)	Daraltmasız Huber MM (37.812)	Daraltmasız Huber S (30.899)	Daraltmasız Huber S (28.204)	Karesel Huber MM (28.746)	Karesel Huber MM (24.604)	Daraltmasız Huber MM (43.197)	Daraltmasız Huber MM (35.373)	Daraltmasız Huber MM (34.427)	Daraltmasız Huber MM (27.101)
2	Daraltmasız Huber S (26.262)	Karesel Huber S (23.646)	Küçük Huber MM (37.020)	Küçük Huber MM (34.582)	Daraltmasız Huber MM (27.001)	Daraltmasız Huber MM (25.211)	Küçük Huber MM (26.069)	Küçük Huber MM (23.172)	Karesel Huber MM (41.742)	Karesel Huber MM (37.736)	Daraltmasız Huber MM (30.548)	Daraltmasız Huber MM (27.923)	Daraltmasız Huber MM (28.716)	Daraltmasız Huber MM (24.550)	Karesel Huber MM (43.147)	Karesel Huber MM (35.157)	Daraltmasız Huber S (34.256)	Daraltmasız Huber S (27.000)
3	Karesel Huber S (25.892)	Daraltmasız Huber S (23.646)	Daraltmasız Huber MM (36.555)	Daraltmasız Huber MM (34.036)	Kuartik Huber MM (26.255)	Kuartik Huber MM (24.493)	Daraltmasız Huber S (26.034)	Küçük Huber S (23.028)	Daraltmasız Huber MM (41.446)	Küçük Huber MM (37.478)	Daraltmasız Huber (29.828)	Daraltmasız Huber (27.187)	Daraltmasız Huber MM (28.510)	Daraltmasız Huber MM (24.261)	Küçük Huber MM (42.958)	Küçük Huber MM (35.074)	Daraltmasız Huber (33.715)	Daraltmasız Huber (26.777)
4	Karesel Huber MM (25.715)	Daraltmasız Huber MM (23.489)	Karesel Huber S (35.597)	Karesel Huber S (32.973)	Küçük Huber MM (26.197)	Küçük Huber MM (24.477)	Daraltmasız Huber MM (25.995)	Karesel Huber S (23.011)	Daraltmasız Huber S (40.688)	Daraltmasız Huber S (36.654)	Kuartik Huber MM (29.748)	Kuartik Huber MM (27.182)	Daraltmasız Huber S (28.191)	Kuartik Huber MM (24.183)	Kuartik Huber MM (41.534)	Kuartik Huber MM (33.591)	Küçük Huber MM (33.649)	Küçük Huber MM (26.512)
5	Küçük Huber S (25.420)	Küçük Huber S (23.158)	Küçük Huber S (35.469)	Küçük Huber S (32.946)	Daraltmasız Huber (26.144)	Karesel Huber MM (24.420)	Karesel Huber S (25.899)	Daraltmasız Huber MM (22.945)	Karesel Huber S (39.453)	Karesel Huber S (35.563)	Karesel Huber S (29.720)	Karesel Huber S (27.143)	Kuartik Huber MM (28.188)	Daraltmasız Huber S (24.063)	Daraltmasız Huber S (40.899)	Daraltmasız Huber S (33.023)	Karesel Huber MM (33.476)	Karesel Huber MM (26.377)

**Çizelge 7.4 : AR(3) biçimli otokorelasyon ve aykırı değerli durumda iken en etkin 5 yöntemin sıralaması.**

	AR(3) / n=20 / σ=0.5						AR(3) / n=20 / σ=1						AR(3) / n=20 / σ=3					
	ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>
1	Karesel Huber (4.886)	Kuartik Huber (3.922)	Daraltmasız Huber (8.589)	Daraltmasız Huber (7.171)	Daraltmasız Huber MM (4.123)	Daraltmasız Huber S (3.588)	Daraltmasız Huber (5.053)	Daraltmasız Huber (4.370)	Daraltmasız Huber (8.770)	Daraltmasız Huber (7.161)	Daraltmasız Huber MM (4.525)	Daraltmasız Huber MM (3.937)	Daraltmasız Huber (6.002)	Kuartik Huber (4.243)	Küçük Huber (9.861)	Daraltmasız Huber (6.826)	Daraltmasız Huber MM (4.611)	Daraltmasız Huber MM (3.026)
2	Küçük Huber (4.859)	Kuartik Huber MM (3.886)	Küçük Huber (8.255)	Küçük Huber (7.024)	Daraltmasız Huber S (4.085)	Daraltmasız Huber MM (3.407)	Küçük Huber (4.948)	Küçük Huber (4.353)	Küçük Huber (8.314)	Küçük Huber (6.756)	Daraltmasız Huber S (4.369)	Daraltmasız Huber S (3.817)	Karesel Huber (5.936)	Karesel Huber (4.211)	Daraltmasız Huber (9.802)	Küçük Huber (6.662)	Daraltmasız Huber S (4.215)	Daraltmasız Huber S (2.848)
3	Daraltmasız Huber (4.855)	Karesel Huber (3.859)	Karesel Huber (8.108)	Karesel Huber (6.925)	Küçük Huber S (3.678)	Küçük Huber MM (3.336)	Karesel Huber (4.941)	Karesel Huber (4.339)	Karesel Huber (8.023)	Karesel Huber (6.583)	Küçük Huber MM (4.084)	Küçük Huber MM (3.532)	Küçük Huber (5.908)	Küçük Huber (4.158)	Karesel Huber (9.664)	Karesel Huber (6.580)	Küçük Huber MM (3.968)	Karesel Huber S (2.731)
4	Kuartik Huber (4.738)	Kuartik Huber S (3.839)	Kuartik Huber (6.916)	Kuartik Huber (5.978)	Küçük Huber MM (3.654)	Küçük Huber S (3.240)	Kuartik Huber (4.654)	Kuartik Huber (3.909)	Kuartik Huber (6.929)	Kuartik Huber (5.793)	Küçük Huber S (3.995)	Karesel Huber S (3.528)	Kuartik Huber (5.696)	Daraltmasız Huber (4.114)	Kuartik Huber (8.234)	Kuartik Huber (5.599)	Karesel Huber MM (3.876)	Küçük Huber S (2.709)
5	Kuartik Huber S (4.542)	Küçük Huber (3.814)	Karesel Huber MM (6.251)	Karesel Huber MM (5.526)	Karesel Huber MM (3.461)	Karesel Huber S (3.194)	Karesel Huber MM (4.384)	Karesel Huber MM (3.726)	Karesel Huber MM (6.209)	Karesel Huber MM (5.204)	Karesel Huber S (3.949)	Küçük Huber S (3.506)	Daraltmasız Huber MM (4.898)	Kuartik Huber MM (3.480)	Küçük Fair (6.580)	Küçük Fair (4.746)	Karesel Huber S (3.825)	Daraltmasız Huber (2.689)
	AR(3) / n=50 / σ=0.5						AR(3) / n=50 / σ=1						AR(3) / n=50 / σ=3					
	ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>
1	Daraltmasız Huber S (11.514)	Daraltmasız Huber S (10.207)	Daraltmasız Huber S (8.641)	Daraltmasız Huber S (7.513)	Daraltmasız Huber (6.167)	Daraltmasız Huber (5.552)	Daraltmasız Huber S (11.796)	Daraltmasız Huber S (9.681)	Kuartik Huber MM (9.226)	Kuartik Huber MM (7.515)	Daraltmasız Huber (7.502)	Daraltmasız Huber (6.617)	Daraltmasız Huber S (13.522)	Daraltmasız Huber S (11.356)	Daraltmasız Huber S (10.359)	Karesel Huber MM (7.893)	Daraltmasız Huber (7.835)	Daraltmasız Huber (6.286)
2	Daraltmasız Huber MM (11.278)	Daraltmasız Huber MM (10.109)	Karesel Huber S (8.076)	Karesel Huber MM (7.041)	Küçük Huber MM (5.437)	Küçük Huber MM (5.047)	Daraltmasız Huber MM (11.465)	Daraltmasız Huber MM (9.458)	Daraltmasız Huber S (9.207)	Kuartik Huber S (7.465)	Küçük Huber MM (6.569)	Küçük Huber MM (6.027)	Daraltmasız Huber MM (13.514)	Daraltmasız Huber MM (11.101)	Karesel Huber MM (10.170)	Daraltmasız Huber S (7.825)	Daraltmasız Huber S (7.025)	Daraltmasız Huber S (5.755)
3	Karesel Huber MM (10.750)	Karesel Huber MM (9.657)	Karesel Huber MM (8.039)	Karesel Huber S (7.000)	Karesel Huber MM (5.435)	Karesel Huber MM (5.041)	Karesel Huber MM (10.216)	Karesel Huber MM (8.490)	Kuartik Huber S (9.086)	Daraltmasız Huber S (7.445)	Karesel Huber MM (6.534)	Karesel Huber MM (5.989)	Küçük Huber S (11.960)	Küçük Huber MM (10.034)	Küçük Huber MM (10.043)	Küçük Huber MM (7.756)	Karesel Huber MM (6.929)	Karesel Huber MM (5.710)
4	Küçük Huber MM (10.600)	Küçük Huber MM (9.545)	Küçük Huber S (8.032)	Küçük Huber S (6.991)	Daraltmasız Huber S (5.400)	Daraltmasız Huber S (4.997)	Küçük Huber MM (10.190)	Küçük Huber MM (8.485)	Daraltmasız Huber MM (8.866)	Daraltmasız Huber MM (7.422)	Daraltmasız Huber S (6.467)	Daraltmasız Huber S (5.918)	Karesel Huber S (11.935)	Küçük HuberS (9.956)	Karesel Huber S (9.919)	Karesel Huber S (7.655)	Küçük Huber MM (6.902)	Küçük Huber MM (5.696)
5	Karesel Huber S (10.503)	Karesel Huber S (9.433)	Daraltmasız Huber MM (7.788)	Daraltmasız Huber MM (6.836)	Küçük Huber (5.308)	Küçük Huber (4.917)	Karesel Huber S (9.782)	Karesel Huber S (8.027)	Küçük Huber MM (8.462)	Küçük Huber MM (7.159)	Küçük Huber (6.390)	Küçük Huber (5.830)	Karesel Huber MM (11.884)	Karesel Huber S (9.947)	Küçük HuberS (9.874)	Küçük Huber S (7.627)	Küçük Huber (6.547)	Küçük Huber (5.453)
	AR(3) / n=100 / σ=0.5						AR(3) / n=100 / σ=1						AR(3) / n=100 / σ=3					
	ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>
1	Daraltmasız Huber S (25.783)	Daraltmasız Huber S (24.586)	Daraltmasız Huber S (21.275)	Daraltmasız Huber S (18.875)	Küçük Huber MM (5.710)	Küçük Huber MM (5.478)	Daraltmasız Huber MM (29.069)	Daraltmasız Huber MM (27.200)	Daraltmasız Huber S (25.184)	Daraltmasız Huber S (21.234)	Daraltmasız Huber S (5.935)	Daraltmasız Huber S (5.576)	Daraltmasız Huber MM (27.401)	Daraltmasız Huber MM (24.298)	Daraltmasız Huber S (27.641)	Daraltmasız Huber S (21.374)	Küçük Huber MM (6.535)	Küçük Huber MM (5.601)
2	Daraltmasız Huber MM (25.179)	Daraltmasız Huber MM (24.017)	Karesel Huber S (19.734)	Küçük Huber S (17.495)	Daraltmasız Huber S (5.668)	Daraltmasız Huber S (5.438)	Daraltmasız Huber S (27.831)	Daraltmasız Huber S (26.025)	Karesel Huber S (23.265)	Karesel Huber S (19.701)	Küçük Huber MM (5.925)	Küçük Huber MM (5.572)	Daraltmasız Huber S (26.951)	Daraltmasız Huber S (23.887)	Karesel Huber S (25.012)	Karesel Huber S (19.527)	Daraltmasız Huber S (6.532)	Daraltmasız Huber S (5.591)
3	Karesel Huber MM (24.526)	Karesel Huber MM (23.378)	Küçük Huber S (19.725)	Karesel Huber S (17.485)	Karesel Huber MM (5.596)	Karesel Huber MM (5.373)	Karesel Huber MM (27.234)	Karesel Huber MM (25.508)	Küçük Huber S (22.819)	Küçük Huber S (19.353)	Karesel Huber MM (5.816)	Karesel Huber MM (5.475)	Karesel Huber MM (26.451)	Karesel Huber MM (23.426)	Küçük Huber S (24.825)	Küçük Huber S (19.406)	Karesel Huber MM (6.393)	Karesel Huber MM (5.489)
4	Küçük Huber MM (23.981)	Küçük Huber S (22.853)	Kuartik Huber MM (16.900)	Kuartik Huber MM (15.177)	Kuartik Huber MM (5.430)	Karesel Huber S (5.203)	Küçük Huber MM (27.109)	Küçük Huber MM (25.354)	Kuartik Huber MM (18.483)	Kuartik Huber MM (15.839)	Daraltmasız Huber (5.714)	Daraltmasız Huber (5.387)	Küçük Huber MM (26.042)	Küçük Huber MM (23.108)	Kuartik Huber MM (20.582)	Kuartik Huber MM (16.373)	Küçük Huber MM (6.237)	Karesel Huber S (5.333)
5	Küçük Huber S (23.881)	Küçük Huber MM (22.833)	Kuartik Huber S (15.941)	Kuartik Huber S (14.295)	Küçük Huber S (5.424)	Daraltmasız Huber (5.198)	Karesel Huber S (25.798)	Karesel Huber S (24.198)	Küçük Huber S (16.953)	Küçük Huber S (14.499)	Kuartik Huber S (5.687)	Kuartik Huber S (5.271)	Küçük Huber S (25.187)	Küçük Huber S (22.316)	Küçük Huber S (18.942)	Küçük Huber S (15.078)	Karesel Huber S (6.198)	Kuartik Huber MM (5.328)

En etkin 5 yöntemin daraltma ve sağlamlık açısından oransal olarak dağılımlarını tespit edebilmek için Çizelge 7.2, Çizelge 7.3 ve Çizelge 7.4'ten yararlanılarak Çizelge 7.5 ve Çizelge 7.6 oluşturulmuştur.

**Çizelge 7.5 :** Otokorelasyon ve aykırı değer varlığında en etkin 5 yöntemin daraltmalı ve daraltmasız olarak yüzde dağılımı.

%	AR1	AR2	AR3
<b>Daraltmalı</b>	61	64	68
<b>Daraltmasız</b>	39	36	32

**Çizelge 7.6 :** Otokorelasyon ve aykırı değer varlığında en etkin 5 yöntemin sağlamlık performansı bakımından yüzde dağılımı.

%	AR1	AR2	AR3
<b>S+MM</b>	70	67	76
<b>LD</b>	30	33	24

Çizelge 7.5 incelendiğinde, en etkin 5 yöntemin daraltmalı ve daraltmasız olarak yüzde dağılımları verildiği görülmektedir. AR(1), AR(2) ve AR(3) durumlarında daraltmalı yöntemlerin sırasıyla, %61, %64, %68 oranında başarılı olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, daraltmalı yöntemlerin yüksek etkinliğe ulaşma bakımından ortalama %65 oranında üstünlük sağladığı söylenebilir.

Çizelge 7.6 incelendiğinde, en etkin 5 yöntemin sağlamlık performansı bakımından yüzde dağılımları verildiği görülmektedir. AR(1), AR(2) ve AR(3) durumlarında sağlam yöntemlerin sırasıyla, %70, %67, %76 oranında başarılı olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, sağlam yöntemlerin yüksek etkinliğe ulaşma bakımından ortalama %71 oranında üstünlük sağladığı söylenebilir.

Ayrıca, Çizelge 7.2, Çizelge 7.3 ve Çizelge 7.4'ten yararlanılarak en etkin 3 yöntemin de daraltma ve sağlamlık açısından oransal dağılımlarına ulaşılmış ve Çizelge 7.7 ve Çizelge 7.8'de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.7 :** Otokorelasyon ve aykırı değer varlığında en etkin 3 yöntemin daraltmalı ve daraltmasız olarak yüzde dağılımı.

%	AR1	AR2	AR3
<b>Daraltmalı</b>	64	60	55
<b>Daraltmasız</b>	36	40	45

**Çizelge 7.8 :** Otokorelasyon ve aykırı değer varlığında en etkin 3 yöntemin sağlamlık performansı bakımından yüzde dağılımı.

%	AR1	AR2	AR3
<b>S+MM</b>	66	59	74
<b>LD</b>	34	41	26

Çizelge 7.7 incelendiğinde, en etkin 3 yöntemin daraltmalı ve daraltmasız olarak yüzde dağılımları verildiği görülmektedir. AR(1), AR(2) ve AR(3) durumlarında daraltmalı yöntemlerin sırasıyla, %64, %60, %55 oranında başarılı olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, daraltmalı yöntemlerin yüksek etkinliğe ulaşma bakımından ortalama %60 oranında üstünlük sağladığı söylenebilir.

Çizelge 7.8 incelendiğinde, en etkin 3 yöntemin sağlamlık performansı bakımından yüzde dağılımları verildiği görülmektedir. AR(1), AR(2) ve AR(3) durumlarında sağlam yöntemlerin sırasıyla, %66, %59, %74 oranında başarılı olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, sağlam yöntemlerin yüksek etkinliğe ulaşma bakımından ortalama %66 oranında üstünlük sağladığı söylenebilir.

Ek A'daki , Çizelge A.1.a , Çizelge A.1.b, Çizelge A.1.c, Çizelge A.2.a, Çizelge A.2.b, Çizelge A.2.c, Çizelge A.3.a, Çizelge A.3.b, Çizelge A.3.c incelendiğinde, genel anlamda, gözlem sayısı ve  $\sigma$  değeri arttıkça görelî etkinlik değerinin de arttığı gözlemlenmektedir. Aykırı değer oranı ile görelî etkinlik arasında ise doğrusal bir ilişki kurulamamaktadır. Aykırı değer oranı ile görelî etkinlik arasındaki ilişkide, gözlem sayısına,  $\sigma$  değerine, seçilen yönteme bağlı değişkenlikler olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca Ek A'daki tüm çizelgeler incelendiğinde; Huber fonksiyonu ile gerçekleştirilen benzetim çalışmasının Fair fonksiyonu ile gerçekleştirilen benzetim çalışmasına göre daha etkin sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, uygulamalarda ulaşıldığı gibi benzetim çalışmasında da en etkin sonuçların daha yüksek oranda SDİAEKK yöntemleri ile elde edildiği gözlemlenmiştir.





## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın amacı, aykırı değer varlığında ve otokorelasyonlu hatalara sahip bir doğrusal olmayan regresyon modelinde etkin parametre tahmin edicisini bulmaktır. Bunun için, Riazoshams ve diğ. (2010) tarafından önerilen yöntem olan SİAEKK yöntemi geliştirilmiş ve daha etkin parametre tahmin edicisi bulmak için SDİAEKK yöntemleri önerilmiştir.

Yöntemlerin geliştirilmesinde, esas olarak Gallant ve Goebel (1976) tarafından önerilen İAEKK yönteminden yararlanılmıştır. Araştırılmak istenen, geliştirilen ve önerilen yöntemlerle SİAEKK ve İAEKK yöntemlerine göre daha etkin sonuçlar elde edilip edilemeyeceğidir.

Uygulamalarda, biyokimya ve ekonomi alanlarından elde edilen iki veri kümesi MATLAB R2016b üzerinde oluşturulan bir program yardımıyla analiz edilmiştir. İki veri kümesi de doğrusal olmayan bir yapıda olup parametre sayısı, hatalarının otokorelasyon biçimleri, gözlem sayısı ve model biçimi olarak birbirinden farklıdır. Bu veri kümelerinden 54 gözlemlili biyokimya verisinde 3, 200 gözlemlili ekonomi verisinde ise 5 değer değiştirilerek aykırı değerli veri kümeleri oluşturulmuştur. İlk olarak, parametre kestirimi için LD algoritması kullanılarak ilişki derecesi AR(1) ve AR(2) biçimli olmak üzere sağlam ve düzeltilmiş iki aşamalı yöntemler ile EKK tahmin edicisi bulunmuştur. İkinci olarak, sağlam kestiriciler olan MM ve S kestiricileri ile AR modelinin parametre kestirimi yapıp önceki yönteme dahil edilmiştir. Orijinal ve aykırı değerli veriler için tek aşamalı, iki aşamalı, sağlam iki aşamalı yöntemlerle elde edilen uygulama sonuçları bulunup birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Aykırı değerli veride tek aşamalı tüm sağlam yöntemlerle elde edilen sonuçların sağlam yöntemler kullanılmadığında elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu, ancak otokorelasyon sorununu ortadan kaldırmadığı, sağlam iki aşamalı yöntemlerle elde edilen parametre kestirim sonuçlarının ise İAEKK yöntemine göre elde edilenlerden daha etkin olduğu gözlemlenmiştir.

Ayrıca, biyokimya verisi için Riazoshams ve diğ. (2010)'nin çalışma sonuçları karşılaştırılmış ve aykırı değerli veri için önerilen yöntemler ile elde edilen neredeyse tüm değerlerin Riazoshams ve diğ. (2010)'nin çalışmasında bulunan değerlerden daha iyi olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, önerilen yöntemlerden elde edilen sonuçların Riazoshams ve diğ. (2010)'nin çalışmasında bulunan sonuçlardan daha iyi olduğu söylenebilir. Daha sonra, ilişki derecesi AR(1) ve AR(2) olan aykırı değerli veri kümeleri için tek aşamalı, iki aşamalı LD algoritması, MM ve S kestirimleri kullanılarak sağlam yöntemlerle (Huber, Bisquare, Fair, Cauchy) daraltılmamış, karesel, kübik ve kuartik daraltma durumlarındaki en küçük  $\sqrt{AKO}$  değerine sahip olunan iki durum için rastgelelik (run) testi sonuçları ile elde edilen z ve p değerleri verilmiştir. İncelemeler yapıldığında tek aşamalı yöntem için rastgelelik testi sonuçları ile iki aşamalı yöntem için rastgelelik testi sonuçları arasında fark olduğu görülmektedir. Tek aşamada otokorelasyon sorunu mevcut iken, iki aşamada otokorelasyon sorununun biyokimya verisinde tamamen, ekonomi verisinde ise MM ve S kestirimleri uygulandığında tam manasıyla giderildiği  $\alpha=0.05$  olduğu durumda p değerlerinin 0.05'ten büyük olması ile görülmektedir.

Uygulama çalışmasının devamında, en etkin parametre kestirim sonuçlarının uygulamalarda ulaşıldığı gibi önerilen SDİAEKK yöntemleri ile ulaşıp ulaşılamayacağı bir benzetim çalışması yapılarak araştırılmıştır. Benzetim çalışması sonucu, önerilen yöntem olan SDİAEKK 'nın İAEKK'ya göre görece etkinlik değerleri elde edilmiştir. Görece etkinlik değerlerinin birbirine çok yakın olduğu düşünüldüğünden, en iyi ilk 5 ve ilk 3 sırada olan etkinlik değerleri sıralanıp daraltmalı ve sağlam yöntemlerin yüzdesel dağılımı incelenmiştir. İlk 5 ve ilk 3'te yer alan daraltmalı yani düzeltilmiş ve sağlam yöntemlerle elde edilen görece etkinlik değerlerinin oransal olarak başarılı olduğu görülmüştür. Böylece, uygulamalardan elde edilen sonuçlar benzetim çalışmasıyla desteklenmiştir. Bu çalışmada önerilen yöntemler, doğrusal olmayan regresyonda otokorelasyon ve aykırı değer varlığında etkin parametre kestirimleri elde edebilmek için planlanmıştır. Bu çalışmanın devamında, bir doğrusal olmayan regresyon modelinde bu iki bozulmanın yanında hataların değişen varyanslı olma durumunun da aynı anda ortaya çıkması sonucu etkin parametre kestirimlerine ulaşılabilmenin yolları araştırılabilir.

## KAYNAKLAR

- Adnan, R., Mohamad, M.N. ve Setan, H.** (2003). Multiple Outliers Detection Procedures in Linear Regression, *Matematika*, vol.19, no.1, 29-45.
- Aşıkil, B.** (2009). *Otokorelasyonlu Hataların Varlığında Doğrusal Olmayan Regresyon*. (Doktora tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aşıkil, B. ve Erar, A.** (2013). Polynomial Tapered Two-Stage Least Squares Method In Nonlinear Regression, *Applied Mathematics and Computation*, 219, 9743-9754.
- Barnett, V. ve Lewis, T.** (1994). *Outliers in Statistical Data* (3rd ed.). New Jersey: John Wiley.
- Bates, D.M. ve Watts, D.G.** (1988). *Nonlinear Regression Analysis and Its Applications*. New York: John Wiley&Sons.
- Brockwell, P.J. ve Dahlhaus, R.** (2004). Generalized Levinson-Durbin and Burg Algorithms, *Journal of Econometrics*, 118, 129-149.
- Bunke, H. ve Bunke, O.** (1989). *Nonlinear Regression, Functional Relations and Robust Methods, Statistical Methods of Model Building*. New York: John Wiley&Sons.
- Cho, S.H. ve Song, I.** (1996). A Formula for Computing the Autocorrelations of the AR Process, *The Journal of the Acoustical Society of Korea*, 15, 4-7.
- Çetin M.C. ve Orsoy A.** (2001). Doğrusal Regresyonda Sağlam Tahmin Ediciler ve Bir Uygulama, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 265-270.
- Donoho, D.L. ve Huber, P.J.** (1983). The Notion of Breakdown Point, in *A Festschrift for Erich Lehmann* (P. J. Bickel, K. A. Doksum ve J. L. Hodges, diğ), 157-184. Wadsworth, Belmont, CA.
- Enders, W.** (1995). *Applied Econometric Time Series*. New York: John Wiley&Sons.
- Erkoç, A.** (2017). *Doğrusal Olmayan Regresyon Modellerinde İç İlişki Olması Durumunda Parametre Kestirimi*. (Doktora tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eshel, G.** (2003). The Yule Walker Equations for the AR Coefficients, Citeulike-article-id:763363.
- Gallant, A.R.** (1987). *Nonlinear Statistical Models*. New York: Wiley .

- Gallant, A.R. ve Goebel, J.J.** (1976). Nonlinear Regression with Autocorrelated Errors, *Journal of the American Statistical Association*, 71, 961-967.
- Gather, U. ve Hilker, T.** (1997). A Note on Tyler's Modification of The Mad for the Stahel-Donoho Estimator. *The Annals of Statistics*, vol.25, no.5, 2024-2026.
- Grubbs, F.E.** (1969). Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. *Technometrics*, 11,1-21.
- Grynovicki, J., Thomas, J.** (2013). Robust Regression: A Diagnostic Tool. Maryland: Aberdeen Proving Ground.
- Hamilton, L.C.** (1992). Regression with Graphics: Second Courses in Applied Statistics, pp 145-182. Brooks Cole.
- Hampel, F.R.** (1974). The Influence Curve and Its Role In Robust Estimation, *The Annals of Statistics*, 69, 383-393.
- Hampel, F.R., Ronchetti, E.M., Rousseeuw, P.J. ve Stahel, W.A.** (1986). Robust Statistics: The Approach Based on Influence Functions. New York: John Wiley&Sons.
- Hawkins, D.** (1980). Identification of Outliers. New York: Chapman and Hall.
- Huber, P.J.** (1977). Robust Statistical Procedures, Society for Industrial and Applied Mathematics. Philadelphia.
- Huber, P.J.** (1981). Robust Statistics. New York: John Wiley&Sons.
- Kınacı, İ. ve Genç, A.** (2002). Hataları Değişen Varyanslı ve Otokorelasyonlu Lineer Olmayan Regresyonda Parametre Tahmini, *Selçuk Üniversitesi Fen-Edebiyat Dergisi*, 20, 55-68.
- Kolbaşı, A.** (2018). *Aykırı Değer Tespit Etme Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Türkiye Dış Ticaret Verileri Üzerine Bir Uygulama.* (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Liu, H., Shah, S., Jiang, W.** (2004). On-line Outlier Detection and Data Cleaning, *Computer and Chemical Engineering*, 28, 1635-1647.
- Lopuha, H.P.** (1992) Highly Efficient Estimators of Multivariate Location with High Breakdown Point, *Ann. Statist.*, 20, 398-413.
- Martin, R.D., Yohai, V.J.** (1986). Influence functionals for time series. *Ann Statist.*, 14, 781-818.
- Montgomery, D.C., Peck, E.A. ve Vining, G.G.** (2012). Introduction to Linear Regression Analysis. New York: John Wiley&Sons.
- Oliver, R.L.** (1981). Measurement and Evaluation of Satisfaction Processes in Retail Settings. *Journal Retailing*, 57(3), 25-48.
- Öztürk, L., Türkay, H.** (2005). Aşırı Değer İçeren Veri Kümelerinde Hata Terimlerinin Binom Dağılımına Uyduğu Durumda EKK ve Robust LTS Regresyon Tahmin Edicilerinin Simülasyon Çalışması ile Karşılaştırılması, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Fen Dergisi*, 10(1), 263-279.

- Öztürk, L.** (2003). *Doğrusal Regresyonda Sağlam Kestirim Yöntemleri ve Karşılaştırmaları*. (Doktora tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pekgör, A.** (2010). *Doğrusal Olmayan Regresyonda Bozulma Noktalarının Hesabı ve Bir Uygulama*. (Doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Rawlings, J.O., Pantula, S.G. ve Dickey, D.A.** (1998). *Applied Regression Analysis: A Research Tool*. 2nd. New York: Springer.
- Riazoshams, H., Midi, H., Sharipov, O.** (2010). The Performance of Robust Two-Stage Estimator in Nonlinear Regression with Autocorrelated Error, *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 39, 1251-1268.
- Rousseeuw, P.J. ve Yohai V.J.** (1984). Robust Regression by Means of S-Estimator in Robust and Nonlinear Time Series Analysis, eds. J. Franke, W. Hardle and R. D. Martin, *Lecture Notes in Statistics*. New York: Springer-Verlag, pp. 256-272.
- Rousseeuw, P.J. ve Leroy, A.** (1987). *Robust Regression and Outlier Detection*. New York: John Wiley.
- Seber, G.A.F. ve Wild, C.J.** (1989). *Nonlinear Regression*. New York: John Wiley&Sons.
- Serin, T.** (2010). *Doğrusal Olmayan Regresyon Modellerinde Parametre Tahmin Yöntemleri, Öneriler ve Karşılaştırmaları*. (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sinha, S.K., Field, C.A., Smith, B.** (2003). Robust estimation of nonlinear regression with autoregressive errors. *Statistics & Probability Letters*, 63, 49-59.
- Şahinbaşoğlu, Z.Z.** (2005). *Doğrusal Olmayan Regresyonda Bazı Eğrisellik Ölçüleri*. (Yüksek Lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şanlı, K.** (2005). *Bulanık Robust Regresyon Çözümlemesi*. (Doktora tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Toros, H.** (1993). *Klimatolojik Serilerden Türkiye İkliminde Trend Analizi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Vural, A.** (2007). *Aykırı Değerlerin Regresyon Modellerine Etkileri ve Sağlam Kestiriciler*. (Yüksek Lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Yohai, V.J.** (1987). High Breakdown Point and High Efficiency Robust Estimator Regression, *The Annals of Statistics*, 15(20), 642-656.
- Url-1** <<http://rosa.unipr.it/FSDA/guide.html>>

## **EKLER**

**EK A:** Benzetim çalışması sonuçları



## EK A Benzetim çalışması sonuçları

**Çizelge A.1.a : AR(1) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=20 iken benzetim sonuçları.**

	AR(1) / n=20/ $\sigma=0.5$								AR(1) / n=20/ $\sigma=1$								AR(1) / n=20/ $\sigma=3$							
	ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$
<b>İAEKK</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>Daraltmasız Huber</b>	1.001	1.045	13.330	11.791	20.297	15.829	10.226	8.825	0.958	0.961	14.522	12.954	21.386	16.339	11.200	9.104	0.938	0.934	17.145	14.861	27.227	17.059	13.225	9.401
<b>Daraltmasız Fair</b>	0.999	1.016	9.086	7.722	11.647	9.545	4.294	4.052	0.985	0.995	10.085	8.520	12.244	9.627	4.359	4.039	0.964	0.962	11.312	9.042	14.952	10.015	5.260	4.226
<b>Daraltmasız Huber MM</b>	0.964	0.965	12.780	10.633	19.507	14.582	13.673	11.083	0.949	0.951	14.395	12.757	20.343	14.524	16.103	12.413	0.963	0.962	16.204	12.962	22.882	13.259	18.212	11.717
<b>Daraltmasız Fair MM</b>	0.987	1.001	8.948	7.545	11.641	9.503	5.848	5.393	0.975	0.984	10.593	9.222	10.398	7.095	6.047	5.419	0.988	0.988	11.805	9.771	15.292	9.847	5.046	4.575
<b>Daraltmasız Huber S</b>	0.855	0.851	12.574	10.539	19.152	14.255	14.374	11.543	0.848	0.859	14.437	12.778	18.670	13.237	13.824	11.314	0.902	0.919	14.939	11.666	20.432	11.712	15.129	10.966
<b>Daraltmasız Fair S</b>	0.881	0.881	8.712	7.355	10.891	8.964	5.772	5.305	0.882	0.895	10.318	8.715	9.491	6.501	5.780	5.232	0.939	0.952	10.304	7.787	14.076	8.784	3.865	4.177
<b>Karesel Huber</b>	0.971	1.014	13.208	11.633	19.946	15.529	10.081	8.665	0.942	0.942	14.071	12.620	21.057	16.094	10.998	8.994	0.937	0.934	16.998	14.800	26.437	16.727	12.675	9.076
<b>Karesel Fair</b>	0.967	0.982	9.007	7.651	11.396	9.321	4.286	4.041	0.977	0.987	10.062	8.680	12.055	9.429	4.354	4.043	0.967	0.966	11.364	9.298	14.689	9.890	5.161	4.177
<b>Karesel Huber MM</b>	0.923	0.922	12.426	10.513	19.076	14.345	13.727	11.058	0.928	0.930	14.065	12.535	18.988	13.280	15.139	11.638	0.936	0.944	16.041	13.039	21.612	12.470	17.504	11.490
<b>Karesel Fair MM</b>	0.942	0.950	8.816	7.470	11.262	9.147	5.889	5.415	0.950	0.958	10.286	9.014	11.212	8.136	6.002	5.374	0.958	0.968	11.388	9.312	14.927	9.881	7.156	5.463
<b>Karesel Huber S</b>	0.843	0.850	11.686	9.679	17.687	13.514	13.795	11.110	0.809	0.824	14.518	13.051	17.660	12.337	12.517	10.389	0.833	0.857	14.763	11.664	18.730	10.338	14.286	10.534
<b>Karesel Fair S</b>	0.868	0.871	8.163	6.880	9.770	8.204	5.924	5.453	0.849	0.868	9.701	8.314	9.835	7.101	5.546	5.074	0.903	0.923	10.386	8.098	13.407	8.550	5.143	4.614
<b>Kübik Huber</b>	0.973	1.017	12.912	11.310	19.688	15.344	9.905	8.522	0.943	0.945	13.427	12.053	20.719	15.840	10.776	8.868	0.929	0.927	16.231	13.975	26.187	16.558	12.455	8.994
<b>Kübik Fair</b>	0.972	0.988	8.833	7.481	11.275	9.231	4.250	4.006	0.979	0.992	9.844	8.608	11.889	9.265	4.341	4.039	0.962	0.961	10.874	8.752	14.604	9.847	5.135	4.169
<b>Kübik Huber MM</b>	0.932	0.932	12.615	10.686	19.679	14.729	13.602	10.972	0.924	0.937	13.611	12.127	19.458	13.661	15.473	11.814	0.930	0.939	14.878	11.432	21.806	12.733	16.731	11.116
<b>Kübik Fair MM</b>	0.953	0.964	8.782	7.435	11.481	9.304	5.884	5.414	0.951	0.970	9.944	8.759	10.915	7.855	5.995	5.371	0.956	0.964	11.732	9.673	14.971	9.853	7.143	5.456
<b>Kübik Huber S</b>	0.828	0.836	11.777	9.854	17.990	13.691	13.857	11.135	0.804	0.822	14.338	12.935	18.018	12.616	12.544	10.434	0.838	0.856	13.440	9.990	18.571	10.188	13.796	10.262
<b>Kübik Fair S</b>	0.852	0.855	8.478	7.133	9.833	8.239	5.864	5.417	0.843	0.863	9.561	8.232	10.043	7.195	5.487	5.043	0.904	0.922	9.817	7.276	13.059	8.216	6.823	5.380
<b>Kuartik Huber</b>	0.929	0.972	13.511	12.044	20.410	15.945	10.510	9.180	0.934	0.936	14.822	13.229	21.779	16.752	10.565	8.512	0.931	0.932	17.375	15.134	26.408	16.437	13.758	9.368
<b>Kuartik Fair</b>	0.915	0.936	9.062	7.702	11.767	9.703	4.459	4.205	0.953	0.961	10.284	8.667	12.419	9.797	4.334	3.970	0.961	0.965	11.540	9.259	14.680	9.778	5.276	4.207
<b>Kuartik Huber MM</b>	0.809	0.804	10.818	8.743	15.315	11.905	9.416	7.907	0.806	0.810	14.145	12.989	16.726	12.437	10.527	9.064	0.851	0.886	14.098	11.156	17.734	11.506	6.514	6.477
<b>Kuartik Fair MM</b>	0.827	0.815	7.593	6.297	8.369	7.248	5.403	5.011	0.845	0.857	9.052	7.833	9.793	8.138	5.223	4.784	0.891	0.932	9.036	6.426	10.180	6.922	4.789	4.304
<b>Kuartik Huber S</b>	0.788	0.783	9.907	7.964	14.867	11.503	7.720	6.703	0.758	0.769	12.850	11.667	14.965	11.370	8.595	7.787	0.763	0.794	13.248	10.501	16.924	11.019	7.025	6.427
<b>Kuartik Fair S</b>	0.822	0.820	7.463	6.226	8.093	6.928	4.691	4.386	0.802	0.815	8.232	6.929	9.081	7.670	4.597	4.317	0.813	0.851	8.268	5.910	10.086	6.755	4.216	4.040

Çizelge A.1.b : AR(1) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=50 iken benzetim sonuçları.

	AR(1) / n=50/ σ=0.5								AR(1) / n=50/ σ=1								AR(1) / n=50/ σ=3							
	ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>
İAEKK	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Daraltmasız Huber	0.935	0.937	26.441	24.071	32.964	28.427	24.309	21.792	0.949	0.945	27.670	24.580	40.503	34.644	24.334	20.424	0.944	0.945	30.038	24.498	43.000	32.785	30.246	22.091
Daraltmasız Fair	0.938	0.940	17.479	16.231	17.960	16.207	7.390	7.080	0.962	0.962	17.870	15.892	20.613	18.333	7.435	6.900	0.960	0.962	20.122	16.858	21.797	16.995	8.346	6.979
Daraltmasız Huber MM	0.930	0.932	26.184	23.808	34.517	29.665	32.368	27.615	0.947	0.946	28.095	24.987	42.403	35.898	32.272	25.648	0.937	0.938	30.210	24.400	45.853	34.650	40.780	28.076
Daraltmasız Fair MM	0.934	0.936	16.722	15.376	18.973	16.976	10.712	9.996	0.958	0.959	17.623	15.602	21.644	19.013	10.730	9.624	0.957	0.959	19.936	16.519	23.729	18.274	12.531	9.942
Daraltmasız Huber S	0.875	0.881	25.959	23.429	34.034	29.365	31.911	27.166	0.911	0.912	27.378	24.216	40.627	34.237	31.917	25.346	0.879	0.882	29.346	23.724	45.143	34.013	39.926	27.491
Daraltmasız Fair S	0.885	0.888	16.723	15.351	18.578	16.598	10.790	10.016	0.926	0.928	17.222	15.221	21.319	18.660	10.790	9.638	0.902	0.906	19.387	16.084	23.816	18.282	12.564	9.923
Karesel Huber	0.912	0.913	25.533	23.262	32.894	28.607	24.154	21.654	0.941	0.938	27.145	24.212	39.345	33.578	23.276	19.528	0.942	0.941	28.633	23.457	42.348	32.210	30.189	22.172
Karesel Fair	0.922	0.923	16.865	15.658	17.761	16.073	7.380	7.067	0.954	0.956	17.594	15.698	20.111	17.854	7.332	6.801	0.959	0.960	19.326	16.229	21.517	16.767	8.421	7.051
Karesel Huber MM	0.903	0.904	26.264	23.929	34.811	29.955	32.097	27.424	0.936	0.939	27.676	24.581	42.946	36.216	31.596	25.096	0.932	0.932	30.843	25.101	46.122	34.716	40.534	28.011
Karesel Fair MM	0.911	0.911	17.317	16.032	19.196	17.186	10.709	9.979	0.947	0.952	17.813	15.774	21.977	19.275	10.604	9.503	0.949	0.950	20.754	17.372	24.042	18.437	12.573	9.972
Karesel Huber S	0.813	0.821	25.345	22.928	32.026	27.713	31.251	26.670	0.881	0.885	26.695	23.625	39.146	33.018	31.311	24.865	0.835	0.846	29.794	24.345	44.016	33.185	39.273	27.107
Karesel Fair S	0.820	0.826	16.388	15.097	18.048	16.185	10.745	9.979	0.899	0.904	17.172	15.244	20.571	18.008	10.735	9.582	0.861	0.872	19.596	16.357	22.722	17.578	12.548	9.910
Kübik Huber	0.908	0.910	25.080	22.898	32.826	28.614	24.141	21.661	0.943	0.941	26.591	23.789	38.940	33.240	23.374	19.634	0.941	0.940	28.174	23.151	42.122	32.103	30.137	22.139
Kübik Fair	0.917	0.919	16.547	15.383	17.710	16.056	7.349	7.039	0.956	0.958	17.279	15.458	19.966	17.727	7.322	6.794	0.959	0.960	19.011	15.989	21.402	16.698	8.441	7.066
Kübik Huber MM	0.898	0.900	26.107	23.801	34.567	29.856	32.047	27.383	0.940	0.943	27.337	24.350	42.373	35.822	31.603	25.109	0.926	0.926	30.430	24.844	46.072	34.674	40.381	27.910
Kübik Fair MM	0.906	0.907	17.093	15.837	19.288	17.307	10.682	9.955	0.951	0.956	17.637	15.635	21.970	19.285	10.628	9.526	0.945	0.946	20.434	17.072	23.840	18.301	12.572	9.969
Kübik Huber S	0.812	0.819	25.245	22.816	32.144	27.808	31.326	26.822	0.878	0.881	26.761	23.824	38.761	32.764	31.153	24.754	0.843	0.852	30.044	24.547	43.606	32.910	39.284	27.078
Kübik Fair S	0.816	0.821	16.370	15.109	18.197	16.314	10.718	9.955	0.887	0.890	17.192	15.243	20.786	18.243	10.770	9.616	0.864	0.873	20.018	16.662	22.968	17.785	12.555	9.918
Kuartik Huber	0.916	0.911	26.661	24.242	32.105	27.583	23.562	21.241	0.914	0.912	28.056	24.842	39.171	33.260	22.709	19.081	0.927	0.928	29.914	24.441	41.444	31.454	29.012	21.303
Kuartik Fair	0.928	0.923	17.604	16.304	17.664	15.867	7.310	7.006	0.923	0.925	18.187	16.116	20.255	17.950	7.314	6.769	0.939	0.940	20.078	16.780	21.442	16.692	8.274	6.933
Kuartik Huber MM	0.846	0.845	24.712	22.229	33.121	28.595	31.757	27.140	0.882	0.884	24.982	22.090	39.141	32.713	27.491	22.321	0.887	0.890	27.822	22.626	41.919	31.650	38.829	26.942
Kuartik Fair MM	0.860	0.857	15.565	14.323	18.247	16.272	10.643	9.903	0.878	0.881	15.805	13.993	19.922	17.517	10.561	9.441	0.902	0.907	18.405	15.324	22.467	17.446	12.426	9.849
Kuartik Huber S	0.766	0.775	23.920	21.453	31.580	27.282	29.916	25.802	0.826	0.830	23.571	20.611	37.718	31.690	25.924	21.365	0.805	0.815	27.299	22.138	40.952	30.920	36.257	25.668
Kuartik Fair S	0.770	0.777	14.847	13.665	17.297	15.489	10.197	9.503	0.823	0.827	15.202	13.429	19.007	16.799	9.880	8.897	0.834	0.845	17.590	14.568	21.538	16.627	11.906	9.496



**Çizelge A.1.c : AR(1) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=100 iken benzetim sonuçları.**

	AR(1) / n=100/ $\sigma=0.5$								AR(1) / n=100/ $\sigma=1$								AR(1) / n=100/ $\sigma=3$							
	ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$
<b>İAEKK</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>Daraltmasız Huber</b>	0.953	0.948	29.890	27.287	48.390	45.487	29.453	28.253	0.940	0.941	32.996	29.767	51.393	47.235	32.089	29.399	0.966	0.968	32.127	28.035	56.975	48.315	36.889	29.244
<b>Daraltmasız Fair</b>	0.955	0.953	19.650	18.343	22.965	22.017	8.830	8.578	0.944	0.945	21.321	19.736	24.313	22.855	9.500	8.994	0.978	0.982	20.920	18.690	26.696	23.311	10.640	8.985
<b>Daraltmasız Huber MM</b>	0.954	0.949	29.392	26.906	52.543	48.980	39.608	37.622	0.938	0.939	32.124	28.988	56.022	51.174	43.066	38.923	0.966	0.968	30.789	26.903	62.244	52.445	50.016	38.671
<b>Daraltmasız Fair MM</b>	0.956	0.953	18.725	17.516	25.750	24.500	12.971	12.474	0.940	0.941	20.444	18.921	27.133	25.328	13.795	12.887	0.979	0.983	19.881	17.804	29.753	25.810	15.663	12.856
<b>Daraltmasız Huber S</b>	0.936	0.930	28.916	26.416	51.835	48.330	39.348	37.372	0.910	0.909	30.732	27.778	55.168	50.521	42.845	38.734	0.940	0.942	30.088	26.211	61.378	51.815	49.714	38.364
<b>Daraltmasız Fair S</b>	0.941	0.937	18.203	16.949	25.503	24.273	13.023	12.501	0.914	0.913	19.569	18.119	27.009	25.231	13.940	13.007	0.958	0.961	19.194	17.035	29.684	25.743	15.746	12.892
<b>Karesel Huber</b>	0.950	0.944	29.165	26.693	46.775	44.018	29.132	27.986	0.941	0.941	32.304	29.159	49.734	45.740	31.330	28.756	0.961	0.963	31.130	27.293	55.361	46.983	36.807	29.118
<b>Karesel Fair</b>	0.957	0.953	19.243	17.981	22.514	21.587	8.802	8.555	0.944	0.945	20.990	19.413	23.847	22.425	9.372	8.878	0.973	0.976	20.416	18.284	26.198	22.879	10.650	8.987
<b>Karesel Huber MM</b>	0.944	0.938	28.392	26.073	52.699	49.109	39.645	37.676	0.937	0.938	31.188	28.135	55.963	51.136	42.864	38.772	0.961	0.962	30.106	26.443	61.880	52.145	49.968	38.568
<b>Karesel Fair MM</b>	0.950	0.947	18.075	16.960	25.704	24.460	12.943	12.443	0.938	0.940	19.717	18.188	27.040	25.237	13.747	12.837	0.974	0.977	19.306	17.337	29.585	25.656	15.719	12.887
<b>Karesel Huber S</b>	0.914	0.909	28.545	26.154	50.662	47.361	38.482	36.608	0.901	0.901	30.564	27.619	53.180	48.736	41.835	37.860	0.912	0.915	29.209	25.531	59.807	50.551	49.594	38.273
<b>Karesel Fair S</b>	0.920	0.918	17.892	16.709	25.068	23.894	12.929	12.419	0.906	0.906	19.396	17.932	26.192	24.456	13.776	12.856	0.938	0.941	18.468	16.432	29.106	25.294	15.668	12.831
<b>Kübik Huber</b>	0.952	0.946	29.148	26.666	46.861	44.101	29.237	28.081	0.939	0.939	32.313	29.173	49.870	45.859	31.270	28.703	0.961	0.963	31.054	27.220	55.563	47.159	36.642	28.993
<b>Kübik Fair</b>	0.958	0.955	19.217	17.964	22.535	21.609	8.828	8.579	0.943	0.944	21.026	19.454	23.895	22.472	9.371	8.877	0.971	0.974	20.362	18.230	26.312	22.979	10.630	8.969
<b>Kübik Huber MM</b>	0.946	0.940	28.553	26.240	52.780	49.163	39.710	37.726	0.937	0.938	31.100	28.011	55.943	51.110	42.741	38.660	0.958	0.960	30.191	26.524	61.815	52.113	49.946	38.556
<b>Kübik Fair MM</b>	0.952	0.949	18.174	17.034	25.753	24.495	12.986	12.485	0.938	0.940	19.797	18.270	27.067	25.268	13.733	12.825	0.973	0.976	19.398	17.421	29.596	25.670	15.730	12.896
<b>Kübik Huber S</b>	0.913	0.909	28.505	26.147	50.308	47.034	38.548	36.682	0.909	0.908	30.934	27.969	53.411	48.910	41.734	37.756	0.917	0.918	29.217	25.549	58.830	49.730	49.291	38.041
<b>Kübik Fair S</b>	0.920	0.918	18.002	16.803	24.944	23.785	12.904	12.398	0.913	0.913	19.538	18.078	26.455	24.688	13.744	12.827	0.943	0.945	18.582	16.561	28.460	24.719	15.704	12.860
<b>Kuartik Huber</b>	0.939	0.933	29.136	26.699	46.025	43.293	28.003	26.904	0.944	0.943	31.279	28.201	48.479	44.575	31.029	28.452	0.955	0.957	31.010	27.191	53.658	45.570	36.099	28.622
<b>Kuartik Fair</b>	0.944	0.939	19.328	18.057	22.351	21.412	8.541	8.303	0.945	0.945	20.504	18.910	23.390	21.978	9.334	8.843	0.964	0.968	20.401	18.279	25.615	22.371	10.565	8.929
<b>Kuartik Huber MM</b>	0.922	0.918	27.633	25.468	49.001	45.940	38.500	36.608	0.905	0.902	30.671	27.670	49.539	45.174	42.432	38.387	0.927	0.928	29.487	25.937	57.406	48.637	49.120	37.936
<b>Kuartik Fair MM</b>	0.929	0.926	17.807	16.767	24.210	23.080	12.735	12.230	0.905	0.903	19.502	18.026	25.008	23.432	13.726	12.816	0.949	0.950	18.826	16.753	28.057	24.402	15.569	12.764
<b>Kuartik Huber S</b>	0.879	0.875	27.446	25.269	46.128	43.297	37.227	35.369	0.846	0.845	30.351	27.364	46.501	42.537	40.666	36.899	0.827	0.832	29.062	25.493	54.897	46.274	47.398	36.529
<b>Kuartik Fair S</b>	0.893	0.891	17.340	16.274	22.730	21.650	12.769	12.262	0.854	0.855	18.717	17.317	23.312	21.931	13.587	12.690	0.852	0.858	17.933	15.918	27.001	23.526	15.350	12.576

Çizelge A.2.a : AR(2) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=20 iken benzetim sonuçları.

	AR(2) / n=20/ $\sigma=0.5$								AR(2) / n=20/ $\sigma=1$								AR(2) / n=20/ $\sigma=3$							
	ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$
<b>İAEKK</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>Daraltmasız Huber</b>	0.918	0.913	9.319	8.395	6.329	5.546	6.793	6.089	0.964	0.965	10.274	9.257	6.253	4.990	7.828	6.410	0.945	0.933	12.020	10.652	6.796	4.895	9.623	6.217
<b>Daraltmasız Fair</b>	1.000	1.000	1.145	1.148	1.138	1.117	1.244	1.219	0.998	0.996	1.135	1.130	1.123	1.099	1.291	1.270	1.004	1.003	1.160	1.164	1.162	1.129	1.309	1.257
<b>Daraltmasız Huber MM</b>	0.903	0.904	5.937	4.460	5.017	4.298	8.044	7.559	0.937	0.934	7.763	6.298	5.944	4.764	9.826	8.127	0.939	0.921	9.660	8.186	6.058	4.066	11.172	7.648
<b>Daraltmasız Fair MM</b>	0.907	0.908	4.919	4.188	3.251	3.153	4.261	4.028	0.945	0.942	5.797	4.854	3.763	3.304	4.660	4.227	0.977	0.959	6.815	5.766	3.973	3.247	5.765	4.561
<b>Daraltmasız Huber S</b>	0.790	0.791	5.446	4.089	4.023	3.444	7.841	7.344	0.812	0.819	6.881	5.382	5.824	4.617	9.944	7.913	0.780	0.760	8.787	7.279	5.483	3.545	10.221	7.396
<b>Daraltmasız Fair S</b>	0.822	0.822	3.920	3.078	2.920	2.804	4.063	3.864	0.830	0.836	5.254	4.400	3.682	3.186	4.625	4.157	0.840	0.818	5.970	5.035	3.497	2.595	4.839	4.179
<b>Karesel Huber</b>	0.900	0.893	9.238	8.298	6.229	5.481	5.466	4.868	0.973	0.985	10.320	9.324	6.159	4.927	6.581	5.442	0.948	0.927	12.131	10.825	6.687	4.860	7.386	4.960
<b>Karesel Fair</b>	0.913	0.912	6.596	5.671	4.581	4.118	3.656	3.361	0.975	0.989	7.458	6.322	4.675	3.824	4.046	3.635	0.993	0.981	9.085	7.704	5.138	3.899	4.658	3.610
<b>Karesel Huber MM</b>	0.865	0.871	6.320	4.751	4.860	4.114	8.591	7.984	0.881	0.883	7.265	5.617	6.637	5.321	10.390	8.000	0.923	0.905	9.549	7.942	6.757	4.845	12.890	8.185
<b>Karesel Fair MM</b>	0.882	0.892	5.246	4.521	3.007	2.738	4.116	3.847	0.896	0.901	6.016	4.937	4.064	3.453	4.653	4.235	0.962	0.947	7.175	6.140	4.430	3.499	5.686	4.443
<b>Karesel Huber S</b>	0.777	0.785	6.105	4.712	4.756	4.017	6.353	5.896	0.762	0.772	6.641	5.202	7.074	5.408	10.257	7.831	0.833	0.831	8.323	7.000	6.110	4.428	10.700	7.576
<b>Karesel Fair S</b>	0.772	0.764	4.871	4.216	2.628	2.414	4.102	3.866	0.784	0.792	5.238	4.324	4.008	3.315	4.675	4.263	0.847	0.840	6.582	5.715	4.107	3.298	4.940	4.171
<b>Kübik Huber</b>	0.888	0.876	9.276	8.362	6.269	5.507	5.987	5.356	0.968	0.976	10.348	9.344	6.256	5.004	6.874	5.711	0.947	0.926	12.157	10.819	6.794	4.931	8.183	5.452
<b>Kübik Fair</b>	0.904	0.900	6.604	5.687	4.606	4.136	3.705	3.430	0.969	0.976	7.497	6.343	4.724	3.862	4.057	3.662	0.995	0.980	9.121	7.722	5.188	3.931	4.721	3.684
<b>Kübik Huber MM</b>	0.854	0.860	6.192	4.693	4.827	4.014	7.755	7.314	0.896	0.896	7.339	5.706	7.246	5.746	10.362	8.019	0.914	0.897	9.626	7.932	6.427	4.625	11.333	7.542
<b>Kübik Fair MM</b>	0.874	0.883	5.092	4.414	3.207	3.000	4.009	3.736	0.905	0.907	5.819	4.873	4.038	3.404	4.750	4.307	0.962	0.949	6.794	5.832	4.130	3.315	5.658	4.411
<b>Kübik Huber S</b>	0.781	0.792	6.024	4.681	4.374	3.716	5.837	5.498	0.765	0.772	6.599	5.215	7.154	5.449	10.052	7.624	0.838	0.837	7.996	6.687	6.181	4.350	10.279	7.316
<b>Kübik Fair S</b>	0.821	0.839	4.515	3.882	2.802	2.677	4.129	3.862	0.785	0.791	4.907	4.081	4.074	3.346	4.857	4.394	0.862	0.857	5.953	5.232	3.835	3.120	4.906	4.123
<b>Kuartik Huber</b>	0.876	0.884	9.009	7.988	6.355	5.570	4.552	4.046	0.903	0.928	9.970	8.944	6.186	4.920	5.194	4.279	0.845	0.839	11.777	10.490	6.745	4.860	5.683	4.024
<b>Kuartik Fair</b>	0.868	0.875	6.459	5.510	4.684	4.203	3.507	3.180	0.919	0.946	7.068	5.909	4.744	3.867	3.974	3.512	0.887	0.885	8.768	7.414	5.219	3.944	4.370	3.350
<b>Kuartik Huber MM</b>	0.698	0.688	6.186	4.928	5.001	4.293	6.611	5.997	0.751	0.753	6.903	5.498	5.563	4.055	5.256	4.507	0.727	0.713	8.585	6.717	6.385	4.561	6.784	4.944
<b>Kuartik Fair MM</b>	0.670	0.655	4.824	4.054	3.502	3.124	4.042	3.775	0.773	0.777	5.409	4.472	3.460	2.842	3.716	3.295	0.761	0.741	6.351	5.068	4.376	3.360	4.381	3.717
<b>Kuartik Huber S</b>	0.670	0.664	5.746	4.654	4.998	4.304	5.371	4.962	0.712	0.710	6.608	5.266	5.231	3.830	4.853	4.113	0.736	0.723	8.319	6.617	6.221	4.406	6.498	4.664
<b>Kuartik Fair S</b>	0.640	0.623	4.527	3.834	3.448	3.085	3.841	3.623	0.720	0.711	4.918	4.089	3.402	2.787	3.661	3.281	0.763	0.745	6.043	4.820	4.390	3.294	4.169	3.435

Çizelge A.2.b : AR(2) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=50 iken benzetim sonuçları.

	AR(2) / n=50/ $\sigma=0.5$								AR(2) / n=50/ $\sigma=1$								AR(2) / n=50/ $\sigma=3$							
	ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$
İAEKK	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Daraltmasız Huber	0.959	0.957	10.257	9.326	23.621	19.536	24.279	21.209	0.974	0.977	9.976	8.786	24.553	19.827	26.503	22.179	0.962	0.962	11.644	9.637	27.167	19.304	29.210	19.795
Daraltmasız Fair	0.997	0.997	1.106	1.104	1.216	1.207	1.271	1.256	1.001	1.001	1.109	1.105	1.193	1.180	1.299	1.278	1.000	1.000	1.102	1.094	1.200	1.181	1.289	1.251
Daraltmasız Huber MM	0.954	0.953	12.081	10.044	19.132	16.411	21.689	19.415	0.976	0.979	14.610	13.028	22.942	19.272	24.586	20.886	0.959	0.959	15.342	12.516	24.033	17.829	26.789	18.556
Daraltmasız Fair MM	0.955	0.957	7.177	5.983	12.008	10.860	7.919	7.474	0.985	0.989	8.495	7.598	13.882	12.386	9.031	8.316	0.971	0.971	8.546	6.912	14.216	11.360	9.350	7.481
Daraltmasız Huber S	0.833	0.835	11.402	9.381	18.574	15.995	21.012	18.763	0.912	0.918	12.768	11.065	21.805	18.365	24.151	20.501	0.885	0.883	13.493	10.794	22.840	16.862	26.489	18.210
Daraltmasız Fair S	0.849	0.850	6.807	5.687	11.657	10.530	8.000	7.522	0.951	0.959	8.463	7.552	13.160	11.615	9.193	8.416	0.912	0.911	7.573	6.067	13.796	10.935	9.522	7.565
Karesel Huber	0.949	0.948	12.784	11.546	27.066	23.201	19.540	17.680	0.972	0.975	12.648	11.141	27.751	23.052	22.006	19.159	0.945	0.943	14.998	12.353	31.329	23.124	24.819	17.717
Karesel Fair	0.946	0.946	9.375	8.535	14.839	13.335	6.110	5.863	0.977	0.980	9.809	8.704	15.409	13.368	6.941	6.541	0.952	0.949	11.204	9.107	17.591	13.571	7.144	5.987
Karesel Huber MM	0.925	0.927	12.108	10.108	18.804	16.085	21.680	19.439	0.959	0.961	12.357	10.647	22.345	18.762	24.337	20.712	0.926	0.924	14.633	11.990	23.248	16.998	26.646	18.432
Karesel Fair MM	0.927	0.930	7.536	6.408	12.087	10.965	7.938	7.488	0.967	0.969	8.308	7.488	13.726	12.221	8.965	8.248	0.940	0.939	8.479	6.821	15.167	11.963	9.238	7.391
Karesel Huber S	0.775	0.779	11.255	9.326	17.833	15.483	21.233	18.965	0.882	0.886	11.255	9.572	21.594	17.933	23.823	20.204	0.836	0.831	13.084	10.599	21.695	15.946	25.851	17.859
Karesel Fair S	0.791	0.793	7.246	6.254	11.059	9.962	8.031	7.556	0.904	0.908	8.004	7.176	13.176	11.578	9.070	8.303	0.867	0.860	7.600	6.093	14.195	10.986	9.262	7.389
Kübik Huber	0.947	0.946	13.840	12.531	25.680	22.629	17.181	15.766	0.972	0.975	13.763	12.130	27.224	23.178	19.745	17.422	0.948	0.946	16.330	13.506	30.418	23.137	21.780	15.956
Kübik Fair	0.945	0.945	10.006	9.142	13.793	12.653	5.567	5.364	0.978	0.981	10.489	9.321	14.638	12.946	6.347	6.007	0.954	0.952	12.084	9.833	16.607	13.118	6.478	5.484
Kübik Huber MM	0.931	0.933	12.308	10.487	19.930	17.071	21.695	19.448	0.958	0.960	13.784	12.288	23.916	20.843	24.405	20.733	0.924	0.923	14.761	12.181	24.890	18.567	26.645	18.416
Kübik Fair MM	0.931	0.934	7.560	6.472	12.324	11.189	7.929	7.478	0.966	0.969	8.801	7.862	13.780	12.329	9.012	8.289	0.938	0.937	8.915	7.273	15.190	12.124	9.245	7.397
Kübik Huber S	0.774	0.776	11.709	9.888	17.623	15.282	20.927	18.689	0.879	0.883	11.314	9.671	22.596	19.685	23.860	20.250	0.845	0.842	12.711	10.170	22.918	16.742	25.879	17.860
Kübik Fair S	0.788	0.790	7.239	6.271	11.073	9.986	7.979	7.505	0.900	0.908	8.165	7.288	13.219	11.558	9.047	8.288	0.870	0.865	7.719	6.211	14.402	11.295	9.238	7.369
Kuartik Huber	0.914	0.913	9.417	8.605	17.674	14.683	23.057	18.887	0.949	0.950	9.328	8.289	17.676	14.315	23.378	18.440	0.919	0.916	10.780	8.977	19.821	14.108	26.323	16.377
Kuartik Fair	0.922	0.922	7.053	6.423	12.002	10.247	8.238	7.614	0.953	0.955	7.496	6.696	11.671	9.677	8.664	7.812	0.926	0.923	8.110	6.669	13.837	10.193	9.409	7.382
Kuartik Huber MM	0.791	0.785	11.290	9.213	19.125	16.851	20.491	18.298	0.849	0.850	12.915	11.434	20.340	17.178	22.701	19.337	0.815	0.812	13.189	10.908	25.323	19.701	25.103	17.512
Kuartik Fair MM	0.795	0.790	7.089	5.973	11.555	10.419	7.821	7.369	0.879	0.880	8.075	7.282	12.946	11.458	8.853	8.124	0.840	0.837	7.365	5.939	14.557	11.712	9.198	7.328
Kuartik Huber S	0.693	0.689	11.218	9.458	17.402	15.478	18.524	16.582	0.814	0.816	12.661	11.181	19.589	16.524	21.731	18.627	0.777	0.774	12.881	10.546	23.801	18.226	24.605	17.208
Kuartik Fair S	0.717	0.710	6.516	5.418	10.528	9.444	7.611	7.185	0.814	0.813	7.637	6.840	12.211	10.763	8.443	7.776	0.785	0.780	7.147	5.793	13.410	10.681	9.017	7.225

**Çizelge A.2.c : AR(2) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=100 iken benzetim sonuçları.**

	AR(2) / n=100/ $\sigma=0.5$								AR(2) / n=100/ $\sigma=1$								AR(2) / n=100/ $\sigma=3$							
	ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$
<b>İAEKK</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>Daraltmasız Huber</b>	0.940	0.939	23.140	21.335	32.451	30.620	26.144	24.379	0.949	0.947	24.194	21.875	36.215	33.204	29.828	27.187	0.963	0.965	26.593	23.077	37.677	31.391	33.715	26.777
<b>Daraltmasız Fair</b>	1.001	1.001	1.063	1.063	1.132	1.126	1.245	1.234	0.999	0.998	1.071	1.070	1.135	1.128	1.254	1.238	1.001	1.001	1.071	1.068	1.138	1.127	1.268	1.233
<b>Daraltmasız Huber MM</b>	0.939	0.938	26.828	24.254	36.555	34.036	27.001	25.211	0.945	0.943	25.995	22.945	41.958	37.812	30.548	27.923	0.959	0.961	28.716	24.550	43.197	35.373	34.427	27.101
<b>Daraltmasız Fair MM</b>	0.939	0.939	16.389	14.815	18.573	17.585	9.535	9.172	0.949	0.948	15.823	14.004	21.025	19.466	10.386	9.749	0.978	0.978	17.824	15.246	22.032	18.705	11.476	9.569
<b>Daraltmasız Huber S</b>	0.898	0.898	26.262	23.646	35.452	32.782	27.124	25.253	0.886	0.883	26.034	23.011	40.688	36.654	30.899	28.204	0.894	0.897	28.191	24.063	40.899	33.023	34.256	27.000
<b>Daraltmasız Fair S</b>	0.912	0.912	16.219	14.613	18.395	17.361	9.743	9.345	0.901	0.899	15.715	13.878	21.057	19.457	10.615	9.934	0.909	0.910	17.522	14.935	21.466	17.953	11.573	9.634
<b>Karesel Huber</b>	0.940	0.938	22.837	21.098	31.837	30.091	17.977	17.134	0.937	0.936	23.920	21.584	35.129	32.208	19.563	18.170	0.962	0.963	26.296	22.795	36.505	30.382	22.200	18.017
<b>Karesel Fair</b>	0.937	0.936	15.389	14.536	15.655	15.058	5.750	5.616	0.939	0.939	16.262	15.126	16.946	15.965	6.076	5.799	0.976	0.976	18.003	16.019	17.918	15.479	6.734	5.825
<b>Karesel Huber MM</b>	0.931	0.929	25.715	23.489	37.247	34.800	26.132	24.420	0.933	0.931	26.507	23.423	41.742	37.736	29.400	26.920	0.944	0.946	28.746	24.604	43.147	35.157	33.476	26.377
<b>Karesel Fair MM</b>	0.934	0.933	16.980	15.662	18.909	18.008	9.271	8.920	0.936	0.936	17.132	15.278	20.795	19.338	10.054	9.450	0.960	0.961	18.709	16.074	21.972	18.610	11.169	9.326
<b>Karesel Huber S</b>	0.851	0.853	25.892	23.646	35.597	32.973	26.122	24.347	0.839	0.838	25.899	23.028	39.453	35.563	29.720	27.143	0.865	0.863	27.114	23.340	39.287	31.267	33.320	26.276
<b>Karesel Fair S</b>	0.868	0.869	16.786	15.426	18.538	17.496	9.504	9.123	0.852	0.850	16.624	14.808	20.536	18.993	10.260	9.610	0.882	0.880	17.504	14.999	20.828	17.359	11.325	9.443
<b>Kübik Huber</b>	0.939	0.937	22.872	21.121	31.684	29.931	17.220	16.432	0.931	0.931	23.881	21.560	35.043	32.109	18.764	17.450	0.966	0.968	26.346	22.850	36.436	30.366	21.271	17.295
<b>Kübik Fair</b>	0.937	0.935	15.441	14.580	15.614	15.015	5.579	5.452	0.935	0.937	16.270	15.135	16.924	15.936	5.896	5.633	0.978	0.979	18.008	16.031	17.885	15.451	6.531	5.658
<b>Kübik Huber MM</b>	0.930	0.928	24.829	22.554	37.020	34.582	26.197	24.477	0.928	0.927	26.069	23.172	41.446	37.478	29.468	26.986	0.947	0.949	28.510	24.261	42.958	35.074	33.649	26.512
<b>Kübik Fair MM</b>	0.933	0.932	16.664	15.334	18.838	17.944	9.287	8.936	0.931	0.932	17.026	15.180	20.718	19.268	10.072	9.467	0.963	0.964	18.676	15.989	21.935	18.586	11.227	9.369
<b>Kübik Huber S</b>	0.847	0.849	25.420	23.158	35.469	32.946	25.791	24.074	0.828	0.827	25.664	22.879	39.059	35.293	29.420	26.874	0.845	0.844	27.307	23.511	39.433	31.870	33.082	26.110
<b>Kübik Fair S</b>	0.861	0.863	16.345	15.008	18.463	17.461	9.440	9.060	0.844	0.842	16.862	15.045	20.286	18.767	10.184	9.540	0.870	0.869	17.932	15.428	20.650	17.217	11.275	9.404
<b>Kuartik Huber</b>	0.931	0.929	21.732	20.144	30.931	29.262	24.811	23.285	0.942	0.938	23.143	20.917	33.786	31.131	27.172	24.813	0.916	0.917	24.936	21.680	35.547	29.498	30.927	24.668
<b>Kuartik Fair</b>	0.923	0.922	14.670	13.890	15.387	14.808	7.301	7.084	0.941	0.938	15.690	14.602	16.585	15.663	7.786	7.369	0.940	0.940	17.167	15.307	17.651	15.268	8.589	7.339
<b>Kuartik Huber MM</b>	0.874	0.872	24.980	22.860	33.931	31.260	26.255	24.493	0.881	0.875	25.111	22.318	38.423	34.422	29.748	27.182	0.877	0.875	28.188	24.183	41.534	33.591	32.466	25.686
<b>Kuartik Fair MM</b>	0.889	0.887	16.732	15.416	18.394	17.286	9.541	9.162	0.889	0.882	16.364	14.665	19.742	18.213	10.416	9.760	0.893	0.890	18.765	16.185	21.613	18.116	11.167	9.327
<b>Kuartik Huber S</b>	0.801	0.800	24.105	22.087	31.936	29.215	25.196	23.509	0.784	0.775	23.445	21.078	36.706	32.979	28.460	26.046	0.808	0.809	26.900	23.280	38.025	30.744	30.815	24.384
<b>Kuartik Fair S</b>	0.805	0.803	15.994	14.671	17.382	16.306	9.352	8.970	0.786	0.777	15.194	13.759	18.732	17.285	10.239	9.598	0.832	0.834	17.851	15.442	20.382	17.093	11.059	9.257

Çizelge A.3.a : AR(3) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=20 iken benzetim sonuçları.

	AR(3) / n=20/ $\sigma=0.5$								AR(3) / n=20/ $\sigma=1$								AR(3) / n=20/ $\sigma=3$							
	ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$
İAEKK	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Daraltmasız Huber	0.904	0.902	4.855	3.751	8.589	7.171	3.008	2.737	0.932	0.888	5.053	4.370	8.770	7.161	3.043	2.737	0.969	0.967	6.002	4.114	9.802	6.826	3.522	2.689
Daraltmasız Fair	0.995	0.995	1.164	1.162	1.155	1.150	1.340	1.317	1.011	1.009	1.166	1.159	1.173	1.180	1.329	1.301	1.023	1.023	1.202	1.183	1.191	1.173	1.389	1.296
Daraltmasız Huber MM	0.734	0.728	4.430	3.406	5.357	4.665	4.123	3.407	0.890	0.898	4.216	3.483	6.016	4.804	4.525	3.937	0.954	0.958	4.898	3.313	6.191	3.931	4.611	3.026
Daraltmasız Fair MM	0.786	0.777	3.016	2.600	3.585	3.383	3.098	2.818	0.941	0.946	3.195	2.865	4.324	3.911	3.259	3.016	1.030	1.031	3.520	2.720	4.269	3.214	3.217	1.925
Daraltmasız Huber S	0.638	0.634	3.995	3.135	5.042	4.372	4.085	3.588	0.690	0.679	3.875	3.267	5.760	4.627	4.369	3.817	0.775	0.770	4.758	3.280	5.780	3.911	4.215	2.848
Daraltmasız Fair S	0.655	0.648	2.757	2.395	3.292	3.104	3.047	2.897	0.742	0.728	3.148	2.796	3.972	3.548	3.122	2.854	0.863	0.856	2.979	2.416	4.088	3.091	2.958	2.256
Karesel Huber	0.916	0.923	4.886	3.859	8.108	6.925	2.952	2.703	0.915	0.836	4.941	4.339	8.023	6.583	3.025	2.733	0.961	0.970	5.936	4.211	9.664	6.580	3.347	2.582
Karesel Fair	0.940	0.946	3.783	3.123	5.430	4.768	2.442	2.337	1.017	1.020	4.157	3.632	5.682	4.872	2.526	2.337	1.046	1.049	4.772	3.443	6.429	4.661	2.865	2.298
Karesel Huber MM	0.801	0.810	3.979	3.270	6.251	5.526	3.461	3.160	0.814	0.811	4.384	3.726	6.209	5.204	3.810	3.341	0.889	0.903	3.990	3.304	5.431	3.834	3.876	2.420
Karesel Fair MM	0.828	0.833	3.101	2.735	3.826	3.639	2.839	2.685	0.877	0.872	3.184	2.881	4.301	3.960	3.031	2.769	0.978	0.982	3.511	2.792	4.290	3.409	3.291	2.657
Karesel Huber S	0.714	0.721	3.924	3.090	5.370	4.523	3.603	3.194	0.651	0.655	4.251	3.589	5.671	4.750	3.949	3.528	0.716	0.717	2.773	2.768	4.856	3.427	3.825	2.731
Karesel Fair S	0.599	0.592	2.851	2.486	3.550	3.345	2.763	2.600	0.699	0.702	3.082	2.747	3.837	3.495	2.998	2.679	0.787	0.784	3.169	2.540	3.861	3.092	2.989	2.439
Kübik Huber	0.917	0.925	4.859	3.814	8.255	7.024	2.848	2.609	0.932	0.860	4.948	4.353	8.314	6.756	2.901	2.612	0.975	0.986	5.908	4.158	9.861	6.662	3.257	2.503
Kübik Fair	0.939	0.948	3.776	3.105	5.511	4.833	2.419	2.298	1.031	1.036	4.158	3.631	5.838	4.998	2.493	2.307	1.056	1.062	4.787	3.435	6.580	4.746	2.879	2.293
Kübik Huber MM	0.791	0.794	4.140	3.346	5.655	4.831	3.654	3.336	0.804	0.803	4.214	3.494	5.526	4.721	4.084	3.532	0.882	0.903	3.995	3.224	5.333	3.745	3.968	2.572
Kübik Fair MM	0.820	0.823	3.099	2.715	3.629	3.480	2.921	2.743	0.840	0.836	3.081	2.783	3.982	3.628	3.047	2.727	0.968	0.977	3.409	2.691	4.301	3.348	3.229	2.601
Kübik Huber S	0.706	0.712	3.790	3.001	5.206	4.439	3.678	3.240	0.643	0.645	4.145	3.516	5.328	4.503	3.995	3.506	0.705	0.715	2.620	2.672	4.756	3.365	3.785	2.709
Kübik Fair S	0.701	0.705	2.787	2.419	3.370	3.180	2.810	2.636	0.683	0.680	2.938	2.608	3.665	3.355	2.916	2.544	0.793	0.797	3.196	2.498	4.095	3.195	2.982	2.403
Kuartik Huber	0.695	0.682	4.738	3.922	6.916	5.978	2.169	2.092	0.757	0.753	4.654	3.909	6.929	5.793	2.359	2.186	0.710	0.712	5.696	4.243	8.234	5.599	2.498	2.306
Kuartik Fair	0.717	0.700	3.677	3.143	4.831	4.275	1.791	1.796	0.789	0.783	3.888	3.356	5.161	4.453	1.887	1.797	0.760	0.757	4.557	3.397	5.718	4.182	1.925	1.805
Kuartik Huber MM	0.559	0.556	4.531	3.886	4.812	4.210	2.092	1.920	0.660	0.669	3.950	3.090	4.983	4.132	2.465	2.309	0.589	0.583	4.853	3.480	4.675	3.357	2.360	1.878
Kuartik Fair MM	0.557	0.550	3.177	2.901	3.338	3.020	1.877	1.834	0.681	0.689	3.043	2.667	3.652	3.332	2.161	1.984	0.650	0.637	3.595	2.925	3.832	2.927	2.068	1.652
Kuartik Huber S	0.534	0.524	4.542	3.839	4.620	4.026	1.920	1.764	0.640	0.651	3.777	2.969	4.895	4.088	2.237	2.072	0.554	0.549	4.809	3.438	4.901	3.495	2.119	1.565
Kuartik Fair S	0.476	0.463	3.071	2.786	3.346	3.027	1.771	1.702	0.637	0.645	2.981	2.612	3.704	3.338	2.001	1.833	0.624	0.617	3.501	2.867	3.832	2.908	1.878	1.465

Çizelge A.3.b : AR(3) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=50 iken benzetim sonuçları.

	AR(3) / n=50/ $\sigma=0.5$								AR(3) / n=50/ $\sigma=1$								AR(3) / n=50/ $\sigma=3$							
	ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$
<b>İAEKK</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>Daraltmasız Huber</b>	0.939	0.940	7.017	6.300	7.275	6.614	6.167	5.552	0.953	0.952	7.250	6.371	7.705	6.698	7.502	6.617	0.949	0.946	7.254	6.207	8.154	6.758	7.835	6.286
<b>Daraltmasız Fair</b>	0.997	0.997	1.097	1.096	1.116	1.113	1.279	1.262	1.003	1.003	1.098	1.095	1.121	1.115	1.319	1.298	1.000	1.000	1.099	1.094	1.131	1.121	1.339	1.295
<b>Daraltmasız Huber MM</b>	0.924	0.925	11.278	10.109	7.788	6.836	5.207	4.848	0.938	0.934	11.465	9.458	8.866	7.422	6.225	5.738	0.949	0.946	13.522	11.356	9.788	7.539	6.487	5.410
<b>Daraltmasız Fair MM</b>	0.929	0.930	6.251	5.774	4.943	4.454	3.194	3.072	0.954	0.952	6.489	5.683	5.707	4.902	3.576	3.401	0.985	0.985	6.614	5.600	5.890	4.822	3.796	3.323
<b>Daraltmasız Huber S</b>	0.752	0.752	11.514	10.207	8.641	7.513	5.400	4.997	0.815	0.813	11.796	9.681	9.207	7.445	6.467	5.918	0.831	0.829	13.514	11.101	10.359	7.825	7.025	5.755
<b>Daraltmasız Fair S</b>	0.786	0.789	6.453	5.905	4.909	4.376	3.384	3.228	0.857	0.856	6.485	5.572	5.989	5.033	3.846	3.638	0.874	0.873	6.831	5.731	5.765	4.639	4.157	3.590
<b>Karesel Huber</b>	0.935	0.935	6.867	6.204	6.802	6.199	5.122	4.760	0.930	0.927	6.986	6.167	7.246	6.329	6.101	5.588	0.928	0.926	6.911	5.950	7.487	6.286	6.250	5.234
<b>Karesel Fair</b>	0.937	0.938	4.820	4.472	4.498	4.225	3.014	2.906	0.946	0.944	5.049	4.574	4.849	4.404	3.306	3.152	0.962	0.960	5.058	4.464	5.019	4.406	3.468	3.077
<b>Karesel Huber MM</b>	0.891	0.894	10.750	9.657	8.039	7.041	5.435	5.041	0.901	0.895	10.216	8.490	8.276	6.942	6.534	5.989	0.897	0.897	11.884	10.034	10.170	7.893	6.929	5.710
<b>Karesel Fair MM</b>	0.906	0.910	5.684	5.209	4.930	4.433	3.313	3.181	0.931	0.926	5.936	5.091	5.774	4.960	3.721	3.526	0.939	0.940	6.408	5.455	5.985	4.878	3.972	3.456
<b>Karesel Huber S</b>	0.751	0.752	10.503	9.433	8.076	7.000	5.133	4.748	0.796	0.794	9.782	8.027	8.065	6.708	6.273	5.709	0.785	0.781	11.935	9.947	9.919	7.655	6.441	5.360
<b>Karesel Fair S</b>	0.776	0.783	5.745	5.261	4.786	4.279	3.264	3.115	0.814	0.811	5.700	4.900	5.437	4.645	3.752	3.529	0.836	0.834	6.491	5.524	5.617	4.489	3.953	3.440
<b>Kübik Huber</b>	0.933	0.934	6.979	6.295	6.820	6.226	5.308	4.917	0.933	0.931	7.185	6.327	7.334	6.390	6.390	5.830	0.929	0.927	7.176	6.140	7.612	6.380	6.547	5.453
<b>Kübik Fair</b>	0.937	0.939	4.901	4.537	4.487	4.219	3.092	2.976	0.951	0.949	5.184	4.684	4.897	4.441	3.413	3.248	0.961	0.960	5.245	4.593	5.069	4.445	3.591	3.175
<b>Kübik Huber MM</b>	0.885	0.888	10.600	9.545	7.757	6.771	5.437	5.047	0.901	0.894	10.190	8.485	8.462	7.159	6.569	6.027	0.913	0.913	11.779	9.916	10.043	7.756	6.902	5.696
<b>Kübik Fair MM</b>	0.900	0.905	5.612	5.140	5.252	4.731	3.299	3.168	0.928	0.924	6.078	5.332	5.589	4.829	3.705	3.515	0.948	0.949	6.376	5.442	6.111	4.966	3.946	3.434
<b>Kübik Huber S</b>	0.750	0.754	10.325	9.240	8.032	6.991	5.115	4.734	0.792	0.788	9.648	7.914	8.013	6.673	6.254	5.691	0.793	0.790	11.960	9.956	9.874	7.627	6.445	5.345
<b>Kübik Fair S</b>	0.767	0.772	5.467	5.023	4.839	4.336	3.230	3.090	0.793	0.790	5.667	4.886	5.060	4.355	3.736	3.517	0.825	0.821	6.405	5.474	5.430	4.363	3.964	3.453
<b>Kuartik Huber</b>	0.857	0.851	5.830	5.316	6.454	5.874	4.716	4.331	0.849	0.846	5.696	5.083	6.333	5.586	5.394	4.877	0.914	0.910	5.263	4.673	6.672	5.649	5.553	4.642
<b>Kuartik Fair</b>	0.873	0.868	4.266	3.983	4.381	4.108	3.171	3.019	0.868	0.866	4.301	3.933	4.369	3.992	3.413	3.212	0.942	0.939	4.072	3.682	4.611	4.066	3.574	3.144
<b>Kuartik Huber MM</b>	0.748	0.748	9.269	8.491	7.007	6.152	4.733	4.347	0.731	0.722	8.881	7.367	9.226	7.515	5.623	5.092	0.760	0.754	10.581	8.813	9.363	7.110	6.520	5.361
<b>Kuartik Fair MM</b>	0.765	0.767	5.427	4.986	5.061	4.573	3.343	3.159	0.782	0.776	5.678	4.918	5.676	4.806	3.757	3.505	0.804	0.798	6.067	5.173	6.159	4.942	4.174	3.593
<b>Kuartik Huber S</b>	0.677	0.672	8.774	8.011	6.958	6.124	4.249	3.878	0.687	0.684	8.586	7.211	9.086	7.465	5.497	4.964	0.711	0.704	9.966	8.314	8.918	6.863	5.835	4.768
<b>Kuartik Fair S</b>	0.706	0.706	5.139	4.717	4.974	4.495	3.189	3.001	0.728	0.724	5.720	4.966	5.638	4.810	3.805	3.529	0.754	0.748	5.766	4.925	5.878	4.735	4.230	3.599

**Çizelge A.3.c : AR(3) biçimli otokorelasyon ve belli oranlarda aykırı değerli durumlar için, n=100 iken benzetim sonuçları.**

	AR(3) / n=100/ $\sigma=0.5$								AR(3) / n=100/ $\sigma=1$								AR(3) / n=100/ $\sigma=3$							
	ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20		ADO:%0		ADO:%5		ADO:%10		ADO:%20	
	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$
<b>İAEKK</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>Daraltmasız Huber</b>	0.960	0.959	7.862	7.100	9.190	8.483	5.413	5.198	0.952	0.950	8.603	7.752	9.878	8.881	5.714	5.387	0.954	0.953	8.315	7.252	10.730	9.083	6.151	5.321
<b>Daraltmasız Fair</b>	1.000	1.000	1.050	1.049	1.125	1.119	1.217	1.209	1.000	1.000	1.059	1.056	1.133	1.127	1.220	1.207	0.998	0.998	1.051	1.049	1.138	1.128	1.233	1.205
<b>Daraltmasız Huber MM</b>	0.960	0.959	25.783	24.586	14.381	13.055	5.137	4.947	0.953	0.951	29.069	27.200	16.098	13.996	5.371	5.072	0.955	0.952	27.401	24.298	17.741	14.463	5.877	5.084
<b>Daraltmasız Fair MM</b>	0.967	0.965	14.394	13.493	8.236	7.524	3.157	3.083	0.948	0.947	16.102	14.919	8.720	7.769	3.275	3.144	0.963	0.961	15.173	13.363	9.411	7.882	3.496	3.130
<b>Daraltmasız Huber S</b>	0.914	0.911	25.179	24.017	21.275	18.875	5.668	5.438	0.910	0.910	27.831	26.025	25.184	21.234	5.935	5.576	0.922	0.918	26.951	23.887	27.641	21.374	6.532	5.591
<b>Daraltmasız Fair S</b>	0.916	0.912	14.277	13.448	10.420	9.380	3.510	3.416	0.912	0.913	15.651	14.492	11.320	9.789	3.637	3.473	0.930	0.928	14.931	13.086	12.380	10.018	3.933	3.481
<b>Karesel Huber</b>	0.953	0.952	8.199	7.431	8.693	8.100	3.824	3.722	0.945	0.944	8.887	8.012	9.431	8.567	3.990	3.818	0.963	0.961	8.655	7.534	10.231	8.754	4.273	3.792
<b>Karesel Fair</b>	0.962	0.959	5.712	5.292	5.092	4.868	2.345	2.310	0.942	0.942	6.233	5.746	5.503	5.161	2.428	2.360	0.972	0.971	6.145	5.497	5.946	5.310	2.544	2.338
<b>Karesel Huber MM</b>	0.945	0.944	24.526	23.378	14.103	12.769	5.596	5.373	0.943	0.942	27.234	25.508	15.533	13.422	5.816	5.475	0.948	0.946	26.451	23.426	16.612	13.359	6.393	5.489
<b>Karesel Fair MM</b>	0.955	0.953	13.633	12.801	8.079	7.414	3.369	3.284	0.942	0.942	15.579	14.429	8.286	7.324	3.485	3.338	0.961	0.960	14.762	13.016	8.962	7.454	3.742	3.330
<b>Karesel Huber S</b>	0.897	0.895	23.423	22.392	19.734	17.485	5.424	5.203	0.898	0.898	25.782	24.198	23.265	19.701	5.601	5.266	0.895	0.893	24.843	21.881	25.012	19.527	6.198	5.333
<b>Karesel Fair S</b>	0.920	0.917	13.228	12.476	9.824	8.833	3.423	3.332	0.896	0.895	14.547	13.513	10.980	9.508	3.494	3.338	0.917	0.915	13.884	12.159	11.864	9.615	3.798	3.376
<b>Kübik Huber</b>	0.951	0.950	8.389	7.614	8.663	8.083	3.868	3.764	0.945	0.944	9.043	8.150	9.327	8.488	4.038	3.862	0.961	0.960	8.850	7.696	10.123	8.681	4.328	3.836
<b>Kübik Fair</b>	0.962	0.960	5.820	5.396	5.057	4.838	2.362	2.326	0.943	0.943	6.333	5.834	5.439	5.107	2.452	2.382	0.971	0.969	6.278	5.607	5.874	5.253	2.563	2.354
<b>Kübik Huber MM</b>	0.947	0.945	23.981	22.833	14.434	13.029	5.710	5.478	0.944	0.943	27.109	25.354	15.439	13.401	5.925	5.572	0.947	0.945	26.042	23.108	16.534	13.381	6.535	5.601
<b>Kübik Fair MM</b>	0.955	0.953	13.484	12.650	8.065	7.367	3.418	3.331	0.942	0.942	15.446	14.340	8.444	7.474	3.539	3.388	0.960	0.958	14.613	12.893	9.148	7.627	3.802	3.378
<b>Kübik Huber S</b>	0.887	0.886	23.881	22.853	19.725	17.495	5.387	5.167	0.893	0.892	25.798	24.190	22.819	19.353	5.573	5.248	0.890	0.886	25.187	22.316	24.825	19.406	6.116	5.264
<b>Kübik Fair S</b>	0.892	0.887	13.379	12.642	9.821	8.814	3.395	3.304	0.891	0.889	14.700	13.686	10.734	9.300	3.483	3.331	0.918	0.917	14.028	12.302	11.657	9.449	3.764	3.351
<b>Kuartik Huber</b>	0.940	0.935	7.083	6.397	8.228	7.515	4.078	3.954	0.927	0.928	7.528	6.834	9.308	8.239	4.253	4.061	0.940	0.937	7.148	6.306	10.123	8.412	4.516	4.007
<b>Kuartik Fair</b>	0.945	0.940	5.009	4.643	5.180	4.871	2.495	2.452	0.922	0.922	5.331	4.957	5.787	5.331	2.576	2.498	0.953	0.950	5.146	4.665	6.284	5.502	2.697	2.473
<b>Kuartik Huber MM</b>	0.903	0.903	20.722	19.741	16.900	15.177	5.430	5.184	0.878	0.880	23.420	21.941	18.483	15.839	5.494	5.166	0.875	0.872	21.413	18.738	20.582	16.373	6.237	5.328
<b>Kuartik Fair MM</b>	0.903	0.901	12.098	11.421	9.280	8.449	3.487	3.382	0.870	0.872	13.619	12.581	9.614	8.343	3.526	3.370	0.893	0.892	12.826	11.255	10.448	8.474	3.845	3.406
<b>Kuartik Huber S</b>	0.886	0.885	19.405	18.556	15.941	14.295	5.388	5.138	0.846	0.848	23.036	21.571	16.953	14.499	5.687	5.271	0.820	0.817	20.292	17.702	18.942	15.078	6.157	5.297
<b>Kuartik Fair S</b>	0.877	0.875	11.167	10.565	8.799	7.982	3.769	3.636	0.843	0.844	13.063	12.098	9.066	7.895	3.938	3.734	0.850	0.847	12.162	10.688	9.722	7.917	4.207	3.720



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı:** Serenay KÜÇÜK

**Doğum Tarihi ve Yeri:** 08.12.1988 - Samsun

**E-Posta:** serenay.varol@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU

**Doktora:** Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik, 2020

**Y. Lisans:** Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik, 2014

**Lisans:** Gazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik, 2010

### İŞ BİLGİLERİ

Muğla Büyükşehir Belediyesi Muski Genel Müdürlüğü, 2020

Türkiye İstatistik Kurumu Denizli Bölge Müdürlüğü, 2019

Türkiye İstatistik Kurumu İstanbul Bölge Müdürlüğü, 2013

Bahadır Tıbbi Alet A.Ş., 2013

### YAYINLAR

Varol, S. (2016). Tüketici Fiyat Endeksinin Uyarlamalı Ağa Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi ile Kestirimi, *İnsan&İnsan Bilim Kültür Sanat ve Düşünce Dergisi* 3(8), 59-71.

Varol, S. (2015). Tüketici Fiyat Endeksinin Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama Modeli İle İncelenmesi, *Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 3(2), 74-84.