

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**ÜÇ BOYUTLU ASTROJEODEZİK DİK KOORDİNAT SİSTEMLERİNDE
DÖNÜŞÜM MODELLERİ VE UYUŞUMSUZ ÖLÇÜ GRUPLARININ
BELİRLENMESİ YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

139224

Harita Yük. Müh. Yasemin UZUN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Doktor”**

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15.01.2003

Tezin Savunma Tarihi : 15.05.2003

138224

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Aslan DİLAVER

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Tevfik AYAN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ertan GÖKALP

[Handwritten signatures of Prof. Dr. Aslan DİLAVER, Prof. Dr. Tevfik AYAN, and Doç. Dr. Ertan GÖKALP]

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Yusuf AYVAZ

[Handwritten signature of Prof. Dr. Yusuf AYVAZ]

TRABZON 2003

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim dalında Doktora tezi olarak hazırlanmış ve “Üç Boyutlu Astrojeodezik Dik Koordinat Sistemlerinde Dönüşüm Modelleri ve Uyuşumsuz Ölçü Gruplarının Belirlenmesi Yöntemlerinin Karşılaştırılması” konusunda araştırma ve inceleme yapılmıştır.

Tez çalışması süresince ilgisini, yardımını ve anlayışını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Aslan DİLAVER’e teşekkür ederim. Uzun süren tez çalışmam süresince destek ve yardımlarını esirgemeyen Tapu ve Kadastro Genel Müdür Yardımcısı Sayın Nihat ŞAHİN’e, APK Dairesi Başkanlığı Otomasyon Şube Müdürü Sayın Kadir CEYLAN’a ve tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde her türlü fedakarlığı gösteren ve attığım her adımda desteklerini hissettiğim anneme, babama ve kardeşlerime, yaşadığımız zorluklara rağmen tez çalışmama devam etmem için beni heveslendiren, destekleyen ve yardımcı olan eşim Aziz ŞİŞMAN’a teşekkür ederim.

Yasemin UZUN

Trabzon 2003

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ	IX
SEMBOLLER DİZİNİ	X
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	5
2.1. Koordinat Sistemleri	5
2.1.1. Üç Boyutlu Koordinat Sistemleri	5
2.1.1.1. Üç Boyutlu Afin Koordinat Sistemleri	6
2.1.1.2. Üç Boyutlu Dik Koordinat Sistemleri	7
2.2. Üç Boyutlu Jeodezik Temel Koordinat Sistemleri	9
2.2.1. Yersel Koordinat Sistemleri	10
2.2.1.1. Doğal Koordinat Sistemleri	11
2.2.1.2. Referans Koordinat Sistemleri	15
2.2.1.2.1. WGS84 ve ITRS Koordinat Sistemleri	21
2.2.2. Göksel Koordinat Sistemleri	22
2.2.2.1. Ekliptik Koordinat Sistemi	22
2.2.2.2. Açılım (Right Ascension) Koordinat Sistemi	23
2.2.2.3. Saat Açısı ve Birinci Ekvator Koordinat Sistemleri	24
2.2.2.4. Ufuk Koordinat Sistemi	26
2.2.3. Yörünge (Orbital) Koordinat Sistemleri	26
2.3. Üç Boyutlu Koordinat Sistemleri Arasındaki Dönüşüm Modelleri	28
2.3.1. Bursa-Wolf Modeli	30
2.3.2. Molodensky-Badekas Modeli	31

2.3.3.	Veis Modeli	32
2.4.	En Küçük Kareler Yöntemi İle Dönüşüm Modellerinin Çözümü	34
2.5.	Model Hataları ve Model Hipotezinin Testi	39
2.5.1.	Fonksiyonel Modelin Testi	40
2.5.2.	Stokastik Modelin Testi	42
2.6.	Uyuşumsuz Gözlemlerin Belirlenmesi	43
2.6.1.	Geleneksel Çözüm Yöntemleri	45
2.6.1.1.	Geleneksel Çözüm Yöntemi İle Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi.....	48
2.6.1.2.	Geleneksel Çözüm Yöntemlerinin Karşılaştırması.....	55
2.6.1.3.	Geleneksel Çözüm Yöntemlerinin Güvenirliği ve Kırılma Noktası	57
2.6.2.	Robust İstatistik ve Robust Kestirim Yöntemi... ..	60
2.6.2.1.	Robust Kestirim İle Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi	63
2.6.2.1.1.	Robust Kestiriminin EKKY İle Çözümü (Maksimum Olasılıklı Kestirim)..	64
2.6.2.1.2.	Robust Kestiriminde Kullanılan Kestirici Fonksiyonlar.....	69
2.6.2.1.3.	Robust Kestirim Yöntemleri İçin c Parametresinin Belirlenmesi	74
2.6.2.2.	Robust Kestirim Yöntemlerinin Karşılaştırması	78
2.6.2.2.1.	Çeşitli Amaç, Etki, Ağırlık Fonksiyonlarının Karşılaştırılması	79
2.6.2.3.	Robust Kestirim Yöntemlerinin Güvenirliği ve Kırılma Noktası	81
2.6.3.	Fuzzy Mantık Yöntemi ve Küme Teorisi	86
2.6.3.1.	Fuzzy Mantık Yöntemi İle Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi	88
2.6.3.2.	Fuzzy Mantık Yönteminin Güvenirliği ve Kırılma Noktası	93
2.7.	Sayısal Uygulama.....	94
2.7.1.	Sayısal Uygulama İçin Yazılan Programlar	97
3.	BULGULAR, İRDELEME ve KARŞILAŞTIRMA	99
3.1.	Koordinat Dönüşüm Modelleri	99
3.2.	Uyuşumsuz Ölçü Gruplarının Belirlenmesi Yöntemleri	101
3.2.1.	Geleneksel Çözüm Yöntemi	102
3.2.2.	Robust Kestirim Yöntemi	103
3.2.3.	Fuzzy Mantık Yöntemi	106
4.	SONUÇLAR	108
5.	ÖNERİLER	110

Sayfa No

6.	KAYNAKLAR	112
7.	EKLER	117
8.	ÖZGEÇMİŞ	146



ÖZET

Yeryüzeyinde yapılan tüm çalışmaların temelini oluşturan ortak bir koordinat sistemine ihtiyaç duyulmuş ve bu nedenle çeşitli koordinat sistemleri tanımlanmıştır. Teknolojik gelişmelerle birlikte ölçme ve hesaplama yöntemleri de gelişmiştir. Önceleri bir ya da iki boyutlu tanımlanıp daha sonra birleştirilen nokta koordinatları doğrudan üç boyutlu olarak hesaplanmaya başlanmıştır. Üç boyutlu dik koordinat sistemleri arasındaki ilişkiler yardımıyla tanımlanan koordinat dönüşüm modelleri, jeodezide en çok kullanılan uygulamalardan biri olmuştur.

Jeodezik çalışmalarda fazla sayıda ölçü yapılarak sonuçların doğruluğu ve güvenilirliği artırmak sürekli temel ilke olmuştur. Ölçülerden en uygun çözümü bulabilmek için En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY) ile çözüm yapılır, fakat ölçüler çeşitli hataları da içermektedir. Belirlenemeyen uyuşumsuz ölçüler EKKY ile elde edilen sonuçları bozarlar. Bu nedenle EKKY sonuçlarına göre geliştirilen geleneksel çözüm yöntemleri birden fazla uyuşumsuz ölçüleri belirlemekte başarısız olurlar ve uyuşumsuzlukları diğer ölçülere yayarlar. Ayrıca, iteratif çözüm yapılarak uyuşumsuz ölçülerin ölçme grubundan çıkarılması bu yöntemin diğer olumsuz yönüdür. Bu nedenlerle uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi için robust kestirim yöntemleri ve fuzzy mantık yöntemleri kullanılması fikri ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada incelenen yöntemler, geliştirilen bilgisayar programları yardımıyla bir test ağında uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılarak yöntemlerin olumlu ve olumsuz yönleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Üç Boyutlu Dik Koordinat Sistemleri, Koordinat Dönüşüm Modelleri, En Küçük Kareler Yöntemi, Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi Yöntemleri, Geleneksel Çözüm Yöntemi, Robust Kestirim Yöntemi, Fuzzy Mantık Yöntemi.

SUMMARY

Transformation Models For Three-Dimensional Astogeodetic Cartesian Coordinate Systems and Comparison of The Techniques Used For Determining Outlier Measurements Groups

There has been always a need for a common coordinate system to base all the measurements on the Earth; therefore, various coordinate systems have been defined to meet this expectation. In parallel to recent technological developments, new measurement and estimation techniques have been introduced. Coordinates of the points, which were initially defined and used as two-dimensional coordinates, have been started to be directly obtained as three-dimensional coordinates. Transformation models defined by the relationships between three-dimensional Cartesian coordinate systems have been one of the main objectives of the applications in geodesy.

Making large number of measurements to increase the accuracy and reliability has always been an essential principal in geodetic studies. In order to find the best solution for the measurements, the Least Square Adjustment Method (LSAM) is generally used, but the measurements still contain some errors. Undetermined outlier measurements impair the results produced by the LSAM. Therefore, traditional methods using LSAM results fail to determine more than a single measurement and they spread the blundering to other measurements. Also, another drawback of such techniques is their iterative nature to eliminate the outlier measurements from the data set. In order to get over these drawbacks and determine the outlier measurements, robust estimation and fuzzy logic methods have been introduced.

Methods investigated in this study are applied to a test network using in-house computer programs and the results are analysed to determine the advantages and disadvantages of the techniques.

Keywords: Three-dimensional Cartesian Coordinate Systems, Transformation Models Coordinate Systems, The Least Square Adjustment Method, Outlier Determination Methods, Traditional Approaches, Robust Estimation Method, Fuzzy Logic Technique.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Üç boyutlu uzayda koordinat çatısı	5
Şekil 2.	Kartezyen ve eğrisel koordinat sistemleri	8
Şekil 3.	Temel koordinat sistemleri	10
Şekil 4.	Doğal dik ve eğri koordinat sistemleri	13
Şekil 5.	Doğal ortak dik ve eğri koordinat sistemleri	14
Şekil 6.	Doğal yerel kutupsal koordinat sistemi	15
Şekil 7.	Referans ortak eğri (coğrafi) ve jeodezik yerel dik koordinat sistemleri	17
Şekil 8.	Jeodezik yerel kutupsal koordinat sistemleri	20
Şekil 9.	Açılım koordinat sistemi	24
Şekil 10.	Yer merkezli gök küresinde tanımlanan dört meridyenin kuzey kutup noktasından görünüşü	25
Şekil 11.	Keppler uydu yörünge elemanları.....	28
Şekil 12.	Bursa-Wolf modeli	30
Şekil 13.	Molodensky-Badekas modeli	32
Şekil 14.	Model varsayımlarından olan çeşitli sapmalar.....	61
Şekil 15.	Minimumlaştıran çeşitli fonksiyonlar	64
Şekil 16.	$\rho(V)$ amaç fonksiyonları	79
Şekil 17.	$\psi(V)$ etki fonksiyonları	80
Şekil 18.	$W(V)$ ağırlık fonksiyonları	80
Şekil 19.	Fuzzy kümenin uygulama alanları	87
Şekil 20.	Havza sıklaştırma ağının geometrik şekli	96
Şekil 21.	Programın ana kısmının ön görüntüsü	97
Şekil 22.	Koordinat dönüşüm modelleri alt programı	97
Şekil 23.	Geleneksel çözüm yöntemleri alt programı	98
Şekil 24.	Robust kestirim yöntemleri alt programı	98
Şekil 25.	Fuzzy mantık yöntemi alt programı	98

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Uyuşumsuz ölçülerin geleneksel çözüm yöntemleri	56
Tablo 2. Robust kestirim fonksiyonları	70
Tablo 3. Havza ağının koordinat değerleri	95
Tablo 4. Bursa-Wolf modeliyle elde edilen parametreler	99
Tablo 5. Molodensky-Badekas modeliyle elde edilen parametreler	99
Tablo 6. Veis modeliyle elde edilen parametreler	100
Tablo 7. Model hipotezi testi sonuçları	101
Tablo 8. Uyuşumsuz ölçülerin iteratif belirlenmesinde m_0 değerleri	101
Tablo 9. Geleneksel çözüm yöntemleri ile belirlenen uyuşumsuz ölçüler grubu	102
Tablo 10. En küçük mutlak toplam yöntemi ile belirlenen uyuşumsuz ölçüler grubu	103
Tablo 11. Andrews yöntemi ile belirlenen uyuşumsuz ölçüler grubu.....	104
Tablo 12. Beaton-Tukey yöntemi ile belirlenen uyuşumsuz ölçüler grubu.....	105
Tablo 13. Huber yöntemi ile belirlenen uyuşumsuz ölçüler grubu($\sigma_0 = m_0$)	105
Tablo 14. Huber yöntemi ile belirlenen uyuşumsuz ölçüler grubu($\sigma_0 = 3$)	105
Tablo 15. Danimarka yöntemi ile belirlenen uyuşumsuz ölçüler grubu($\sigma_0 = m_0$) ...	106
Tablo 16. Danimarka yöntemi ile belirlenen uyuşumsuz ölçüler grubu ($\sigma_0 = 3$)	106
Tablo 17. Fuzzy yöntemi ile belirlenen uyuşumsuz ölçüler	107
Ek Tablo 1. Data-Snooping yöntemi için program sonuçları	117
Ek Tablo 2. Tau-testi yöntemi için program sonuçları	121
Ek Tablo 3. t-testi yöntemi için program sonuçları	126
Ek Tablo 4. En küçük mutlak toplam yöntemi için program sonuçları	131
Ek Tablo 5. Andrews yöntemi için program sonuçları	134
Ek Tablo 6. Beaton-Tukey yöntemi için program sonuçları	136
Ek Tablo 7. Huber yöntemi için program sonuçları	139
Ek Tablo 8. Danimarka yöntemi için program sonuçları	141
Ek Tablo 9. Fuzzy mantık yöntemi için program sonuçları	144

SEMBOLLER DİZİNİ

c	: Tau-testi dağılım tabloları test ve robust kestirim yöntemlerinin sınır değeri
C_H	: Fuzzy yöntemi test (sınır) değeri
f	: Serbestlik derecesi (fazla ölçü sayısı)
h	: Elipsoid yüksekliği
H^*	: Ortometrik yükseklik
H_o	: Sıfır hipotezi
H_s	: Seçenek hipotezi
$M\{V_i\}$	: Fuzzy mantık yönteminde anormal düzeltmelerin gözlem grubu
m_0	: Birim ölçünün soncul (a posteriori) karesel ortalama hatası
m_{01}	: Genişletilmiş modelin birim ölçünün karesel ortalama hatası
N	: Jeoid ondülasyonu
n	: Ölçü sayısı
$N\{V_i\}$	: Fuzzy mantık yönteminde normal düzeltmelerin gözlem grubu
q	: Data-Snooping ve t- testi dağılım tabloları test değeri
R	: Redundans matrisi
r_i	: Ölçülerin redundans değerleri
T_i	: Tau-testi test büyüklüğü
t_i	: t-testi test büyüklüğü
u	: Bilinmeyen sayısı
U, V, W	: 2. koordinat sisteminde koordinatlar
$\underline{V}$	: Düzeltme vektörü
$W(V)$	: Robust kestirim yönteminde ağırlık fonksiyonu
W_i	: Data-Snooping test büyüklüğü
$\underline{X}$	: Bilinmeyenler vektörü
X, Y, Z	: 1. koordinat sisteminde koordinatlar
X_0, Y_0, Z_0	: Koordinat sistemlerinde öteleme değerleri
α	: Yanılma olasılığı
α	: Rektasazyon açısı
β^E	: Ekliptik enlemi
ε	: Kırılma noktası

$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$	: Koordinat sistemlerinde dönüklük açıları
Φ	: Astronomik enlem
φ	: Jeodezik enlem
γ	: İlkbahar noktası
κ	: Koordinat sistemlerinde ölçek faktörü
Λ	: Astronomik boylam
λ	: Jeodezik boylam
λ^E	: Ekliptik boylamı
δ	: Deklinasyon açısı
$\underline{\ell}$	: Ölçüler vektörü
$\nabla \ell$	: Kaba hatalar vektörü
$\mu_{\tilde{M}(v_i)}$	: M kümesinin üyelik değeri
$\rho(V)$	: Robust kestirim yönteminde amaç fonksiyonu
σ_0	: Birim ölçünün öncül (a priori) karesel ortalama hatası
$\psi(V)$	: Robust kestirim yönteminde etki fonksiyonu
ED50	: European Datum (Avrupa Datumu) 50
EKKY	: En Küçük Kareler Yöntemi
EKMT	: En Küçük Mutlak Toplam (L_1 -norm)
GPS	: Global Positioning System (Global Konum Belirleme Sistemi)
ITRS	: International Terrestrial Reference System (Uluslararası Yerel Referans Sistemi)
WGS84	: World Geodetic System 84

1. GENEL BİLGİLER

1.1. GİRİŞ

Yeryüzünde insanların hayatını kolaylaştırmak ve düzenlemek için çok çeşitli sayıda ve büyüklükte mühendislik çalışmaları yapılmaktadır. Bir mühendislik çalışmasının amacına uygun oluşturulması ve kullanılabilmesi için etrafındaki diğer çalışmalarla bağlantılı olması ve yeryüzeyindeki konumunun belirlenmesi gereklidir. Bu nedenle yeryüzünün her bölgesi için yapılacak çalışmalarla ilgili tek anlamlı çeşitli koordinat sistemleri tanımlanmıştır. Tanımlanan çeşitli koordinat sistemlerine dayalı olarak oluşturulan çalışmaların daha sonra birbirleriyle ilişkilendirilmesi için bir koordinat sisteminde elde edilen koordinatın diğer bir koordinat sistemindeki değerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu nedenle koordinat sistemleri tanımlanırken diğer koordinat sistemleriyle arasındaki dönüşüm bağıntıları belirlenmelidir. Koordinat dönüşümü, jeodezik çalışmalarda çok fazla ihtiyaç duyulan bir uygulamadır. Özellikle daha kolay uygulama ve hesap nedeniyle tercih edilerek yapılan yerel çalışmalarda elde edilen koordinatların yeryüzeyinde tek anlamlı olarak tanımlanmış doğal veya referans koordinat sistemlerine dönüşümü çok sıklıkla karşılaşılan bir çalışmadır. Koordinat dönüşümü ile çeşitli şekillerde ve bölgelerde yapılan çalışmalarla elde edilen koordinat değerleri aynı sisteme dönüştürülerek daha sonraki çalışmalarda ortak bir şekilde kullanılabilir.

Teknolojik gelişmeler paralel olarak Jeodezik ağların ölçme ve değerlendirme yöntemlerinde de büyük gelişmeler olmuştur. 50 yıl öncesinde jeodezik ağ noktalarının koordinatlarının üç boyutlu olarak belirlenmesi çok zor bir çalışmayken, günümüzde uydu teknolojisi ile koordinatların üç boyutlu belirlenmesi kolay bir işlem olmuştur. Yüksek duyarlılık ve uygulama kolaylığı sağlayan ve haritacılıkta son yıllarda çok geniş uygulama alanı bulan Global Positioning System (Global Konum Belirleme Sistemi-GPS) tekniğiyle bir noktanın üç boyutlu koordinatları kartezyen (dik) koordinatları direkt olarak elde edilebilmektedir. Buna karşın klasik ölçme teknikleriyle yıllar önce oluşturulan Ülke Temel Ağları, yatay ve düşey ağlar olarak ikiye ayrılarak oluşturulmuştur. Ülke temel ağlarında elde edilmiş noktanın ülke koordinat sistemindeki koordinatları European Datum-50 (ED50) datumunda elde edilmiştir. Buna rağmen GPS tekniğiyle elde edilen nokta koordinatları World Geodetic System-84 (WGS84) datumundadır. Bu durum, ülke

koordinat sisteminde elde edilen koordinatlar ile GPS ile elde edilen koordinatlar arasında koordinat dönüşümü gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Yeryüzeyinde çeşitli amaçlarla yapılan ölçüler gerçek değerlerin yanında birçok hatayı da içerirler ve tam olarak gerçek değeri vermezler. Bu nedenle çalışmada gerekli ölçü sayısından daha fazla ölçü yapılarak hem yapılan çalışmanın kontrolü sağlanmalı hem de çözümde en uygun çözüm parametreleri ve duyarlılıkları belirlenmelidir. Fazla sayıda yapılmış ölçülerden bir ayırım yapmadan bilinmeyenlerin en uygun değerlerini belirlemek, ölçülerin kesin değerlerinin ve duyarlılıklarını elde etmek için dengeleme hesabı yapılır ve bu amaca ulaşmak için uygulanan yöntem En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY)'dir.

Jeodezik çalışmalar için yapılan ölçülerde kaba, sistematik ve rasgele ölçü hataları bulunmaktadır. Ölçüler çeşitli şekillerde kaba ve sistematik hatalardan arındırılabilirler fakat yine de belirlenemeyen rasgele ölçü hatalarını ve rasgele ölçü hatalarına yakın büyüklükteki kaba hataları içerirler. Rasgele ölçü hatalarının ve bu hataların sonuçlar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi yapılan çalışmanın kalitesi ve sonra yapılacak çalışmalara altlık oluşturabilmesi nedeniyle çok önemlidir. Ölçü grubunda belirlenemeyen rasgele ölçü hatalarını içeren ölçüler uyuşumsuz ölçü olarak adlandırılırlar. Ölçü grubundaki uyuşumsuz ölçüleri belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi için yıllardır çok sıklıkla kullanılan yöntem geleneksel çözüm yöntemidir. Bu yöntemde amaç fonksiyonu olarak ölçülere gelecek düzeltmelerin kareleri toplamının minimum olması seçilerek uygulanan EKKY ile hesaplanan düzeltme değerleri irdelenmekte ve uyuşumsuz ölçüler grubu belirlenmeye çalışılmaktadır. Fakat bu şekilde yapılan çözüm incelendiğinde hesaplanan düzeltmelerin ölçü hatalarından direk etkilendiği ve bir ölçüdeki hatanın diğer ölçülerin düzeltmelerini de etkilediği görülmüştür. Ayrıca bu çözümde tek boyutlu test istatistiği kullanılarak irdeleme yapılabilmektedir yani çözüm iteratif olarak elde edilmektedir. Her çözüm adımında uyuşumsuz olarak belirlenen en büyük düzeltme değerine sahip ölçü, ölçü grubundan çıkarılmakta ve daha sonra incelenmemektedir.

Geleneksel çözüm yönteminin bu dezavantajları uyuşumsuz ölçü gruplarının belirlenmesi için başka yöntemler arayışını ortaya çıkarmıştır. Geleneksel çözüm yönteminde seçilen amaç fonksiyonunun ölçü hatalarına karşı çok duyarlı olması farklı özellikte amaç fonksiyonu seçilerek uyuşumsuz ölçüleri belirlemeye çalışan robust kestirim yönteminin kullanılabilirliğini ortaya çıkarmıştır. Robust kestirim yöntemi de EKKY'ne göre iteratif çözüm yapan fakat seçilen amaç fonksiyonunun özeliği gereği ölçü

grubundan hiçbir ölçü çıkartılmadan, ağırlıkları değiştirerek uyuşumsuz ölçüleri belirlemeyen bir yöntemdir. Bu yöntemin iteratif olarak uygulanmasında uyumlu ölçülerin ağırlıkları hiç değişmezken, uyuşumsuz ölçülerin ağırlıkları hızla değişmekte ve sifra yaklaşmaktadır. Bu yöntemin geleneksel çözüm yöntemi gibi uyuşumsuz ölçü hatalarının diğer ölçülerin düzeltmelerini etkilemesi ve uyuşumsuz ölçülerin ölçü grubundan çıkarılması gibi dezavantajları olmamasına rağmen çözüm iteratif olarak elde edilmesi uygulamasını zorlaştırmaktadır.

Son yıllarda uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi yöntemlerine alternatif bir yöntem olarak Fuzzy mantık yöntemi ortaya çıkmıştır. Fuzzy mantık yöntemi çeşitli mühendislik alanlarında uygulama imkanı bulmuş ve çok iyi sonuçlar elde edilmiş bir yöntemdir. Bu yöntemin ana ilkesi belirsizliklere üyelik değeri atayarak belirsizlikleri sınıflandırmak ve derecelendirmektir. Fuzzy mantık yöntemi ile uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesinde belirsizlik içeren düzeltmelerle hatalar arasındaki ilişkiler irdelenebilmektedir. Bu ilişkileri yansıtan R redundans matrisi elemanlarında üyelik fonksiyonu yardımıyla irdeleme yapılarak uyuşumsuz ölçüler grubu belirlenebilmektedir.

Yapılan bu çalışmanın amacı, çeşitli koordinat sistemlerinde elde edilmiş koordinatlar arasındaki üç boyutlu koordinat dönüşümü modellerini ve koordinat dönüşümünde uyuşumsuz ölçü gruplarının belirlenmesi yöntemlerini uygulamak, bu yöntemleri teorik ve uygulamalı olarak incelemek ve araştırmaktır. Son yıllardaki teknolojik olarak ölçme alet ve yöntemlerindeki gelişmelere paralel olarak ortaya çıkan ülke koordinat sistemleri ve GPS tekniğiyle elde edilen koordinat sistemleri farkı koordinat dönüşümü uygulamalarının artırmış ve önemini ortaya çıkarmıştır. Uyuşumsuz ölçü gruplarının belirlenmesi uygulamalı bilimlerin tarih boyunca sürekli ilgilendiği ve ilgileneceği çok önemli bir konu olmuştur. Özellikle fuzzy mantık yöntemi ile uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi fikri ortaya çıktıktan sonra bu yöntemin jeodezi bilimindeki uygulama sonuçları merak edilmeye başlanmıştır. Bu çalışmada ED50 ve WGS84 koordinat sistemleri arasında koordinat dönüşümü için Bursa-Wolf, Molodensky-Badekas ve Veis modelleri uygulanmıştır. Elde edilen verilerde geleneksel çözüm yöntemi, robust kestirim yöntemi ve fuzzy mantık yöntemi ile uyuşumsuz ölçü grupları belirlenmiştir. Yapılan teorik ve sayısal uygulamaların ışığında kullanılan yöntemlerin avantaj ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada 2. bölümde yapılan çalışmalar başlığı altında teorik çalışma olarak koordinat sistemleri ve koordinat sistemleri arasında ilişkiler genel olarak açıklanmış ve

jeodezide kullanılan koordinat sistemleri, bu sistemler arasındaki dönüşüm modelleri ve dönüşüm modellerinin çözüm yöntemleri anlatılmıştır. Sonra teorik çalışmanın ikinci kısmını oluşturan uyuşumsuz ölçü kavramı ve belirlenmesi için kullanılan geleneksel çözüm yöntemi, robust kestirim yöntemi ve fuzzy mantık yöntemi açıklanmıştır. Yapılan teorik çalışmanın ışığında yöntemleri karşılaştırmak için uygulama yapılması gerekmiştir. Bunun için yöntemlerin Delphi programlama dilinde bir programları yazılmış ve seçilen bir ağın verileri kullanılarak sayısal bir uygulama yapılmıştır. 3. bölümde uygulama sonuçlarına göre yöntemlerden elde edilen bulgular, irdeleme ve yöntemlerin karşılaştırması yapılmıştır. 4. ve 5. bölümde yapılan teorik ve sayısal çalışmanın ışığında elde edilen sonuçlar ve öneriler verilmiştir. Kaynaklar, özgeçmiş ve ekler 6., 7. ve 8. bölümleri oluşturmaktadır.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Koordinat Sistemleri

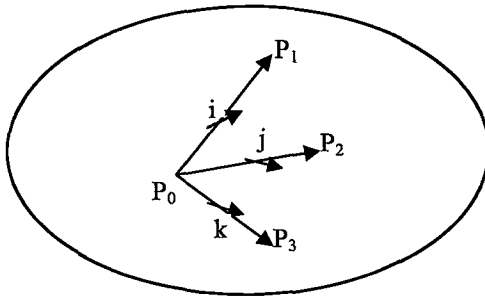
Matematiğin temel kavramlarından biri olan koordinat sistemleri, n-boyutlu uzayların tanımlanmasında ve incelenmesinde kullanılan analitik ve geometrik kavramlar topluluğudur. Uygulamalı mühendislik bilimlerinin çalışma alanı, yaygın olarak iki ya da üç boyutlu uzayda tanımlandığı için kullanılan koordinat sistemleri de iki ya da üç boyutludur [1].

Bir noktanın konumu n-boyutlu uzayda sıralı n tane sayı ile belirlenir ve bu sayılara noktanın koordinatları denir. Tanımlı her koordinat sisteminde her sıralı sayı tek bir noktayı gösterir ve $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ şeklinde tanımlanır [2].

Teknolojik gelişmeler ışığında jeodezik çalışmalarda kullanılan nokta koordinatlarının üç boyutlu belirlenmesi gerekli ve kolay bir işlem olmuştur. Bu nedenle koordinat sistemleri ve nokta koordinatları üç boyutlu olarak tanımlanmaktadır.

2.1.1. Üç Boyutlu Koordinat Sistemleri

Üç boyutlu uzayın geometrik yapısına uygun olarak kurulmuş farklı parametrelerle ifade edilen birçok koordinat sistemi tanımlanabilir. Üç boyutlu uzayda koordinat sistemi $\{P_0, P_1, P_2, P_3\}$ olarak tanımlanan dört noktanın oluşturduğu $\overrightarrow{P_0P_1} = i$, $\overrightarrow{P_0P_2} = j$, $\overrightarrow{P_0P_3} = k$ birim vektörlerin tanımladığı üç eksenli bir sistemdir.



Şekil 1. Üç boyutlu uzayda koordinat çatısı

Şekil 1’de gösterilen koordinat çatısında; P_0 sistemin başlangıç (orijin) noktasını, P_1 , P_2 ve P_3 ise eksenlerini tanımlamaktadır. Bu koordinat çatısında herhangi bir noktanın konumu a_i değerleri skaler büyüklükler olmak üzere,

$$\overrightarrow{P_0P} = \sum_{i=1}^3 a_i \overrightarrow{P_0P_i} = a_1 \vec{i} + a_2 \vec{j} + a_3 \vec{k} \quad (1)$$

vektörel eşitliğiyle elde edilir. Üç boyutlu uzayda herhangi bir noktanın konumunu belirlemek için kullanılan reel sayılar üçlüsüne noktanın parametreleri yada kısaca noktanın koordinatları denir. Koordinat değerleri her nokta için daima değişik ve tek anlamlı koordinat fonksiyonlarıyla tanımlanırlar. Yani her noktanın koordinat fonksiyonları, koordinat parametrelerinin seçimine bağlı olarak bir sistem içerisinde belirlenir. Bu nedenle (X_1, X_2, X_3) şeklinde tanımlanmış koordinatlar daima üç boyutlu uzayda $\{P_0, P_1, P_2, P_3\}$ çatısında tanımlanmış bir sisteme göre tanımlanmışlardır.

Üç boyutlu koordinat sistemleri koordinat çatılarının geometrik yapısına göre iki gruba ayrılabilirler.

2.1.1.1. Üç Boyutlu Afin Koordinat Sistemleri

Üç boyutlu afin koordinat sisteminin koordinat çatısını oluşturan birim vektörler $\overrightarrow{P_0P_1} = \vec{i}$, $\overrightarrow{P_0P_2} = \vec{j}$, $\overrightarrow{P_0P_3} = \vec{k}$ arasındaki ilişki belli bir açı ile tanımlıdır. Bu vektörler birbirine paralel yada dik değildir. Bu özellik sebebiyle koordinat sisteminin eksenleri birbirine göre eğik konumdadır ve eğik çatılı koordinat sistemleri olarak da adlandırılabilirler.

Afin koordinat sisteminde birim vektörlerden oluşan koordinat çatısına göre üç boyutlu uzayda herhangi bir P noktasının konumu (1) eşitliği de dikkate alınarak,

$$\overrightarrow{P_0P} = \sum_{i=1}^3 a_i \overrightarrow{P_0P_i} = a_1 \vec{i} + a_2 \vec{j} + a_3 \vec{k}$$

eşitliğiyle elde edilir. Buradaki a_i katsayıları noktanın afin koordinatlarıdır. Afin koordinat sisteminde bir noktanın koordinatları da daima birbirinden farklı ve tek anlamlı koordinat fonksiyonlarıyla tanımlanır ve (X_1, X_2, X_3) şeklinde gösterilir.

2.1.1.2. Üç Boyutlu Ortogonal Koordinat Sistemleri

Üç boyutlu ortogonal koordinat sisteminde koordinat çatısını tanımlayan birim vektörler $\overrightarrow{P_0P_1} = \vec{i}$, $\overrightarrow{P_0P_2} = \vec{j}$, $\overrightarrow{P_0P_3} = \vec{k}$ arasındaki açılar birbirine eşit ve dik (90°) 'dır. Bu özellikten dolayı $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ çatısının birim vektörleri üç boyutlu uzayda P_0 orijin noktasında her zaman ortogonal yapılı koordinat çatısı oluşturmaktadır.

Ortogonal çatının birim vektörlerinden biri diğer iki birim vektörün belirlediği düzleme dik ve bu yüzeyin yüzey normali ile çakışıktır. Bu özelliğe paralel olarak, ortogonal çatının birim vektörlerinin tanımladığı düzlemler birbirine diktir [3].

Üç boyutlu uzayda bu tür özelliklere sahip ortogonal çatılı koordinat sistemleri geometrik yapılarına göre; kartezyen (doğru eksenli) ve eğrisel (eğri eksenli) koordinat sistemleri gibi farklı iki koordinat sistemi şeklinde ele alınabilirler. Bu sistemlerde farklı koordinat parametreleri kullanılmasıdır, fakat hepsi ortogonal yapıdadır ve birbirine dönüşümü sağlanabilir.

• Kartezyen Koordinat Sistemleri

Üç boyutlu uzayda tanımlanan kartezyen koordinat sistemi basit olması nedeniyle oldukça fazla uygulama alanı bulmuştur. Bu koordinat sisteminin orijini O, öklid uzayında tanımlanan ortogonal çatının orijini P_0 ile çakışıktır. Eksenleri de ortogonal sistemi tanımlayan birim vektörlerle çakışıktır.

Bu sistemde bir P noktasının konumu o noktadan her bir koordinat eksenine inilen dik boyları ile belirlenir ve noktanın dik (kartezyen) koordinatları olarak adlandırılırlar. (X,Y,Z) kartezyen koordinatları $+\infty$ ve $-\infty$ arasında değer alabilir.

Bu durumda kartezyen koordinat sisteminde üç boyutlu uzayın herhangi bir P noktasının konumu,

$$\vec{r} = \overrightarrow{OP} = x \vec{i} + y \vec{j} + z \vec{k} \quad (2)$$

vektörel bağıntısı ile elde edilir.

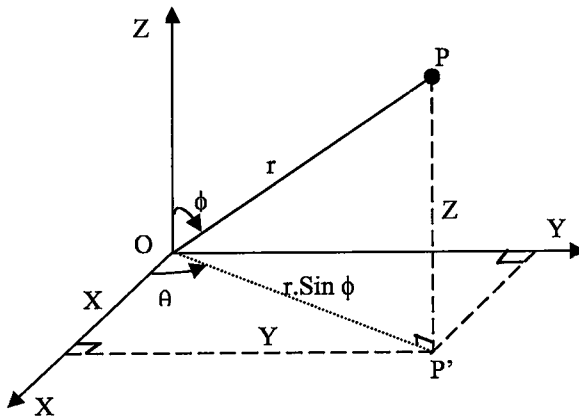
Kartezyen koordinat sistemleri Z ekseninin etrafında döndürüldüğünde X ve Y eksenleri 90° açı ile çakışıyor, sağ sistem, 270° açı ile çakışıyor, sol sistem olarak adlandırılır. Bu iki sistem arasındaki fark sadece bir sistemdeki eksenin yönü pozitifken diğersinde negatif olmasıdır. Bu durum kartezyen koordinat sisteminde yansıma olarak adlandırılır. Kartezyen koordinat sisteminde eksenlerin tanımladığı düzlemler daima birbirine diktir. Üç boyutlu uzayda herhangi bir P noktasının konumu kartezyen koordinatlarla belirlendiğinde bu düzlemlere göre de konumu belirlenmiş olur.

• Eğrisel Koordinat Sistemleri

Eğrisel koordinat sistemlerinde (u_1, u_2, u_3) koordinatları, (X, Y, Z) kartezyen koordinatlarına dönüşümü olan, üç boyutlu uzayın her bir noktası için daima birbirinden farklı ve tek değerli parametrelerdir. (u_1, u_2, u_3) parametrelerinin seçimine göre birçok farklı eğrisel koordinat sistemi tanımlanabilir. Bu koordinat sistemlerinin sahip olduğu ortak koordinat çatısında bir P noktasının kartezyen ve eğrisel koordinat parametrelerine göre,

$$\vec{r} = \overrightarrow{OP} = x \vec{i} + y \vec{j} + z \vec{k} = \vec{r}(u_1, u_2, u_3) \quad (3)$$

eşitliğiyle tanımlanır. Kartezyen koordinat sistemi ile eğrisel koordinat sistemi arasındaki genel ilişki şu şekilde verilir.



Şekil 2. Kartezyen ve eğrisel koordinat sistemleri

$$\begin{aligned}
X &= r \cdot \sin\phi \cdot \cos\theta & , & & r &= \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \\
Y &= r \cdot \sin\phi \cdot \sin\theta & , & & \theta &= \arctan\left(\frac{Y}{X}\right) \\
Z &= r \cdot \cos\phi
\end{aligned} \tag{4}$$

2.2. Üç Boyutlu Jeodezik Temel Koordinat Sistemleri

Jeodezi biliminin yıllardan beri uğraştığı konulardan biri de üç boyutlu referans ağı oluşturmaktır. Bu amaçla uzayda bulunan nesnelere, özellikle jeodezik noktaların bağlı konumlarını belirleyen koordinatların yüksek doğrulukta belirlenmesi için tanımlanmış göksel ve yersel koordinat sistemlerine gereksinim duyulmaktadır [4].

Bir koordinat sisteminin tanımlanabilmesi için;

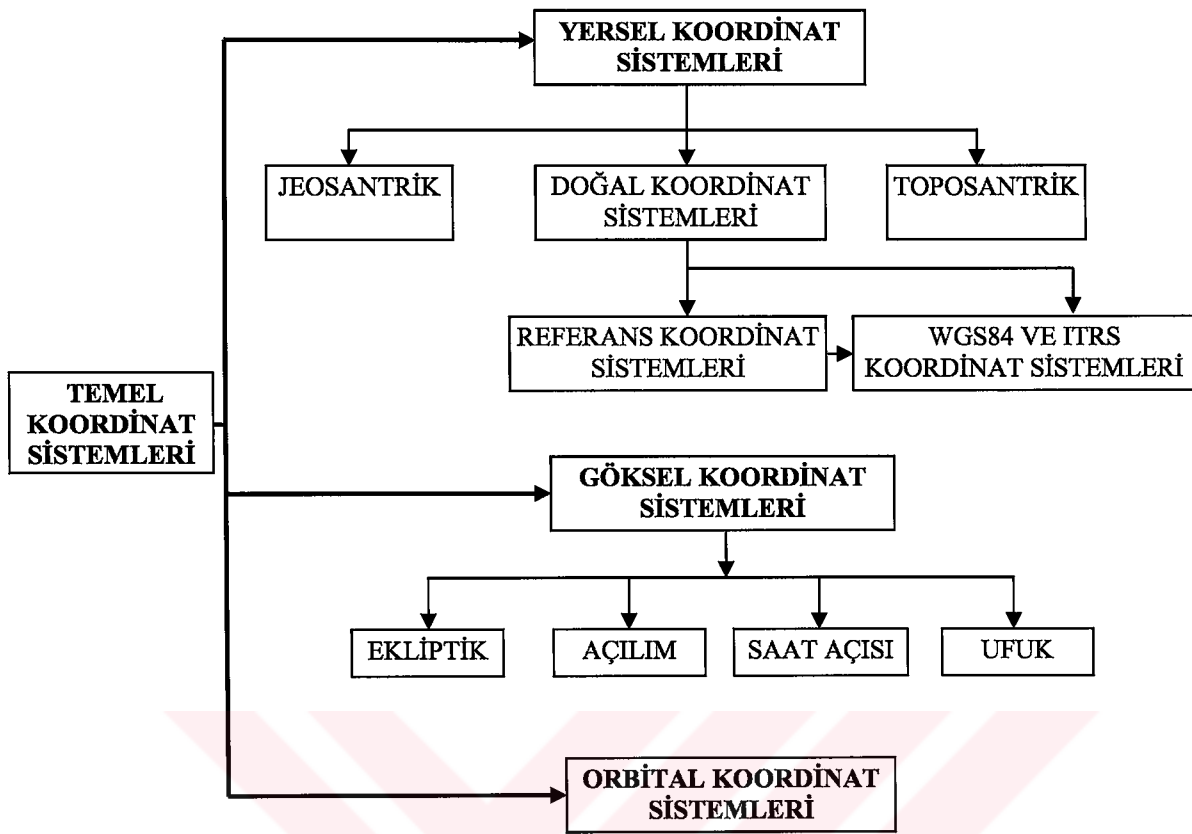
- Eksen yönlerinin ve eksenleri arasındaki açıların tanımlanması,
- Orijin (başlangıç, merkez) noktalarının tanımlanması,
- Açılarının (eksenlerinin) artış yönlerinin tanımlanması,

gereklidir.

Jeodezik Temel koordinat sistemleri tanımlandıkları yer ve amaca göre başlıca üç grup altında ele alınabilirler.

- Yersel Koordinat Sistemleri,
- Göksel Koordinat Sistemleri,
- Orbital (yörüngesel) Koordinat Sistemleri.

Bir koordinat sisteminin orijin noktası olarak yerin ağırlık merkezi alınırsa bu koordinat sistemi Jeosantrik, yeryüzündeki herhangi bir nokta olarak alınırsa da toposantrik olarak adlandırılır.



Şekil 3. Temel koordinat sistemleri

2.2.1. Yersel Koordinat Sistemleri

Yeryüzünde yapılan çalışmaların anlamlı olabilmesi için yeryüzünün şeklinin belirlenebilmesi gereklidir. Bu amaçla birçok çalışma yapılmıştır ve yeryüzünün şeklinin tanımlanmasında en uygun şeklin jeoid olduğuna karar verilmiştir. Jeoid, dalgalanmayan ortalama deniz yüzeyi ile çakışık eşpotansiyelli (nivo) yüzey olarak tanımlanabilir. Jeoid'in matematiksel tanımının tam olarak yapılamaması jeodezik ölçülerde ve hesaplamalarda kullanılan koordinat sistemleri farkını ortaya çıkarmıştır. Buna göre; jeodezik gözlemlerin veya ölçmelerin yapılmasında, birçok ölçme probleminin açıklanmasında temel dayanak olarak alınan doğal koordinat sistemleri, jeodezik hesaplamaların yapılmasında, depolanmasında ve sergilenmesinde esas alınan referans ya da elipsoid koordinat sistemleri ayrımını gündeme getirmiştir.

2.2.1.1. Doğal Koordinat Sistemleri

Dünya yüzeyinde yapılan çalışmaların referans sistemi olacak koordinat sisteminin orijininin de dünyanın ağırlık ya da gravite merkezi ile çakışık olacağından tanımlanan koordinat sistemlerine yersel ya da yer merkezli koordinat sistemleri denilir.

Ortogonal çatılı yersel koordinat sistemlerinin eksenleri birbirini dik açıyla keser ve paylaştıkları yüzeyin düzlem veya eğri olması durumunda da düzlem ve eğri koordinat sistemi olarak adlandırılırlar. Yersel koordinat sistemleri, orijinlerinin konumuna ve bunların tanımlı kılınmasında kullanılan parametrelerin özelliğine bağlı olarak şu dört gruba ayrılırlar.

- Doğal Dik Koordinat Sistemi (X,Y,Z),
- Doğal Eğri Koordinat Sistemi (Φ, Λ, H^*), (Φ, Λ, W),
- Doğal Yerel Dik Koordinat Sistemi (m^*, e^*, n^*),
- Doğal Yerel Kutupsal Koordinat Sistemi (α^*, β^*, l^*).

Doğal yersel koordinat sistemleri yeryüzündeki noktaların konumlarını belirlerken zamandan bağımsız varsayılırlar. Bunun nedeni fiziksel olarak dünya yüzeyinde var oldukları ve her türlü hareketten aynı şekilde etkilendikleri kabul edilir. Uygulama alanının yeryüzünü aşması durumu için doğal ortak yersel koordinat sistemi tanımlanmıştır. Bu koordinat sisteminin özelliği zamandan bağımsız olması ya da zamanın değişmesine karşı tek değer almasıdır [1].

• Doğal Dik Koordinat Sistemi (X,Y,Z)

Doğal dik koordinat sisteminin orijini dünyanın ağırlık ya da gravite merkezidir. Z eksenini dünyanın dönme eksenine, X eksenini astronomik başlangıç meridyeni ile ekvator düzleminin ara kesit doğrultusuna ve Y eksenini X ve Z eksenlerinin kesişme noktasına dik olan ve sağ el kuralına göre uzanan doğrultuya çakışkıtır.

Doğal dik koordinat sistemi dünyanın hareketleri sonucu zamana bağımlı bir sistemdir ve sadece bir t_1 anı için tanımlanabilir. Zamana bağımlı olan bir koordinat sisteminde noktaların konumlarını belirlemek ve diğer sistemlere koordinat dönüşümü yapmak oldukça karmaşık ve zor bir işlemdir. Bu nedenle anlık doğal dik koordinat

sistemlerinin özelliklerini yansıtan bunların yerine kullanılmak üzere; 1900-1905 yıllarında yapılan astronomik gözlemlerden faydalanılarak tanımlanan ve otoriter çevrelerce de kabul edilen Conventional International Orijin (CIO) esas alınarak belli varsayımlarla dayalı düşünsel tek anlamlı bir koordinat sistemi tanımlanmıştır. Bu koordinat sistemi $(X,Y,Z)^{AT}$ Doğal ortak dik koordinat sistemi ya da konversiyonel (klasik) doğal dik koordinat sistemi olarak bilinir.

Doğal ortak dik koordinat sisteminde Z^{AT} eksenini dünyanın ortalama kutup noktası CIO'dan geçen yerin ortalama dönme eksenine, X^{AT} eksenini ortalama kutup noktasından geçen başlangıç meridyeni ile ortalama ekvator düzleminin ara kesit doğrultusuna ve Y^{AT} eksenini X^{AT} ve Z^{AT} eksenlerinin kesişme noktası olan yerin ortalama ağırlık ya da gravite merkezine dik olan ve sağ el kuralına göre uzanan doğrultuya çakıştırır. Bu koordinat sistemi zamandan bağımsızdır ve değişmemektedir. Anlık doğal dik koordinat sistemi ile bu sistem arasındaki fark kutup gezinmesi miktarı kadardır, aralarında bir kayıklık olmadığı kabul edilmektedir.

• Doğal Eğri Koordinat Sistemi (Φ, Λ, H^*) , (Φ, Λ, W)

Bu koordinat sisteminde kartezyen koordinatlar yerine sistemin birinci temel (esas) düzlemi olarak ekvator düzlemi, ikinci temel düşey düzlemi olarak da $\Lambda = 0^\circ$ başlangıç meridyen düzlemi kullanılmaktadır. Bu sistemde bir noktanın koordinatı Λ astronomik boylam ve Φ astronomik enlem ile tanımlanır. Doğal eğri koordinat sistemleri için; $0^\circ \leq \Lambda \leq 360^\circ$ ve $-90^\circ \leq \Phi \leq 90^\circ$ değerleri arasında kalmaktadır. Yeryüzü noktalarının bu koordinat sistemindeki üçüncü bileşeni ise, noktanın W jeopotansiyel yüzeyi ya da H^* ortometrik yükseklik değeridir. Bu koordinat sistemleri yeryüzünde bulunan birden çok noktaya rastlayabildikleri için tek anlamlı olmayabilirler. Bu durum, sistemin uygulamada kullanımını olumsuz olarak etkiler [5].

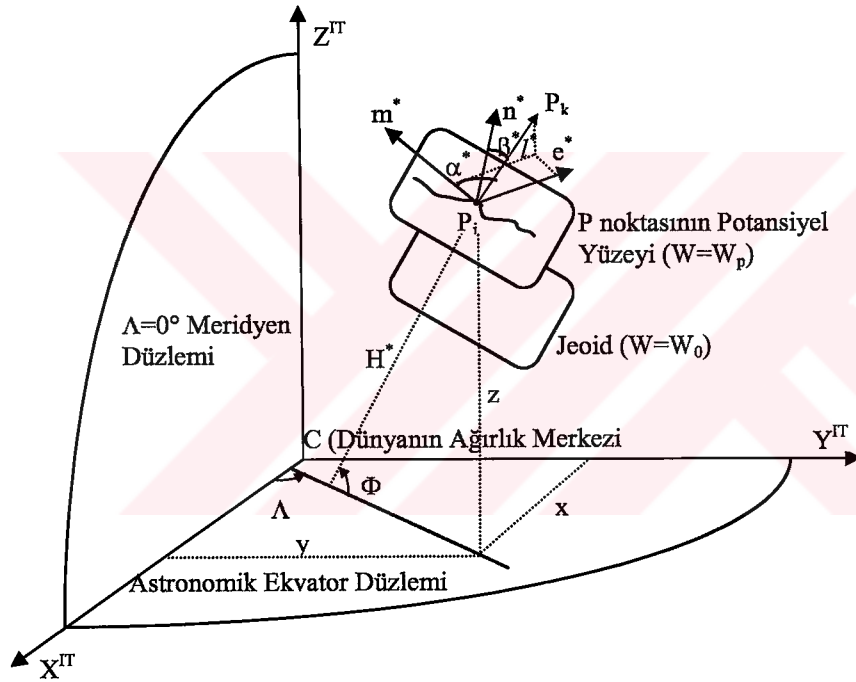
Doğal eğri koordinat sistemleri de doğal dik koordinat sistemleri gibi zamana bağımlı sistemlerdir ve dünyanın dönme eksen ve kutbundaki değişimlerden etkilenmektedir. Doğal eğri koordinat sistemleri için değişken olmayan koordinat sistemi, zamandan bağımsız olan CIO kutbuna göre tanımlanan doğal ortak dik koordinat sistemi eksenleri yardımıyla belirlenen birinci ve ikinci temel düzlemlerin esas alındığı $(\Phi, \Lambda, H^*)^{AT}$, $(\Phi, \Lambda, W)^{AT}$ doğal ortak eğri koordinat sistemidir. Bu sistemin koordinatları doğal eğri koordinat sisteminin koordinatlarından elde edilebilir. Bir noktanın ortalama

kutup noktasına göre koordinatları x_p, y_p olmak üzere doğal ortak eğri koordinat sistemi koordinatları,

$$\begin{bmatrix} \Phi \\ \Lambda \end{bmatrix}_{AT} = \begin{bmatrix} \Phi \\ \Lambda \end{bmatrix}_{IT} - \begin{bmatrix} \cos\Lambda & -\sin\Lambda \\ \sin\Lambda \tan\Phi & \cos\Lambda \tan\Phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ y_p \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$H^* = N + h \quad (6)$$

şeklinde belirlenebilir. Böyle bir dönüşüm sonucunda, zamanla değişken olmayan sabit ve statik yapıda bir $(\Phi, \Lambda, H^*)^{AT}$, $(\Phi, \Lambda, W)^{AT}$ doğal ortak eğri koordinat sistemi tanımlanabilir.

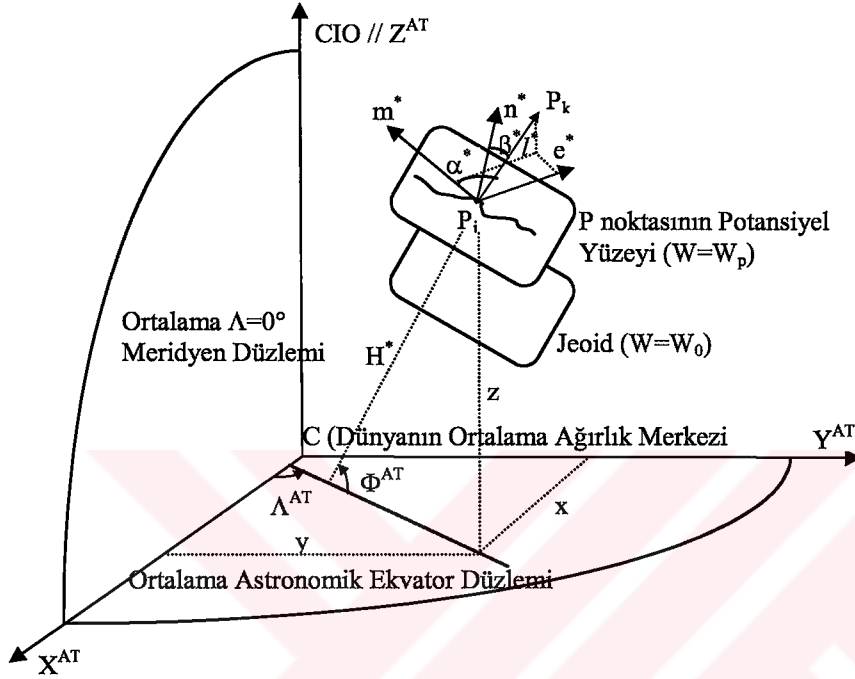


Şekil 4. Doğal dik ve eğri koordinat sistemleri

• Doğal Yerel Dik Koordinat Sistemi (m^*, e^*, n^*)

Orijinleri yerin ağırlık ya da gravite merkezinde olan doğal koordinat sistemlerinin yanında orijini ölçü noktası olarak alınan yerel koordinat sistemleri de vardır. Bu koordinat sisteminin üçüncü boyutu gösteren n^* eksenini, P_i ölçü noktasının başucu yönünü pozitif kabul eden bir doğru veya o noktadan geçen eşpotansiyelli (nivo) yüzeyin yüzey normali alınmaktadır. m^* eksenini istasyon noktasının gravite vektörünü ve dünyanın kutup

noktasını içinde bulunduran düşey düzlemin içinde bulunan n^* eksenine dik ve pozitif yönü kuzey kutup noktasına yönelik alınan bir yönlü doğru parçası olmaktadır. e^* eksenini olarak da P_i noktasından geçen ve bu iki eksene dik olan sol el sistemine uyan eksen olarak alınmaktadır.



Şekil 5. Doğal ortak dik ve eğri koordinat sistemleri

• Doğal Yerel Kutupsal Koordinat Sistemi (α^*, β^*, l^*)

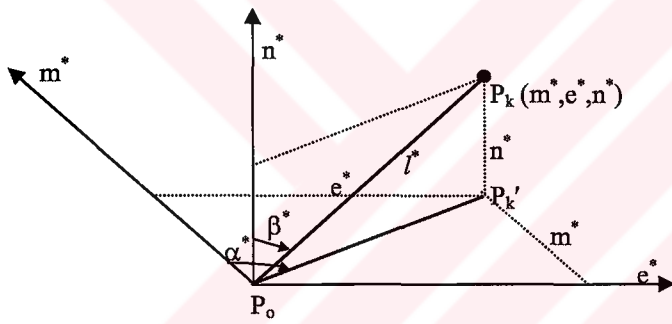
(m^*, e^*, n^*) Dik koordinat sistemi ile hemen hemen aynı özellikteki (α^*, β^*, l^*) doğal yerel kutupsal koordinat sisteminin de orijin noktası P_i ölçü noktasıdır ve sol el kuralına uyan bir sistemdir. Doğal yerel kutupsal koordinat sisteminin konum bileşenleri α^*, β^* açılarının pozitif yönü jeodezik doğrultu gözlemlerine uygun olarak saat ibresi yönündedir. Üçüncü bileşen l^* , P_i istasyon ve P_k hedef noktalarının belirlediği eğik uzunluktur ve P_i ve P_k noktalarının konumundan bağımsızdır.

Doğal büyüklüklere göre tanımlanan (α^*, β^*, l^*) doğal yerel kutupsal koordinat bileşenleri doğrudan ölçülebilmektedir ve jeodezik faaliyetlerde kullanılabilmektedirler. Bu sistemle doğal yerel dik koordinat sistemi arasındaki ilişki şu şekilde tanımlanabilir.

$$\begin{bmatrix} m^* \\ e^* \\ n^* \end{bmatrix} = l^* \begin{bmatrix} \cos \alpha^* \sin \beta^* \\ \sin \alpha^* \sin \beta^* \\ \cos \beta^* \end{bmatrix} \quad (7)$$

Doğal yerel dik koordinatlardan doğal yerel kutupsal koordinatların hesabı ise şu şekildedir.

$$\begin{aligned} l^* &= \sqrt{m^{*2} + e^{*2} + n^{*2}} \\ \alpha^* &= \tan^{-1} \left(\frac{e^*}{m^*} \right) \\ \beta^* &= \cos^{-1} \left(\frac{\sqrt{m^{*2} + e^{*2}}}{n^*} \right) \end{aligned} \quad (8)$$



Şekil 6. Doğal yerel kutupsal koordinat sistemi

2.2.1.2. Referans Koordinat Sistemleri

Dünyanın şeklini tanımlayan jeoidin kitle dağılımının homojen olmaması nedeniyle geometrik şeklini matematiksel olarak doğal koordinat sistemleriyle ifade etmek oldukça zordur. Bu nedenle matematiksel ifadelerde jeoid yerine homojen ve daha basit ifade edilebilen yüzeyler kullanılır.

Dünya yüzeyinin temsil edilmesi için en uygun yüzey küçük eksen etrafında 180° döndürülmüş bir dönel elipsoiddir. Böyle bir dönel elipsoidin boyutları yeryüzeyinin boyutuna uygun hale getirilmişse ve yeryuvarına göre konumu (datumu) belirlenmişse referans elipsoidi olarak adlandırılır. Referans elipsoidi düşünsel bir yüzeydir ve tüm hesaplamalarda referans yüzeyi olarak kullanılır. Bu nedenle referans elipsoidi ile

tanımlanan koordinat sistemleri doğal değil düşünsel sistemlerdir. Referans Koordinat sistemleri doğal koordinat sistemlerine benzer şekilde ele alınabilirler.

- Referans Dik Koordinat Sistemi (U,V,W)
- Referans Eğri Koordinat Sistemi (ϕ, λ, h)
- Referans Yerel Dik Koordinat Sistemi (m,e,n)
- Referans Yerel Kutupsal Koordinat Sistemi (α, β, l)

• Referans Dik Koordinat Sistemi (U,V,W)

Referans ya da jeodezik dik koordinat sistemi doğal ortak dik koordinat sistemine karşılık olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu sistemin orijini referans elipsoidinin merkezidir. W eksen elipsoidin küçük yarıekseni yani dönme eksen, U eksen referans elipsoidinin $\lambda=0^\circ$ meridyen düzlemi ile $\phi=0^\circ$ ekvator düzleminin arakesit doğrultusu, V eksen de benzer şekilde orijin noktasında diğer iki eksene dik olan ve sağ el kuralına uyan doğrultu olarak alınır.

• Referans Eğri Koordinat Sistemi (ϕ, λ, h)

Jeodezik koordinat sistemi olarak adlandırılan bu sistemde koordinatlar referans elipsoidinde tanımlanır ve bu sistem aynı zamanda doğal eğri koordinat sistemine karşılık gelir. Bu sistemin koordinat bileşenleri; λ (jeodezik boylam) bir P_i noktasının elipsoidal meridyen düzlemi ile başlangıç jeodezik meridyeni arasındaki açı, ϕ (jeodezik enlem) P_i noktasından geçen elipsoid yüzey normalinin jeodezik ekvator düzlemi ile yaptığı açı ve h ise P_i noktasından geçen elipsoid normalinin boyu ya da elipsoid yüksekliği şeklinde tanımlanırlar. Sistemin orijini elipsoidin merkez noktasıdır ve sağ el kuralına uyan bir sistemdir.

Referans dik ve eğri koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm,

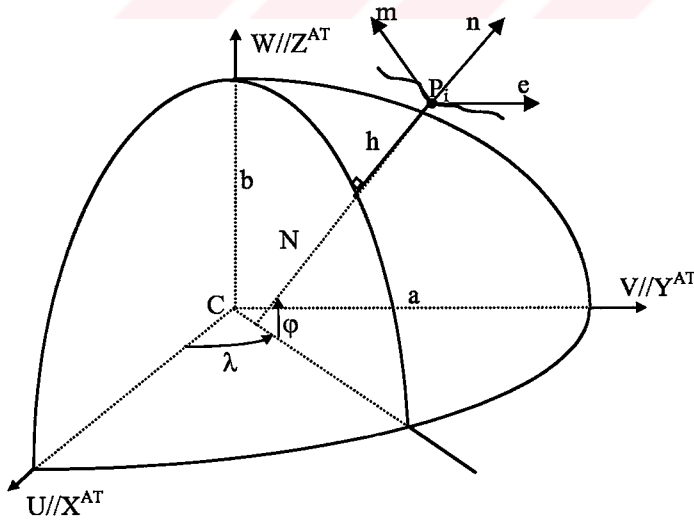
$$\begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N+h)\cos\phi \cos\lambda \\ (N+h)\cos\phi \sin\lambda \\ [N(1-e^2)+h]\sin\phi \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}} \quad (10)$$

eşitlikleriyle yapılır. Burada N elipsoidin meridyene dik doğrultudaki normal kesit eğrilik yarıçapı, a ve b elipsoidin yarıçapları, e ise 1. eksentrisite (dış merkezlik)tir. Referans dik koordinatlardan eğri koordinatlara geçiş ise,

$$\begin{aligned} \lambda &= \arctan\left(\frac{U}{V}\right) \\ \varphi &= \arctan\left(\frac{W(N+h)}{\sqrt{U^2 + V^2}(N+h-e^2N)}\right) \\ h &= \frac{\sqrt{U^2 + V^2}}{\cos \varphi} - N \end{aligned} \quad (11)$$

şeklindedir. Bu çözümde aranan parametreler formüllerde kullanıldığı için çözüm iteratif olarak elde edilir. İlk iterasyonda $h = 0$ ve $\varphi = 0$ alınarak (10) ve (11) eşitliğinden φ değeri bulunur. Bu değerlerle h değeri hesaplanır ve bu işlemler h ve φ değerlerinde kabul edilebilir değişimler olmayıncaya kadar tekrarlanır [6].



Şekil 7. Referans ortak eğri (coğrafi) ve jeodezik yerel dik koordinat sistemleri

Bu koordinat sisteminin üçüncü bileşeni olan h 'ın yerine P_i noktasının W gerçek potansiyeline karşılık gelen sferopotansiyelin U standart potansiyel değeri alınabilir. Böyle bir sistemi için (φ, λ, U) gösterimi kullanılır. Ayrıca üçüncü koordinat bileşeni $h=0$ alınır ve ölçü noktasının elipsoidin yüzeyinde olduğu düşünülür. Bu durumda $(\varphi, \lambda, 0)$ jeodezik eğri koordinat sistemi veya diğer adıyla coğrafi koordinat sistemi elipsoidle ilgili geometrik ya da matematik jeodezinin temelini oluşturur.

Yapılan çalışmaların bütünlüğünün sağlanabilmesi için dünya yüzeyinde tek anlamlı tanımlanan koordinat sistemlerine bağlı olarak tüm ülkeye uygun yoğunlukta dağılmış ve zeminde kalıcı işaretlenmiş ülke nirengi ağlarının oluşturulmuştur. Jeodezik eğri koordinat sistemi veya diğer adıyla coğrafi koordinat sisteminde de diğer koordinat sistemlerinde olduğu gibi bir noktanın koordinatı, hesap yüzeyi olarak alınan elipsoidin boyutuna, gerçek yeryüzündeki konumuna ve koordinat sisteminin başlangıç noktasına bağlıdır. Türkiye ülke nirengi ağı koordinatlarını belirlenmesinde I. derece nirengi ağı kurulmuş ve bu ağda yapılan ölçümler Meşedağ nirengi noktası başlangıç noktası, Uluslararası Hayford elipsoidi referans olarak kabul edilerek Lambert Konik Konform projeksiyon sisteminde dengelenmiştir. Bu şekilde oluşturulan ülke koordinat sistemi nirengi ağındaki batı bölgelerinde 8 nokta kullanılarak European (Avrupa) Datum-50 (ED50) datumuna dönüştürülmüştür. I. derece nirengi ağına dayalı olarak II., III. ve IV. derece nirengi ağları ve noktaları oluşturulmuştur.

I. ve II. derece nirengi noktaları, ülke nirengi ağının iskeletini oluştururlar, III. ve IV. derece nirengi noktaları ise yeterli kontrol noktası sıklığına sağlamak için tesis edilmiş noktalar. Ülke nirengi ağının I. ve II. derece noktalarının coğrafi koordinatlarının yanında düzlem dik koordinatları da hesaplanır ve bu işleme elipsoidin düzleme projeksiyonu denilir. Türkiye ülke nirengi ağında Gauss-Krüger konform ya da diğer adıyla Universal Transversal Mercator (UTM) projeksiyon sistemi kullanılmaktadır. Bu projeksiyon sisteminde 180° meridyeninden başlayarak dünya 6° boylam aralıklı 60 dilime ayrılmıştır. Her dilimin orta meridyeni Gauss-Krüger projeksiyon sisteminin x eksenini, elipsoid eksenini ise y eksenini oluşturmaktadır. Bunun sonucunda her dilime karşılık gelen ayrı bir düzlem dik koordinat sistemi oluşmaktadır. Uygulamada $6''$ 'lik dilimlerin yanında $3''$ 'lik dilimlerde kullanılmaktadır ve bu sisteme de değiştirilmiş UTM projeksiyon sistemi denilmektedir. Bir noktanın coğrafi koordinatları $(\varphi, \lambda, h=0)$ ile düzlem dik koordinatları (x, y) ya da (sağa, yukarı) değerlerini elde etmek için aşağıdaki işlem adımları

kullanılmaktadır. λ_0 dilim orta meridyeninin boylamı, G ekvatorndan dilim orta meridyenine olan meridyen yayı uzunluğu, A_i ise katsayılar olmak üzere,

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$$

$$x = G + A_2\Delta\lambda^2 + A_4\Delta\lambda^4$$

$$y = A_1\Delta\lambda + A_3\Delta\lambda^3 + A_5\Delta\lambda^5 \quad (12)$$

eşitlikleriyle hesaplanır. Bu işlemlerde noktanın dilim orta meridyeninin sağında veya solunda olması durumunda y değeri (+) ve (-) değer almaktadır. Ayrıca dilim orta meridyeninden uzaklığa bağlı olarak ortaya çıkan deformasyonu engellemek için aşağıdaki işlem adımları uygulanır.

- 6°'lik UTM projeksiyonunda (x,y) koordinatları $m_0=0.9996$ ölçek faktörü ile çarpılır ve y'nin (-) değer almaması için bu değer 500.000 ile toplanır ve noktanın (sağa,yukarı) koordinatları elde edilir.

$$\text{Sağa} = y.m_0 + 500.000$$

$$\text{Yukarı} = x.m_0$$

- 3°'lik değiştirilmiş UTM projeksiyonunda (x,y) koordinatları y'nin (-) değer almaması için bu değer 500.000 ile toplanır ve noktanın (sağa,yukarı) koordinatları elde edilir. Burada ölçek faktörü $m_0=1$ olarak alınmaktadır.

$$\text{Sağa} = y + 500.000$$

$$\text{Yukarı} = x$$

Aynı şekilde (x,y) düzlem dik koordinatlarından (φ,λ) coğrafi koordinatlarına dönüşümde yapılabilmektedir. Burada λ_0 dilim orta meridyeninin boylamı, φ_f ayak noktası enlemi, B_i ise katsayılar olmak üzere,

$$\varphi = \varphi_f + B_2y^2 + B_4y^4$$

$$\lambda = \lambda_0 + B_1y + B_3y^3 + B_5y^5 \quad (13)$$

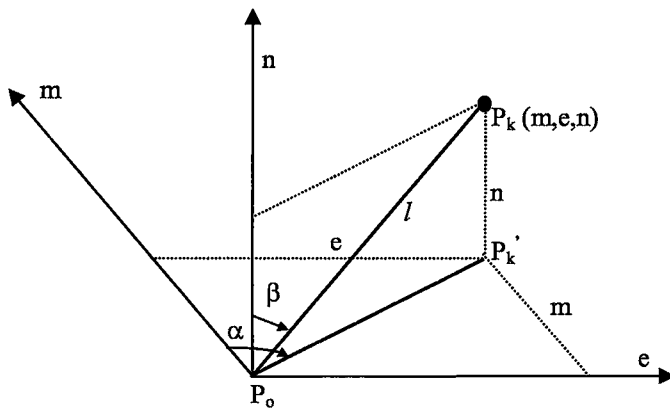
eşitlikleri yardımıyla çözüm yapılır [7], [8], [9].

- **Referans Yerel Dik Koordinat Sistemi (m,e,n)**

Referans yerel dik koordinat sisteminin orijini P_i yeryüzü noktasıdır. P_i noktasından geçen elipsoidin yüzey normali n eksen ve başucu yönü pozitif yön olarak, P_i noktasındaki referans elipsoidinin yüzey normali ve kutup noktasını da içinde bulunduran meridyen düzlemi ile o noktada yatay olan teğet ufuk düzleminin arakesit doğrultu m eksen ve kuzey yönü pozitif yön olarak alınır. Üçüncü bileşen e eksen ise, bu iki eksene dik olan ve sol el kuralına uyan bir eksenidir. Bu şekilde tarif edilen bir sistemde n ekseninin doğrultusu P_i yeryüzü noktasına ait φ jeodezik enlem ve λ jeodezik boylam ile tanımlanmaktadır. Bu nedenle referans yerel dik koordinat sistemi referans eğri koordinat sistemine bağımlıdır.

- **Referans Yerel Kutupsal Koordinat Sistemi (α, β, l)**

Bu sistem referans yerel dik koordinat sistemi eksenleri (m,e,n) esas alınarak tanımlanır. Eğer sistem referans ortak yerel dik koordinat sistemine göre tanımlanırlarsa statik ve zamandan bağımsız olur. Bu sisteme jeodezik yerel kutupsal koordinat sistemi de denilir.



Şekil 8. Jeodezik yerel kutupsal koordinat sistemleri

Böyle bir sistemde koordinat belirlemek için kullanılan (α, β, l) bileşenleri doğrudan ölçülemezler. Çünkü bu değerler düşümsel hesap yüzeyi olan referans elipsoidiyle tanımlanırlar. Bu değerler doğal yerel kutupsal koordinat bileşenlerinin indirgenmesi sonucu elde edilebilirler. Referans yerel dik koordinat sistemi ile referans yerel kutupsal koordinat sistemi bileşenleri arasındaki ilişki (7) ve (8) eşitliği şeklindedir.

2.2.1.2.1. WGS84 ve ITRS Koordinat Sistemleri

GPS, yüksek duyarlık ve uygulama kolaylığı sağlayan ve bu nedenle haritacılıkta yaygın bir şekilde kullanılan bir tekniktir. Bu teknoloji kullanılarak konum belirleme çalışmalarının yaygınlaşması yapılan tüm çalışmaların aynı referans sisteminde olması fikrini de ortaya çıkmış ve bu nedenle çeşitli referans elipsoidleri belirlenmiş ve çalışmalarda bu elipsoidler temel olarak alınmıştır, WGS84 de bu şekilde belirlenmiş olan referans dik koordinat sistemidir.

WGS84 sistemi, GPS uydularının yörünge bilgilerinin tanımları için Amerika Savunma bakanlığı tarafından oluşturulan ve uydu navigasyon sistemlerinin temelini oluşturan yersel üç boyutlu koordinat sistemidir ve uluslararası yersel koordinat sistemi olarak kabul edilir. Uydulardan alınan tüm konum bilgileri WGS84 dünya jeodezik sistemi 84 referans elipsoidinde hesaplanmaktadır.

WGS84 sistemi yersel ortalama dünya elipsoidini, dünya gravitasyonel modelini ve diğer jeodezik datumlara transformasyon parametrelerini içeren bir sistemdir. Sistemin başlangıç noktası yerin ağırlık merkezidir. Z eksenini 1984.0 anı için belirlenen ortalama yerin dönme eksenine paraleldir. X eksenini sıfır meridyen düzlemi ile ekvator düzleminin ara kesitidir. Y eksenini sağ el sistemi oluşturacak şekilde başlangıç noktasında X ve Z eksenlerine dik olan eksendir [10].

WGS84 koordinat sisteminin yanında tanımlanmış başka koordinat sistemleri de vardır. Bunlardan biri International Terrestrial Reference System (Uluslararası Yerel Referans Sistemi –ITRS)’dir. ITRS’in orijini yerin ağırlık merkezidir. Koordinat eksenlerinin yöneltiğinde 1984.0 epochundaki 1984 julyen yılı referans olarak alınır. ITRS ve WGS84 koordinat sistemleri aynı elipsoidi kullanırlar fakat ITRS koordinat sistemindeki bir noktanın duyarlılığı sistem oluşturulurken kullanılan yöntemler nedeniyle WGS84 koordinat sisteminden daha fazladır.

Global üç boyutlu yüksek duyarlıktaki bir referans ağının konum belirleme kolaylığı, global jeodezik ve jeodinamik araştırmalar ve uydu tekniklerinden yararlanmanın yanında yüksek doğruluklu, güvenilir ve bu ağa dayalı bölge ve ülke jeodezik ağlarının oluşturulmasının sağlayacağı yararlar görülmüş ve ITRS'in gerçekleşmesini izleyen yıllarda bu ağa dayalı bölgesel ve ülke ağlarının oluşturulması çalışmaları başlamıştır. Buna örnek olarak Avrupa kıtası için tanımlanan European Reference Frame (Avrupa Referans Ağı - EUREF) verilebilir [4], [11].

Ülke nirengi ağları ve bu ağlarla oluşturulan nirengi noktalarına göre yapılmış çalışmaların tümü ED50 datumundadır. GPS tekniğiyle yapılan çalışmaların WGS84 datumunda olması iki datum arasında koordinat dönüşüm yapılması durumunu ortaya çıkarmıştır.

2.2.2. Göksel Koordinat Sistemleri

Göksel koordinat sistemleri, uzaydaki cisimlerin koordinatlarını belirlemek için kullanılırlar. Bu koordinat sistemleri ile yersel ve yörünge koordinat sistemleri arasında iki temel farklılık vardır. Bunların biri, göksel koordinat sistemlerinde konum belirlemek için gözlem olarak sadece doğrultuların kullanılmasıdır. Uzunluklar konum belirlemede kullanılmaz çünkü gök küresi birim yarıçaplı bir küre, kullanılan bütün doğrultular da küre içerisindeki birim vektörler olarak ele alınır. İkinci fark, gök küresinin şeklinin elipsoid ya da küre olarak alınmasıdır. Bunun sonucu olarak matematik çözüm daha basittir. Göksel koordinat sistemleri de genel olarak dörde ayrılabilir.

2.2.2.1. Ekliptik Koordinat Sistemi

Bu sistem heliosantrik yani orijini güneşin ağırlık merkezi olan bir sistemdir. Koordinat sisteminin birinci ana düzlemi ekliptik düzlemi alınır. Z^E ekseni, güneşin merkezinde ekliptik düzlemine dik olan pozitif yönü ekliptikten dışa gök küresinin kuzey gök kutbuna dönüktür. X^E ekseni, güneşin merkezinde Z^E eksenine dik ve γ -ilkbahar noktasına yöneliktir. Y^E ekseni ise sağ el kuralına göre bu iki eksene dik olarak yer alır.

Ekliptik koordinat sistemi bir göksel koordinat sistemidir ve aynı zamanda yıldızlara göre hareketsiz olduğu kabul edilebilir. Çok az miktarda dönme hareketi vardır fakat bu hareket çoğu uygulamalar için dikkate alınmayacak kadar küçük olmaktadır [12].

Ekliptik koordinat sisteminde bir gök cismini koordinat sistemine bağlayan doğrunun ekliptik düzlemiyle yaptığı açı β^E ekliptik enlemi, γ -ilkbahar noktasının meridyeni ile yaptığı açı da λ^E ekliptik boylamıdır. Her iki açının artış yönü saat ibresinin tersi yönündedir. Gök küresi üzerinde bulunan bir gök cisminin ekliptik koordinat sistemindeki birim vektörüne ait β^E ekliptik enlemi ve λ^E boylamı bilinmesi halinde dik koordinatları;

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_E = \begin{bmatrix} \cos\beta^E \cos\lambda^E \\ \cos\beta^E \sin\lambda^E \\ \sin\beta^E \end{bmatrix}_E \quad (14)$$

şeklinde elde edilebilir. Tersisi durumundaki çözüm ise şu şekildedir.

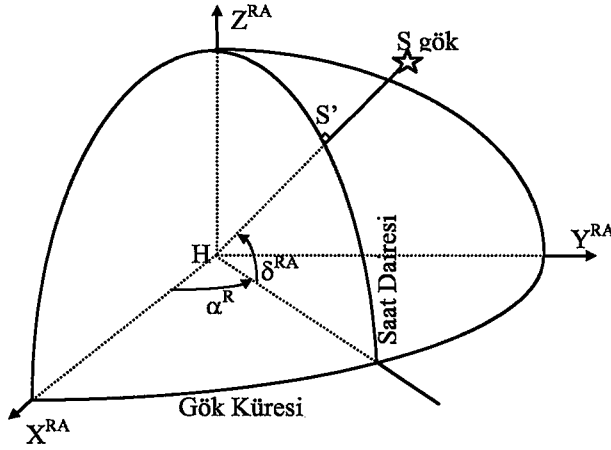
$$\begin{aligned} \beta^E &= \sin^{-1} Z^E = \tan^{-1} \left(\frac{Z^E}{\sqrt{X^{E2} + Y^{E2}}} \right) \\ \lambda^E &= \tan^{-1} \left(\frac{Y^E}{X^E} \right) \end{aligned} \quad (15)$$

2.2.2.2. Açılım (Right Ascension) Koordinat Sistemi

Açılım koordinat sistemi heliosantrik yani orijini güneşin ağırlık merkezi olan bir sistemdir. Z^{RA} eksen, dünyanın dönme eksenine paralel olarak kuzey gök kutbu yönündedir. X^{RA} eksen, gök ekvatoru ile dünyanın üzerinde hareket ettiği ekliptiğin arakesit noktalarından γ -ilkbahar noktasına yöneliktir ve Z^{RA} eksenine diktir. Y^{RA} eksen ise sağ el kuralına göre bu iki eksene dik olarak yer alır. Açılım koordinat sistemi yıldızların ve gezegenlerin koordinatları bu sistemde yayınlandığı için önemli bir koordinat sistemidir. Bu özelliğinden dolayı yersel, göksel ve yörüngesel koordinat sistemleri arasındaki geçişi sağlayan kilit bir koordinat sistemidir.

Açılım koordinat sisteminin ikinci ana düzlemi, gök küresinin kuzey kutup noktası ile γ -ilkbahar noktasından geçen büyük daire yayıdır. Bu yay açılım koordinat sistemi için

başlangıç dairesi olarak alınır. Aynı şekilde kuzey kutup noktası ile gök cismi olan yıldızdan geçen büyük daire yayı da saat dairesini oluşturur.



Şekil 9. Açılım koordinat sistemi

Bir gök cisminin bu koordinat sistemindeki konumu, orijin noktasını cisme birleştiren doğrunun ekvator düzleminde γ -ilkbahar noktası ile yaptığı α rektasazyon açısı ve ekvator düzlemi ile yaptığı meridyen düzlemindeki δ deklinasyon açısı ile tanımlanır. Bu değerlere göre herhangi bir yıldızın birim vektörü aşağıdaki şekilde yazılır.

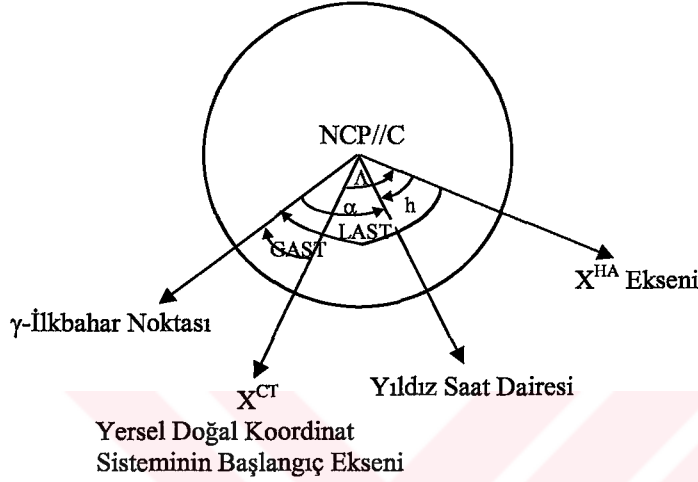
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{RA} = \begin{bmatrix} \cos \alpha \cos \delta \\ \sin \alpha \cos \delta \\ \sin \delta \end{bmatrix}_{RA} \quad (16)$$

2.2.2.3. Saat Açısı ve Birinci Ekvator Koordinat Sistemleri

Saat açısı koordinat sistemi daha basit ve anlaşılır olması için orijin noktalarının konumlarına bağlı olarak iki farklı şekilde düşünülerek tanımlanabilir.

Bu sistemlerden ilki, orijin noktası güneşin ağırlık merkezinde olan saat açısı koordinat sistemi, diğeri ise orijini dünyanın ağırlık merkezinde olan 1. ekvator koordinat sistemidir. Bu sistemlerin ikisi de birinci temel koordinat düzlemi olarak gök ekvator düzlemini, İkinci temel düzlem olarak da gözlem yerinin astronomik meridyen düzlemini almaktadır. Hem saat açısı koordinat sisteminin hem de 1. ekvator koordinat sisteminin

X^{HA} eksenini, gök ekvatoru ile gözlem yerinin astronomik meridyeninin oluşturduğu arakesit doğrusudur. Z^{HA} eksenini, 1. Ekvator koordinat sistemi için dünyanın dönme eksenini, saat açısı koordinat sistemi için de güneşin merkezinde dünyanın dönme eksenine paralel bir doğrudur ve pozitif yönleri kuzey gök kutbuna yönelmiştir. Her iki sistemin Y^{HA} eksenleri ise diğer iki eksene dik olan ve sol el kuralına göre uzanan doğrultulardır.



Şekil 10. Yer merkezli gök küresinde tanımlanan dört meridyenin kuzey kutup noktasından görünüşü

Burada, NCP kuzey gök kutup noktasını, LAST (Local Apparent Sideral Time) yerel astronomik yıldız zamanını, GAST (Greenwich Apparent Sideral Time) ise başlangıç meridyeninin astronomik yıldız zamanını göstermektedir.

Heliosantrik sistemde olan gök cisminin birim vektörü şu şekildedir.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{HA} = \begin{bmatrix} \cos\delta \cosh \\ \cos\delta \sinh \\ \sin\delta \end{bmatrix}_{HA} \quad (17)$$

Aynı şekilde, jeosantrik sistemde de birim vektörü yazılabilir. Saat açısı koordinat sistemi ve 1. ekvator koordinat sistemi için eksi Z eksenini yönündeki üstten bakış görüntüsü Şekil 10'da gösterilmektedir.

2.2.2.4. Ufuk Koordinat Sistemi

Ufuk koordinat sisteminin orijini de diğer göksel koordinat sistemleri gibi güneşin ağırlık merkezidir. Bu koordinat sistemi için birinci kutup noktası gözlem yerine ait gravite ekseninin gök küresini deldiği zenit noktasıdır. Orijinden ve zenit noktasından geçen doğrultu Z^H eksenidir ve artı yönü zenit noktasıdır. X^H eksenini gözlem noktasından geçen meridyen düzlemi içindeki ve artış yönü kuzey kutup noktasına dönüktür. Y^H eksenini ise, orijin noktasında her iki eksene dik olan ve sol el kuralına uyan eksenidir.

Ufuk koordinat sisteminde, gök küresinin üzerinde gözlenen bir gök cismini ve zenit noktasını da içinde bulunduran büyük daire, düşey daire olarak adlandırılır. Ufuk düzleminde bu büyük dairenin kuzey ile saat ibresi yönünde yaptığı A açısı astronomik azimutu verir. Bir gök cismini a enlemi sistemin orijini bu gök cismine birleştiren doğrunun ufuk düzlemi ile yaptığı açıdır. Bu parametrelere göre ufuk koordinat sisteminde bir gök cisminin konumunu belirlemeye yarayan birim vektör aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_H = \begin{bmatrix} \cos a \cos A \\ \cos a \sin A \\ \sin a \end{bmatrix}_H \quad (18)$$

2.2.3. Yörünge (Orbital) Koordinat Sistemi

Yörünge koordinat sistemi, belli bir yörüngede dolaşan uyduların koordinatlarının tanımlanması için kullanılır. Uydu yörünge koordinat sisteminin orijini dünyanın gravite merkezidir. Birinci ana düzlemi, yörünge elipsinin belirlediği düzlemdir. Z^{ORB} eksenini olarak, odak noktalarının birinde dünyanın bulunduğu yörünge elipsinde artı yönü başucu noktasındaki dik eksen alınır. X^{ORB} eksenini, yörünge elipsi düzleminde bulunan ve apoge ve perige noktalarının belirlediği doğrultu ile çakışık ve artı yönü perige noktasına dönüktür. Y^{ORB} eksenini ise bu iki eksene dik olan ve sağ el kuralına uyan eksenidir.

Uydu yörünge koordinat sisteminde, elips yörünge üzerinde hareket eden bir uydunun konumu,

$$\vec{r} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ORB} = r \begin{bmatrix} \cos f \\ \sin f \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a(\cos E - e) \\ a\sqrt{1-e^2} \sin E \\ 0 \end{bmatrix} \quad (19)$$

olarak ifade edilebilir. Burada a elipsin büyük yarıeksen, b elipsin küçük yarıeksen, f gerçek anomali açısı, E eksantrik anomali, e birinci eksantrisitedir ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad (20)$$

Uydu yörünge koordinat sistemi ile açılım koordinat sisteminin bir alt sistemi olan 2. ekvator koordinat sistemi ile aynı orijine sahip olan sistemlerdir. Bu özellik kullanılarak uydu yörünge ve doğal yersel dik koordinat sistemi arasındaki dönüşüm Kepler kanunları ile açıklanabilir.

Kepler uydu yörünge parametrelerinden yararlanarak, uydu yörünge koordinat sistemi ile 2. ekvator koordinat sistemine dönüşüm için uydu yörünge koordinat sistemi önce Z^{ORB} eksenine etrafına $R_Z(-\omega)$ kadar, daha sonra X^{ORB} eksenine etrafında $R_X(-i)$ kadar ve en son olarak Z^{ORB} eksenine etrafında $R_Z(-\Omega)$ kadar döndürülür.

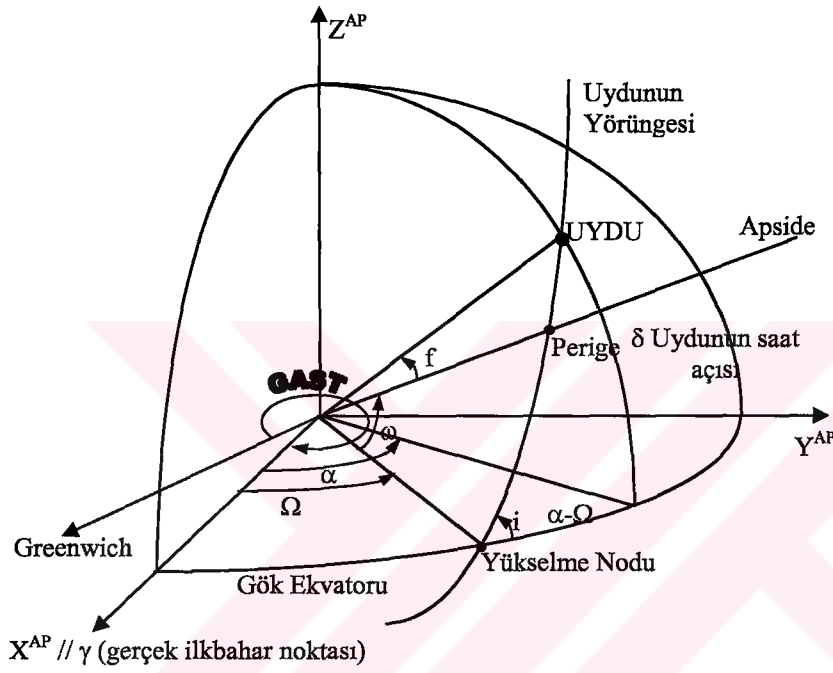
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{AP} = R_Z(-\Omega) R_X(-i) R_Z(-\omega) \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ORB} \quad (21)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{IT} = \begin{bmatrix} \cos(GAST) & \sin(GAST) & 0 \\ -\sin(GAST) & \cos(GAST) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{AP} \quad (22)$$

eşitliği elde edilir ve bu eşitlik yukarıda yerine yazılırsa yersel doğal dik koordinat sistemi ile yörünge koordinat sistemi arasındaki dönüşüm bağıntısı ve ters dönüşüm bağıntısı elde edilir.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{IT} = R_z(GAST) \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{AP} = R_z(GAST) R_z(-\Omega) R_x(-i) R_z(-\omega) \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ORB} \quad (23)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ORB} = [R_z(GAST) R_z(-\Omega) R_x(-i) R_z(-\omega)]^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{IT}$$



Şekil 11. Kepler uydu yörünge elemanları

Burada; Ω yükselme nodunun açılım açısını, i yörünge'nin eğim açısını, ω ise perigenin yerini göstermektedir.

2.3. Üç Boyutlu Koordinat Sistemleri Arasındaki Dönüşüm Modelleri

Koordinat dönüşümleri jeodezide sıkça karşılaşılan bir uygulamadır. Çeşitli koordinat sistemlerinde üretilmiş nokta koordinatları arasındaki ilişkiyi tam olarak kurabilmek ve datum birliği sağlamak için koordinat dönüşümü yapılır.

Bir koordinat sistemini tanımlamak için gerekli elemanlara datum parametresi denir. Üç boyutlu koordinat sistemi, 3 öteleme, 3 dönüklük ve 1 ölçek parametresi ile tanımlanır.

Koordinat sisteminin tanımlanmasında kullanılan elipsoidin konumu, büyüklüğü ve dönüklüğüne ilişkin bilgiler datum parametreleri ile tanımlanır. Bu nedenle koordinat dönüşümü bir anlamda datum dönüşümü olur [13].

Koordinat sistemleri arasındaki dönüşümler dönüşüm sonrası aynı kalan, değişmeyen geometrik özelliklere göre şu şekilde sınıflandırılabilir.

- **Benzerlik Dönüşümü** : Benzerlik dönüşümü ile yapılan koordinat dönüşümü sonunda geometrik şekil korunur. Benzerlik dönüşümü sonrası ikinci koordinat sisteminde oluşan şekil, ilk koordinat sistemindeki şeklin büyütülerek veya küçültülerek oluşturulmuş şekli gibidir. Koordinat sistemleri arasında öteleme, dönüklük ve tüm eksenlerde aynı olan ölçek katsayıları ile bağlantı sağlanır. Koordinat eksenlerindeki ölçek değişimi aynı olduğu için daha çok elimizde ölçülen koordinatları olan iki sistem arasındaki dönüşümde kullanılan bir yöntemdir.

- **Afin Dönüşümü** : Afin dönüşümünde; doğrudaşlık, paralellik özellikleri korunur, açılar ve dolayısıyla şekil değişir, yöne bağlı olarak ölçek değişir. Bir doğru üzerindeki doğru parçalarının karşılıklı oranları sabit kalır. Film, kağıt ve benzeri maddeler üzerindeki çizimler üzerinden alınan koordinatların dönüşümünde kullanılan bir yöntemdir.

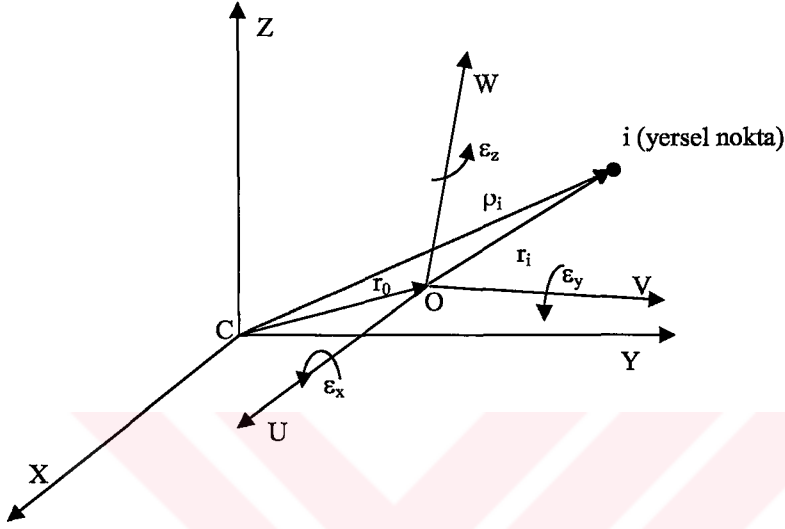
- **Projektif Dönüşüm** : Dönüşümlerin en genel hali projektif dönüşümdür. Bu dönüşümde; doğrudaşlık özelliği korunur, bir doğru üzerindeki doğru parçalarının karşılıklı oranları sabit kalır. Daha çok fotoğraflar üzerinden alınan koordinatların dönüşümünde kullanılan bir yöntemdir.

Jeodezik koordinat sistemleri arasındaki nokta koordinatları dönüşümde daha çok benzerlik dönüşümü kullanılmaktadır. Bu dönüşüm için tanımlanmış birçok yöntem vardır. Bu dönüşümde kullanılan parametreler datumu tanımlamakta kullanılan parametrelerle aynıdır [14].

Üç boyutlu koordinat çiftleri arasındaki fonksiyonel ilişkiler tarif edilerek dönüşüm yapan birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin hepsinde noktalarının koordinatları gözlem olarak kullanılır ve yönteminin sonuçları olarak düzeltme değerleri alınır. Örnek olarak Bursa-Wolf, Molodensky-Badekas, Veis, Hotine, Krakiwsky-Thompson ve Vanicek-Wells modelleri verilebilir. Bu yöntemler arasında en çok uygulama imkanı bulan ve anlamlı sonuç verenler Bursa-Wolf, Molodensky-Badekas ve Veis modelleridir.

2.3.1. Bursa-Wolf Modeli

Bursa-Wolf modeli, iki koordinat sistemi arasındaki ilişkiyi benzerlik dönüşümü ile tanımlar. Bu ilişkinin tanımlanması için üç öteleme $[X_0, Y_0, Z_0]$, üç dönüklük $(\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z)$ ve bir ölçek faktörü (κ) parametreleri gereklidir.



Şekil 12. Bursa-Wolf modeli

İki sistem arasındaki dönüşüm eşitliğinin fonksiyonel modeli şu şekilde yazılır.

$$(\underline{\rho}_i) = (\underline{r}_0) + (1 + \kappa) R (\underline{r}_i) \quad (24)$$

Burada $(\underline{\rho}_i) = [X_i, Y_i, Z_i]$, $(\underline{r}_i) = [U_i, V_i, W_i]$ dik koordinat sistemlerini, $R = R_1(\epsilon_x) \cdot R_2(\epsilon_y) \cdot R_3(\epsilon_z)$ dönüklük matrisini ve $(\underline{r}_0) = [X_0, Y_0, Z_0]$ öteleme parametrelerini göstermektedir. $R_1(\epsilon_x)$, $R_2(\epsilon_y)$, $R_3(\epsilon_z)$ dönüklük matrisleri,

$$R_1(\epsilon_x) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \epsilon_x & \sin \epsilon_x \\ 0 & -\sin \epsilon_x & \cos \epsilon_x \end{bmatrix}$$

$$R_2(\epsilon_y) = \begin{bmatrix} \cos \epsilon_y & 0 & -\sin \epsilon_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \epsilon_y & 0 & \cos \epsilon_y \end{bmatrix}$$

$$R_3(\varepsilon_z) = \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_z & \sin \varepsilon_z & 0 \\ -\sin \varepsilon_z & \cos \varepsilon_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

şeklinde yazılırsa çarpımları sonucu oluşan R dönüklük matrisi,

$$R = \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_y \cos \varepsilon_z & \cos \varepsilon_x \cos \varepsilon_y \sin \varepsilon_z + \sin \varepsilon_x \sin \varepsilon_y & \sin \varepsilon_x \cos \varepsilon_y \sin \varepsilon_z - \cos \varepsilon_x \sin \varepsilon_y \\ -\sin \varepsilon_z & \cos \varepsilon_x \cos \varepsilon_z & \sin \varepsilon_x \cos \varepsilon_z \\ \sin \varepsilon_y \cos \varepsilon_z & \cos \varepsilon_x \sin \varepsilon_y \sin \varepsilon_z - \sin \varepsilon_x \cos \varepsilon_y & \sin \varepsilon_x \sin \varepsilon_y \sin \varepsilon_z + \cos \varepsilon_x \cos \varepsilon_y \end{bmatrix} \quad (25)$$

olarak elde edilir. Jeodezik çalışmalarda kullanılan koordinat sistemleri yaklaşık olarak paralel olan sistemler oldukları için dönüklük açıları çok küçük açılardır. Bu nedenle $\cos \varepsilon = 1$, $\sin \varepsilon = \varepsilon$ ve kabulleri yapılp elde edilen (25) eşitliği (24) eşitliğinde yerine yazılırsa,

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + (1 + \kappa) \begin{bmatrix} 1 & \varepsilon_z & -\varepsilon_y \\ -\varepsilon_z & 1 & \varepsilon_x \\ \varepsilon_y & -\varepsilon_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_i \\ V_i \\ W_i \end{bmatrix} \quad (26)$$

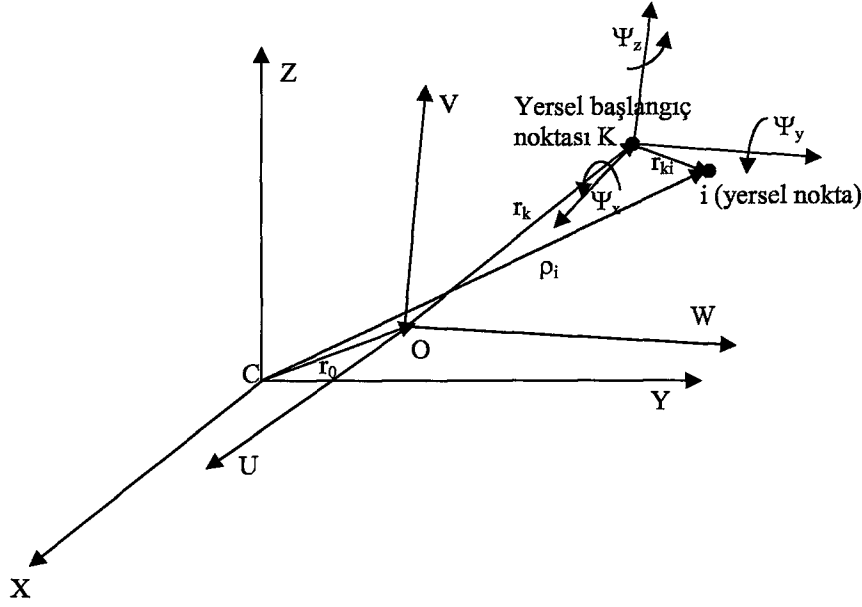
eşitliği elde edilir.

2.3.2. Molodensky-Badekas Modeli

Molodensky-Badekas modeli de iki koordinat sistemi arasındaki ilişkiyi benzerlik dönüşümü ile tanımlar. Bu dönüşümün fonksiyonel modeli,

$$(\underline{p}_i) = (\underline{r}_0) + (\underline{r}_k) + (1 + \kappa) R (\underline{r}_{ki}) \quad (27)$$

şeklinde verilmektedir.



Şekil 13. Molodensky-Badekas modeli

Burada Bursa-Wolf modeline ek olarak verilen $(\underline{r}_k)$ vektörü ikinci koordinat sisteminin başlangıç noktasıdır. R dönüklük matrisi, $R = R_1(\psi_x) \cdot R_2(\psi_y) \cdot R_3(\psi_z)$ eşitliğiyle verilir. $(\underline{r}_{ki})$ vektörü ikinci koordinat sisteminin konum vektörü farklarını gösterir. Genişletme durumunda (27) eşitliği,

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} U_k \\ V_k \\ W_k \end{bmatrix} + (1 + \kappa) \begin{bmatrix} 1 & \psi_z & -\psi_y \\ -\psi_z & 1 & \psi_x \\ \psi_y & -\psi_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_i - U_k \\ V_i - V_k \\ W_i - W_k \end{bmatrix} \quad (28)$$

şeklinde ifade edilebilir [15], [16], [17], [18], [19].

2.3.3. Veis Modeli

Veis modeli matematik olarak Molodensky modeline eşittir. d_A , d_μ ve d_v dönüklükleri, yerel jeodezik koordinat sisteminde K başlangıç noktasını gösterir. Z eksenindeki d_A azimuttaki, Y eksenindeki d_μ meridyen düzlemindeki ve X eksenindeki d_v ise ana düşey düzlemdeki dönüklük açısıdır.

İki sistem arasındaki dönüşüm eşitliğinin Veis'e göre fonksiyonel modeli (27) eşitliğindeki gibidir. R dönüklük matrisi,

$$R_v = R_3(180-\lambda_k) R_2(90-\phi_k) P_2 R_1(d_v) R_2(d_\mu) R_3(d_A) P_2 R_2(\phi_k-90) R_3(\lambda_k-180) \quad (29)$$

eşitliğiyle hesaplanır. Bu eşitlikteki (ϕ_k, λ_k) değerleri başlangıç noktasının jeodezik koordinatlarıdır ve (29) eşitliğindeki P_2 yansıma matrisi ise,

$$P_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (30)$$

şeklinde ifade edilmektedir. İlk dönüşüm grubu olarak, $R_2(\phi_k-90)$ $R_3(\lambda_k-180)$ ve P_2 formüle edildikleri ikinci koordinat sisteminden K noktasında yerel koordinat sistemde $\underline{r}_{ki}$ fark vektörünü dönüştürmek için gereklidir. Bilinmeyen parametreleri tanımlayan d_A, d_μ ve d_v 'deki $R_1(d_v)R_2(d_\mu)R_3(d_A)$ dönüklükleri sonucunda elde edilen matris,

$$R_1(d_v)R_2(d_\mu)R_3(d_A) = \begin{bmatrix} 1 & d_A & -d_\mu \\ -d_A & 1 & d_v \\ d_\mu & -d_v & 1 \end{bmatrix} \quad (31)$$

(29) eşitliğindeki ortogonal dönüşüm matrisinin en son grubu, ikinci koordinat sistemine geri dönüşte, dönüştürülmüş fark vektörü $\underline{r}_{ki}$ 'yi yöneltmek için gereklidir. (29) eşitliğinin sonuçlarının en son genişletilmesiyle R dönüklük matrisi şu şekle gelir [10], [20],[21], [22], [23], [24], [25].

$$R = \begin{bmatrix} 1 & -\sin\phi_k d_A - \cos\phi_k d_v \\ \sin\phi_k d_A + \cos\phi_k d_v & 1 \\ -\cos\phi_k \sin\lambda_k d_A - \cos\lambda_k d_\mu + \sin\phi_k \sin\lambda_k d_v & \cos\phi_k \cos\lambda_k d_A - \sin\lambda_k d_\mu - \sin\phi_k \cos\lambda_k d_v \\ \cos\phi_k \sin\lambda_k d_A + \cos\lambda_k d_\mu - \sin\phi_k \sin\lambda_k d_v & -\cos\phi_k \cos\lambda_k d_A + \sin\lambda_k d_\mu + \sin\phi_k \cos\lambda_k d_v \\ 1 \end{bmatrix} \quad (32)$$

2.4. En Küçük Kareler Yöntemi İle Dönüşüm Modellerinin Çözümü

Jeodezik çalışmalarda ölçülerin ve ölçülerden elde edilen sonuçların güvenirliliğini sağlamak ve doğruluğunu artırmak için fazla sayıda ölçü yapmak temel ilkedir. Gereğinden fazla yapılan ölçülerden tek anlamlı sonuç elde etmek için dengeleme hesabı yapılır. Dengeleme hesabının amacı; gereğinden fazla sayıda yapılmış ölçülerin hiçbirini seçip ayıklamaksızın bilinmeyen parametrelerin “kesin değer” ya da “dengeli değer” diye adlandırılan en uygun (en büyük olasılıklı) değerlerini belirlemek, ölçülerin kesin değerlerinin ya da bunların fonksiyonlarının duyarlık ve güvenirliliğini saptamaktır. Bu amaca ulaşabilmek için uygulanan ilke Gauss’un En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY) dir. EKKY diğer tahmin yöntemlerine göre daha basit, karmaşık istatistiksel bilgi gerektirmeyen bir yöntem ve sadece ölçülerin ortalaması ile varyans-kovaryansları gerekli olduğu için uygulamalarda yaygın olarak kullanılma imkanı bulmuştur [26], [27], [28].

Çeşitli şekillerde elde edilen jeodezik veriler; kaba, sistematik ve rasgele hatalarla yüklüdürler. Bu ölçüler kaba ve sistematik hatalardan çeşitli şekilde kısmen ya da tamamen arındırılabilirler fakat rasgele hatalardan arındırılmaları çok güçtür. Bu hatalar sebebiyle ölçüler aralarındaki bütünlük bozulur ve uyumsuzluklar ortaya çıkar. Ölçü kümesinin dağılımdan farklı bir dağılımda olan ölçüler uyumsuz ölçü olarak adlandırılır [29].

Fonksiyonel ve stokastik modelden oluşan dengelemenin matematik modeli,

$$\begin{aligned} \Phi_i(\ell_1 + V_1, \ell_2 + V_2, \dots, \ell_n + V_n, X_1, X_2, \dots, X_n) &= 0 && \text{Fonksiyonel model} \\ Q_{\ell\ell} = P^{-1}; \quad C_{\ell\ell} = \sigma_0^2 Q_{\ell\ell} &&& \text{Stokastik model} \end{aligned} \quad (33)$$

şeklinde yazılır. EKKY sadece doğrusal fonksiyonel modellere uygulanabilir. Bu nedenle fonksiyonel model $\underline{X}_0$ yaklaşık değerleriyle Taylor serisine açılır ve serinin ikinci ve daha üst dereceli terimleri göz ardı edilirse, Gauss-Morkoff modeli olarak adlandırılan fonksiyonel model,

$$E\{\ell\} = \underline{A}\underline{X}$$

şekline gelir. Gerçek hata yerine $\underline{V}$ düzeltmeleri yazılarak bu eşitlik doğrusallaştırılırsa ve EKKY’ne göre çözülürse

$$\underline{V} = \underline{A}\underline{X} - \underline{\ell} \quad (34)$$

$$\begin{aligned} \underline{A}^T \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \underline{A}\underline{X} - \underline{A}^T \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \underline{\ell} &= 0 \\ \underline{X} &= (\underline{A}^T \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \underline{A})^{-1} \underline{A}^T \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \underline{\ell} \end{aligned} \quad (35)$$

normal denklemler ve bilinmeyenler elde edilir. Duyarlık hesapları için birim ölçünün karesel ortalama hatası, n ölçü, u bilinmeyen sayısını ve f serbestlik derecesini göstermek üzere,

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{\underline{V}^T \underline{P} \underline{V}}{f}} \quad ; f = n - u \quad (36)$$

eşitliğiyle hesaplanır. Bu durumda kestirim parametreleri olan $\underline{X}$ bilinmeyenlerinin, $\underline{\hat{\ell}}$ ölçülerinin ve $\underline{V}$ düzeltmelerinin karesel ortalama hatası yani duyarlıkları şu şekildedir.

$$\underline{Q}_{xx} = (\underline{A}^T \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \underline{A})^{-1}, \quad m_{x_i} = \pm m_0 \sqrt{Q_{x_i x_i}} \quad (37)$$

$$\underline{Q}_{\hat{\ell}\hat{\ell}} = \underline{A} (\underline{A}^T \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \underline{A})^{-1} \underline{A}^T, \quad m_{\hat{\ell}_i} = \pm m_0 \sqrt{Q_{\hat{\ell}_i \hat{\ell}_i}} \quad (38)$$

$$\underline{Q}_{vv} = \underline{Q}_{\ell\ell} - \underline{Q}_{\hat{\ell}\hat{\ell}}, \quad m_{v_i} = \pm m_0 \sqrt{Q_{v_i v_i}} \quad (39)$$

Ayrıca $\underline{Q}_{vv}$ matrisi kullanılarak düzeltmeler için (34) eşitliğinde (35) ve (38) eşitliği yerine yazılırsa,

$$\begin{aligned} \underline{V} &= \underline{A} (\underline{A}^T \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \underline{A})^{-1} \underline{A}^T \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \underline{\ell} - \underline{\ell} = \underline{Q}_{\hat{\ell}\hat{\ell}} \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \underline{\ell} - \underline{Q}_{\ell\ell} \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \underline{\ell} \\ \underline{V} &= (\underline{Q}_{\hat{\ell}\hat{\ell}} - \underline{Q}_{\ell\ell}) \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \underline{\ell} = -\underline{Q}_{vv} \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \underline{\ell} = -\underline{Q}_{vv} \underline{P} \underline{\ell} \end{aligned} \quad (40)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlik ölçülerin düzeltmelere olan etkilerini açıklamaktadır. $\underline{V}$ düzeltmeleri rastlantı hataları yanında matematiksel model için ölçütlerinin özelliklerini yansıtan gerçek ile farkları gösterir. Bu anlamda $\underline{V}$ vektörüne ölçü düzeltmeleri yerine dengeleme artıkları (residual) denir. $\underline{V}$ vektörü özel test yöntemleriyle analiz edilerek ölçüler hakkında bilgiler alınabilir ve uyumsuz ölçüler belirlenebilir.

Koordinat sistemleri arasında dönüşüm için kullanılan yöntemlerde ölçü sayısı bilinmeyen sayısından fazla olduğu durumlarda dönüşüm parametrelerinin çözümü EKKY'ne göre yapılabilir [30], [31].

• Bursa-Wolf Modeli

Bursa-Wolf dönüşüm modelinde (26) eşitliğine göre yazılan fonksiyonel modelin genel gösterimi,

$$F_{(\underline{X}, \underline{\ell})} = 0 \quad (41)$$

şeklindedir. Burada, $\underline{X}$ ölçek ve yöneltme bilinmeyen parametrelerini, $\underline{\ell}$ ise ortak noktaların koordinatları olan gözlemleri gösterir. Doğrusal olmayan (26) eşitliği doğrusallaştırılırsa matris gösterimi ile şu şekle gelir.

$$\underline{A}\underline{X} + \underline{B}\underline{V} + \underline{W}^0 = 0 \quad (42)$$

Bu eşitlikte $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ tasarım (katsayılar) matrisleri, $\underline{X}$ bilinmeyen parametrelerin tahmin değerleri, $\underline{V}$ gözlemlerin düzeltmeleri ve $\underline{W}^0$ ise kapanma artıkları şu şekilde hesaplanır.

$$\underline{A}_i = \frac{\partial F_i}{\partial \underline{X}|_{\underline{X}^0, \underline{\ell}}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -(W_i + \kappa^0 W_i) & (V_i + \kappa^0 V_i) & (X_i + \varepsilon_z^0 V_i - \varepsilon_y^0 W_i) \\ 0 & 1 & 0 & (W_i + \kappa^0 W_i) & 0 & -(U_i + \kappa^0 U_i) & (Y_i + \varepsilon_x^0 W_i - \varepsilon_z^0 U_i) \\ 0 & 0 & 1 & -(V_i + \kappa^0 V_i) & (U_i + \kappa^0 U_i) & 0 & (Z_i + \varepsilon_y^0 U_i - \varepsilon_x^0 V_i) \end{bmatrix}$$

$$\underline{B}_i = \frac{\partial F_i}{\partial \underline{\ell}|_{\underline{X}^0, \underline{\ell}}} = \begin{bmatrix} (1 + \kappa^0) & (\varepsilon_z^0 + \kappa^0 \varepsilon_z^0) & (\varepsilon_y^0 + \kappa^0 \varepsilon_y^0) & -1 & 0 & 0 \\ -(\varepsilon_z^0 + \kappa^0 \varepsilon_z^0) & (1 + \kappa^0) & -(\varepsilon_x^0 + \kappa^0 \varepsilon_x^0) & 0 & -1 & 0 \\ -(\varepsilon_y^0 + \kappa^0 \varepsilon_y^0) & (\varepsilon_x^0 + \kappa^0 \varepsilon_x^0) & (1 + \kappa^0) & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Çözüm için $(\underline{X}^0)^T = [X_0^0, Y_0^0, Z_0^0, \varepsilon_x^0, \varepsilon_y^0, \varepsilon_z^0, \kappa^0] = 0$ kabulü yapılırsa $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ matrisleri ve kapanma hataları vektörü $W_i^0 = F(\underline{X}^0, \underline{\ell})$,

$$A_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -W_i & V_i & U_i \\ 0 & 1 & 0 & W_i & 0 & -U_i & V_i \\ 0 & 0 & 1 & -V_i & U_i & 0 & W_i \end{bmatrix} \quad (43)$$

$$B_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (44)$$

$$W_i^0 = \begin{bmatrix} U_i - X_i \\ V_i - Y_i \\ W_i - Z_i \end{bmatrix} \quad (45)$$

olarak elde edilir. Bu çözümde her iki sistemdeki koordinatlar gözlem olarak alınır ve fonksiyonel modelin çözümü şu şekilde yapılır.

$$\begin{aligned} \underline{X} &= -\left(\underline{A}^T (\underline{BQ} \underline{B}^T)^{-1} \underline{A}\right)^{-1} (\underline{BQ} \underline{B}^T)^{-1} \underline{W}^0 \\ \underline{V} &= \underline{Q}_{\ell\ell} \underline{B}^T \underline{k} \\ \underline{Q}_{xx} &= \left(\underline{A}^T (\underline{BQ} \underline{B}^T)^{-1} \underline{A}\right)^{-1} \\ \underline{Q}_{vv} &= \underline{Q}_{\ell\ell} \underline{B}^T \left((\underline{BQ} \underline{B}^T)^{-1} - (\underline{BQ} \underline{B}^T)^{-1} \underline{A} \left(\underline{A}^T (\underline{BQ} \underline{B}^T)^{-1} \underline{A}\right)^{-1} \underline{A}^T (\underline{BQ} \underline{B}^T)^{-1} \right) \underline{BQ}_{\ell\ell} \\ \underline{Q}_{\ell\ell} &= \left(\underline{Q}_{\ell\ell} - \underline{Q}_{\ell\ell} \underline{B}^T \left((\underline{BQ} \underline{B}^T)^{-1} - (\underline{BQ} \underline{B}^T)^{-1} \underline{A} \left(\underline{A}^T (\underline{BQ} \underline{B}^T)^{-1} \underline{A}\right)^{-1} \underline{A}^T (\underline{BQ} \underline{B}^T)^{-1} \right) \underline{BQ}_{\ell\ell} \right) \end{aligned} \quad (46)$$

• Molodensky-Badekas Modeli

Molodensky-Badekas modelinin fonksiyonel modelini gösteren (27) eşitliğinden EKKY ile çözüm elde edilebilir. Bu çözüm vektörü, 7 parametre (3 öteleme, 3 dönüklük ve 1 ölçek faktörü), koordinat farklarını ve gözlenen koordinatların düzeltmelerini içeren düzeltme vektörünü verir. Bursa-Wolf modelindeki gibi $\underline{A}$, $\underline{B}$ tasarım matrisleri ve $\underline{W}^0$ kapanma artıkları vektörü elemanları şu şekilde verilir.

$$A_i = \frac{\partial F_i}{\partial \underline{X}|_{X^0, \ell}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -W_{ki} & V_{ki} & U_{ki} \\ 0 & 1 & 0 & W_{ki} & 0 & -U_{ki} & V_{ki} \\ 0 & 0 & 1 & -V_{ki} & U_{ki} & 0 & W_{ki} \end{bmatrix} \quad (47)$$

$$B_i = \frac{\partial F_i}{\partial \ell|_{X^0, \ell}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (48)$$

$$W_i^0 = F_i(X^0, \ell) = \begin{bmatrix} U_k + U_{ki} - X_i \\ V_k + V_{ki} - Y_i \\ W_k + W_{ki} - Z_i \end{bmatrix} \quad (49)$$

Burada da çözüm için $(X^0)^T = [X_0^0, Y_0^0, Z_0^0, \psi_x^0, \psi_y^0, \psi_z^0, \kappa^0] = 0$ kabulü yapılabilir. Fonksiyonel modelin çözümü için (46) eşitliği kullanılır. Bu modelde koordinat değerleri ötelemeyle elde edilmiştir. Bu değerler ötelenmiş değerler olduğu için daha küçük sayılar olarak karşımıza çıkar.

Bu modelde de, Bursa-Wolf modelinde olduğu gibi ortak noktalarının koordinatları gözlem olarak kullanılır. Bu nedenle koordinatların sistematik hatalardan arındırılmış olması gerekir. [18].

• Veis Modeli

Veis modelinin çözümü Molodesky-Badekas modeliyle aynıdır. B tasarım matrisi ve W⁰ kapanma hatası vektörü (48) ve (49) eşitliğiyle aynıdır. A tasarım matrisi ise şu şekildedir.

$$A_i = \frac{\partial F}{\partial X_{X^0, \ell}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -\text{Sin} \varphi_k V_{ki} + \text{Cos} \varphi_k \text{Sin} \lambda_k W_{ki} & \text{Cos} \lambda_k W_{ki} \\ 0 & 1 & 0 & \text{Sin} \varphi_k U_{ki} - \text{Cos} \varphi_k \text{Cos} \lambda_k W_{ki} & \text{Sin} \lambda_k W_{ki} \\ 0 & 0 & 1 & -\text{Cos} \varphi_k \text{Sin} \lambda_k U_{ki} + \text{Cos} \varphi_k \text{Cos} \lambda_k V_{ki} & -\text{Cos} \lambda_k U_{ki} - \text{Sin} \lambda_k V_{ki} \\ & & & -\text{Cos} \varphi_k V_{ki} - \text{Sin} \varphi_k \text{Sin} \lambda_k W_{ki} & U_{ki} \\ & & & \text{Cos} \varphi_k U_{ki} + \text{Sin} \varphi_k \text{Cos} \lambda_k W_{ki} & V_{ki} \\ & & & \text{Sin} \varphi_k \text{Sin} \lambda_k U_{ki} - \text{Sin} \varphi_k \text{Cos} \lambda_k V_{ki} & W_{ki} \end{bmatrix} \quad (50)$$

Burada, $(X^0)^T = [X_0^0, Y_0^0, Z_0^0, d_A, d_\mu, d_\nu, \kappa] = 0$ yaklaşımı kullanılarak çözüm yapılır.

Molodensky dönüklükleri Veis modelinden türetilir. Bu nedenle iki modelin sonuçları için yapılan yorumlar ortaktır. İki modelin dönüklükleri arasındaki fonksiyonel ilişkiler,

$$\begin{aligned}
\psi_x &= -\cos\varphi_k \cos\lambda_k d_A + \sin\lambda_k d_\mu + \sin\varphi_k \cos\lambda_k d_v \\
\psi_y &= -\cos\varphi_k \sin\lambda_k d_A - \cos\lambda_k d_\mu + \sin\varphi_k \sin\lambda_k d_v \\
\psi_z &= -\sin\varphi_k d_A - \cos\varphi_k d_v
\end{aligned} \tag{51}$$

eşitlikleriyle verilir. Yukarıdaki eşitliklerin tersi durumunda, Molodensky-Badekas parametrelerinden Veis dönüklüklerine geçiş,

$$\begin{aligned}
d_A &= -\cos\lambda_k \cos\varphi_k \psi_x - \sin\lambda_k \cos\varphi_k \psi_y - \sin\varphi_k \psi_z \\
d_\mu &= \sin\lambda_k \psi_x - \cos\lambda_k \psi_y \\
d_v &= -\cos\lambda_k \sin\varphi_k \psi_x - \sin\lambda_k \cos\varphi_k \psi_y - \cos\varphi_k \psi_z
\end{aligned} \tag{52}$$

eşitlikleriyle sağlanır. Bu modelde de fonksiyonel modelin çözümü için (46) eşitliği kullanılır [20], [22], [23], [24], [25].

2.5. Model Hataları ve Model Hipotezinin Testi

Yapılan dengeleme hesabının geçerliliği (34) eşitliğinde başlangıç hipotezinin tam ve doğru olarak gerçekleşmesine bağlıdır. Bu nedenle her dengeleme işleminden sonra model hipotezi testi yapılır ve varsa model hataları giderilerek dengeleme işlemi yenilenir.

Model hipotezinin testi için, aynı koşullarda yapılan benzer türde ölçülerin değerlendirilmesi sonucunda dengelemeden önce elde edilen ve gözlemlerin ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan birim ölçünün karesel ortalama hatasının öncül değeri σ_0 ve dengeleme hesabı sonucunda hesaplanan birim ölçünün karesel ortalama hatası m_0 kullanılır. Bu iki değer, kuramsal standart sapma σ 'nın uygulamada elde edilen değerleridir. Uygulamada Global Test olarak da adlandırılan model hipotezinin testi için dengeleme öncesi varyans σ_0^2 ile dengeleme sonrası bulunan varyans m_0^2 karşılaştırılır. Model hipotezinin testi için hipotez olarak matematiksel modelin geometrik ve fiziksel ilişkileri ve ölçülerin stokastik özelliklerini doğru ve noksansız bir biçimde tanımladığı ileri sürülür ve

$$\begin{aligned} H_0 : E\{\sigma_0^2\} &= E\{m_0^2\} = \sigma \\ H_s : E\{\sigma_0^2\} &\neq E\{m_0^2\} \end{aligned} \quad (53)$$

şeklinde sıfır ve seçenek hipotezi kurulur. H_0 hipotezinin geçerliliğinin tespiti için ilgili dağılımdan hesaplanan sınır değerlerle karşılaştırmak için T test büyüklüğü hesaplanır.

$$T = \frac{m_0^2}{\sigma_0^2} = \frac{\mathbf{V}^T \mathbf{P} \mathbf{V}}{f \sigma_0^2} \approx F_{f, \infty} ; T > 0 \quad (54)$$

koşulu ile hesaplanır. İstatistiksel bir büyüklük olan T değeri $F_{f, \infty} = \chi_f^2 / f$ Fisher dağılımındadır. Test büyüklüğü, serbestlik dereceleri f ve ∞ ile tablodan alınan q değeri ile karşılaştırılır. Buna göre,

$T \leq q$ durumunda H_0 hipotezi geçerlidir yani dengeleme için kurulan matematik model, ölçülerle bilinmeyenler arasındaki geometrik ve fiziksel ilişkileri ve ölçülerin duyarlılıkları ile aralarındaki korelasyonu yeterince sağlamaktadır

$T \geq q$ durumunda H_s hipotezi geçerlidir yani dengeleme için kurulan matematik model geçerli değildir. Matematik modelin geçersizliğine, ölçülerden biri veya birkaçında kaba hata olması, ölçülerin ağırlıklarının iyi belirlenmemiş (stokastik modelin doğru kurulmamış) olması ya da ölçülerle bilinmeyenler arasındaki geometrik ve fiziksel ilişkinin iyi belirlenmemiş (fonksiyonel modelin doğru kurulmamış) olması neden olur.

2.5.1. Fonksiyonel Modelin Testi

Matematik modelin ölçülerle bilinmeyenler arasındaki geometrik ve fiziksel ilişkilerini tanımlayan fonksiyonel model çok dikkatli bir şekilde kurulmalıdır. Ölçülerdeki $\nabla \ell$ sistematik hatasının varlığı ancak fonksiyonel modelin testi ile anlaşılabilir.

EEKY ile $\underline{\mathbf{V}}^T \mathbf{P} \mathbf{V} = \min$ amaç fonksiyonu ile çözüm yapılır. Bu çözümde amaç fonksiyonu yeterince sağlanamıyorsa ölçülerdeki sistematik hatalardan şüphelenilir, veya olabilecek sistematik hataların sonuçlara etkileri araştırılmak istenebilir. Bu inceleme için genişletilmiş model ile doğrusal hipotez testlerine göre çözüm yapılır. Doğrusal hipotez testlerine göre çözümde, (34) eşitliğiyle verilen fonksiyonel model, gerçek durumu daha iyi yansıtacağı varsayılan,

$$E\{\underline{\ell}\} = \underline{A}\underline{X} + \underline{G}\underline{y} \quad (55)$$

şeklinde genişletilir. $\underline{y}$ bilinmeyenleri elektronik aletle ölçülen uzunluklar için ölçek katsayısı, çekül bilinmeyenleri, refraksiyon katsayısı veya kaba hatalı ölçü olabilir. Bu durumda kurulacak sıfır ve seçenek hipotezi,

$$\begin{aligned} H_0 : [0 \quad \underline{E}] \begin{bmatrix} \underline{X} \\ \underline{y} \end{bmatrix} &= \underline{y} = 0 \\ H_s : [0 \quad \underline{E}] \begin{bmatrix} \underline{X} \\ \underline{y} \end{bmatrix} &= \underline{y} \neq 0 \end{aligned} \quad (56)$$

şeklinde kurulur. Doğrusal hipotez testine göre çözümde, R artık büyüklüğü,

$$R = \underline{y}^T \underline{Q}_{yy}^{-1} \underline{y} \quad (57)$$

eşitliğiyle hesaplanır. $\underline{V}$ düzeltmeleri ve $\underline{Q}_{vv}$ düzeltmelerin ağırlık katsayıları matrisi dikkate alınarak $\underline{y}$ bilinmeyenleri ve $\underline{Q}_{yy}$ ağırlık katsayıları matrisi,

$$\begin{aligned} \underline{Q}_{yy} &= (\underline{G}^T \underline{P} \underline{Q}_{vv} \underline{P} \underline{G})^{-1} \\ \underline{y} &= -\underline{Q}_{yy} \underline{G}^T \underline{P} \underline{V} \end{aligned} \quad (58)$$

şeklindedir. İlk fonksiyonel modelin serbestlik derecesi; $f_1 = n - u$ ve $\Omega_0 = \underline{V}^T \underline{P} \underline{V}$ olarak alınır. Soncul varyans değeri $m_0^2 = \Omega_0 / f_1$ 'dir. $\underline{y}$ vektöründeki bilinmeyen sayısı h olmak üzere, genişletilmiş fonksiyonel modelin serbestlik derecesi; $f_2 = f_1 - h$ soncul varyans m_g^2 değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$m_g^2 = \frac{\underline{V}_g^T \underline{P} \underline{V}_g}{n - u - h} = \frac{\Omega_g}{f_2}$$

R artık büyüklüğünün hesabı için (58) eşitlikleri (57)'de yerine yazılırsa,

$$\begin{aligned} R &= \underline{y}^T \underline{Q}_{yy} \underline{y} = \underline{V}^T \underline{P} \underline{G} \underline{Q}_{yy} \underline{G}^T \underline{P} \underline{V} \\ R &= \Omega_0 - \Omega_g \end{aligned} \quad (59)$$

eşitliği elde edilir. Genişletilmiş fonksiyonel modelde sıfır hipotezi geçerli ise Ω_0 değeri doğrusal hipotez testi ile bulunan değere eşittir. Kuramsal ve deneysel değerlerinin karşılaştırılmasında kullanılan χ^2 -dağılımındaki test büyüklüğünün hesabı için,

$$T = \frac{R/h}{\Omega_g/f_2} = \frac{R}{hm_g^2} \quad (60)$$

eşitliği yazılabilir. m_g^2 varyansı yerine m_0^2 varyansı kullanılırsa bu eşitlik,

$$T = \sqrt{\frac{R}{hm_0^2}}$$

şekline gelir ve Tau- dağılımına uyar.

Fonksiyonel modelin genişletilmesiyle düzeltme değerleri küçülür fakat bilinmeyenler çoğalır. Bu durumda dengelemenin fazla ölçü sayısı yani serbestlik derecesi azalır. Bu nedenle sistematik hata olarak tahmin edilen bilinmeyenler önceden çeşitli şekillerde belirlenmeye çalışılır. Daha sonra indirgenmiş ölçülerle dengeleme hesabı gerçekleştirilir [32].

2.5.2. Stokastik Modelin Testi

Kurulan stokastik modelin anlamlı olması için; dengeleme öncesi ölçülerdeki tüm kaba ve sistematik hatalar elimine edilmeli, fonksiyonel modelin test edilmiş olması gerekir. Yapılan dengeleme hesabında kullanılan ölçülerde kaba hata olup olmadığını ya da ölçülerin ağırlıklarının iyi belirlenip belirlenemediğini test etmek için birkaç farklı kriter kullanılabilir.

Model hataları testi için kullanılan global test burada uygulanır. Seçenek hipotezinin geçerli çıkması durumunda uyumsuz ölçüler testi yapılarak uyumsuz ölçüler belirlenir.

Bu çözümde uyşumsuz çıkan ölçü ölçme planından çıkarılır ve her adımda yeni bir ölçü grubu oluşur. Bu işleme uyşumsuz ölçü kalmayınca kadar devam edilir. Stokastik modelin testi için kullanılan bir diğer yöntem, ölçüler ve fonksiyonel model sabit tutularak stokastik modelin değiştirilmesidir. Bu çözümde, ağırlık matrisi yeniden hesaplanarak dengeleme işlemleri yenilenir. Bu işlem çalışmanın amacına göre iteratif olarak tekrarlanır [33].

2.6. Uyşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi

Yapılan ölçülerde çeşitli hatalar sonucunda kaba veya uyşumsuz ölçüler oluşabilir. Bu hatalara örnek okuma-yazma hatası, yanlış hedefe bakılması, indirgeme de hata yapılması, vb. verilebilir. Kaba hatalar dengeleme modelinin düzeltme denklemleri kurulurken belirlenip ayıklanabilirler. Her uyşumsuz ölçü kaba hatalı demek değildir. Örneğin çevre koşullarının değişmesi, gözlemcinin yorulması ve dikkatinin azalması, yuvarlatma yapma, ideal parametrik modelden sapmalar vb. nedenlerle ölçülerin bir kısmı diğer ölçülerden ayrı özellik gösterebilir ve kurulan matematik modele uymayabilir. Rasgele ölçü hatalarına çok yakın büyüklükteki böylesi hatalar, ancak dengeleme hesabı sonucunda uygulanan uyşumsuz ölçülerin testi ile belirlenebilir. Buna göre uyşumsuz ölçüleri, çeşitli amaçlarla yapılan ölçüler arasında ölçü kümesinin dağılımına uymayan ölçüler olarak tanımlayabiliriz.

Uyşumsuzların belirlenmesinde hız ve güvenilirlik için ihtiyaç duyulan şey bulunan uyşumsuzlukların ele alınma şeklidir. İlke olarak bu ölçüler ayrı incelenmelidir. Uyşumsuz ölçülerin tümü kaba hatalardan kaynaklanan kötü veriler değildir, bazı durumlarda bu ölçüler veri grubu için çok önemli olabilir. Kaba hatalar bazı durumlarda ölçü grubunun kaynağına geri dönülerek düzeltilebilir. Buna örnek olarak iki değer yanlılıkla yer değiştirmesi verilebilir. Uyşumsuz ölçüleri güvenilir ve hızlı bir şekilde belirlemedeki davranış şekli de bir sorudur. Kaba hataların sadece sıklığı ve boyutları, verilerin güvenilirliği ile ilgili bilgilerden değerlendirilebilir. Model iyi kurulmuşsa ve verilerin çoğunluk eğilimi ile ilgileniliyorsa ayrıca değerlendirilme yapılmadan uyşumsuz ölçüler direk veri grubundan çıkarılabilir. Bu durum uyşumsuz ölçülerin içerebileceği bilgilerden vazgeçilmesi sonucunu doğurur [34].

Uyşumsuz ölçülerin belirlenmesi için bugüne kadar birkaç yaklaşım kullanılmıştır. Uzun yıllardır jeodezik çalışmalarda çok yaygın bir şekilde kullanılan yöntem EKKY'ne

dayalı geleneksel uyuşumsuz ölçü test yöntemidir. Bu yöntemin bazı dezavantajları nedeniyle son yıllarda robust kestirim yöntemi ile uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi çalışmaları başlamıştır. Son olarak da fuzzy mantık ve küme teorisi ile uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi fikri ortaya çıkmıştır ve çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

EKKY ile geleneksel çözüm yöntemleri, jeodezide yaygın olarak kullanılan parametrik bir yöntemdir. Uygulamalı bilimlerde bu yöntemin tercih edilme nedenleri, basit olması, kurulan fonksiyonel ve stokastik modelin başlangıçtan sona kadar değişmez olmasıdır. Aynı zamanda en küçük kareler yöntemiyle kestirimde de algoritma çok basit ve anlaşılırdır.

EKKY kullanılırken bütün kaba ve sistematik hatalar veri grubundan çıkarıldığı ve sadece rasgele hataları içeren veriler normal dağılıma uyduğu kabulleri yapılmaktadır. Gerçek ölçülerden bu kabulleri sağlayan durumu elde etmek çok zordur. Bu yöntemin “bütün gözlemler arasından ayıklanabilir kaba hatalı gözlemlerin olasılığının sınır değerini gösteren değer” anlamına gelen kırılma noktası çok küçüktür. EKKY’nin kırılma noktası n ölçü sayısını göstermek üzere $1/n$ eşitliğiyle verilir. Bu değer EKKY ile kestirimin kaba hatalı gözlemlerin ayıklanmasına karşı duyarlıklı bir yöntem olmadığını, çok az sayıdaki kaba hatalı gözlemlerle bile sağlıklı sonuçlar veremeyeceğini gösterir. EKKY ile çözümde kurulan matematik model gereği; bir gözlemdeki hatayı diğer gözlemlere de yaymaktadır. Bu durumda çözüm sonucunda kaba hatalı olmayan bir gözlem diğer gözlemlerin etkisiyle kaba hatalı yani uyuşumsuz çıkabileceği gibi, kaba hatalı bir gözlem de kaba hatasız yani uyuşumlu iyi bir gözlem olarak görülebilir. Uyuşumsuz gözlemlerin belirlenmesiyle ilgili istatistikte ana hedef uyuşumsuz gözlemlerin diğer gözlemler arasında olabildiğince doğru bir yaklaşımla belirlenebilmesidir [35].

Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi ve ayıklanmasında alternatif bir yöntem robust (sağlam) istatistik ve robust kestirim yöntemidir. Robust kestirim, ölçülerin dağılım fonksiyonlarındaki küçük değişimlerden ve kaba hatalardan etkilenmeyen yaklaşık parametrik bir yöntemdir. Robust istatistik ilk olarak Huber tarafından 1964’de açıklanmıştır. Daha sonra bir çok araştırmacının çalışmalarıyla çeşitli yöntem ve kestiriciler geliştirilmiştir. Bu istatistik yöntemi ölçülerdeki kaba hataların varlığı ve bu kaba hataların belirlenmesi gerekliliği nedenleriyle geliştirilmiş ve kullanılmaktadır.

1965 yılında Zadeh ilk olarak belirsizliğin tanımlanması için fuzzy mantık yönteminin kullanılabileceğini açıklamıştır. Fuzzy mantık tabanlı fuzzy küme teorisi, tanımlanması güç veya anlamı zor belirsizliklere üyelik derecesi atayarak onları

açıklamaya çalışır. Fuzzy küme teorisi ile uyumsuz ölçülerin belirlenmesinde, ölçünün duyarlılığı ve diğer ölçülere göre ölçme planındaki yeri de göz önüne alınarak etkileri derecelendirilir ve uyumsuz ölçüler belirlenmeye çalışılır. Bu yöntem EKKY tabanlı parametrik bir yöntemdir fakat verilerin içerdiği bilgiyi incelemeye izin veren bir yapısı vardır.

2.6.1. Geleneksel Çözüm Yöntemleri

İstatistikte parametrik modellerin kullanımı oldukça basittir. Bunun nedeni nitelik bilgileri ve oldukça az sayıda gözlemle veri grubunun tamamının yaklaşık tarifinin sağlanabilmesidir. Ayrıca parametre değerleri ile birlikte gözlenen verilerin genelleştirilmesi ve diğer gözlemlerin stokastik modelini kolayca tarif edebilmeyi ve tamamlamayı sağlar. Veri yoğunlaştırılması ya da azaltılması olarak adlandırılan istatistiğin ana amaçlarından birini yerine getirir ve tüm veri grubunun tamamen tarifinde muhtemel teori metotlarının uygulanmasına izin verir [36].

Yalnızca gerçeğe bir yaklaşım olan parametrik model, normal dağılımdaki verilerin analizi için belirlenecek sınırlar hakkında bilgi verir fakat verilerin bu sınırlara ne kadar uzak olduğu ya da tahminlerin başarısı konusunda bilgi vermez.

Parametrik modellerde sapmalar 4 ana grupta toplanabilir.

- i. Kaba hataların varlığı : Kaba hatalar bazı değerlerin yanlış olduğu durumdur. Buna örnek olarak yanlış kopyalama ve hesap hataları verilebilir. Verilerdeki etkileri rasgele hataların sebep olduğundan daha büyüktür ve bu nedenle sonuçta uyumsuz değer olarak alınırlar. Bazı kaba hatalar iyi veriler arasına saklanabilir ve zararsız olabilirler. Bir diğer şekilde, uyumsuzluklar geçici olaylara neden olabilir ve verilerin hepsi aynı modele uymayabilir. Uyumsuz ölçülerin en belirli olanı ve en çok tartışılanı parametrik modellerden sapmalardır. Bu durumda, yüzdesi az olan ve oldukça yaygın olan büyük ve dikkate alınmamış hataların sonuçları ve istatistiksel analizi tamamen bozabileceği dikkate alınmalıdır.
- ii. Gruplama ve yuvarlama : Bütün veriler sadece sınırlı duyarlıktadır. Bu nedenle, veriler kabaca sınıflandırılır, gruplanır ve yuvarlanır. Aynı zamanda ölçümden kaynaklanan küçük sistematik fakat yerel olarak etkin hatalar da olabilir. Bu hatalar

göz ardı edilebilir fakat unutulmamalıdır. Bu hataların önemli rol oynadığı birçok durum vardır ve çok kaba sınıflandırılmışlardır.

- iii. Her durumda yaklaşıklıklar için model tasarlamak: Büyük hata içermedikleri bilinen oldukça yüksek duyarlılıktaki geniş veri grupları hala normal dağılıma tam olarak uymaz. Bu şekildeki veri gruplarının dağılımı normal dağılımdan daha uzun kuyrukludur.
- iv. Bağımsız tahminlerin ya da özel korelasyon yapılarını yaklaşık olarak gerçekleştirmek : Çok az bilinen bu problem bağımsız tahminlerin bozulması ya da kuşku duyulmayan seri korelasyonlara karşı sağlamlıktır [30].

Jeodezik çalışmalar için yapılan ölçülerin değerlendirilmesinde kaba hataların ve uyuşumsuz ölçülerin tespiti güvenilirlik ve kalite açısından önemlidir. Ölçüler ne kadar dikkatli yapılırsa yapılsın uyuşumsuzluklar içermesi kaçınılmazdır. Jeodezik çalışmalarda uzun yıllardır EKKY ile çözüme dayalı Uyuşumsuz ölçüler testi kullanılmaktadır.

Geleneksel çözüm yöntemlerinde uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi işleminde her işlem adımında sadece bir uyuşumsuz (düzeltmesi en büyük) ölçü belirlenebilir. Ölçü kümesinden bu ölçü çıkarılır ve dengeleme işlemi tekrarlanır. Sonuçlara uyuşumsuz ölçüler testi uygulanır. Bu işlem uyuşumsuz ölçü kalmayınca kadar devam eder. Bu işlemin dezavantajlarından biri uyuşumsuz ölçülerin düzeltmelerin tümünü bozmasıdır. Tek bir uyuşumsuz ölçü bile dengeleme sonucunda elde edilen değerleri bozmuş olabilir ve bozulma miktarı belirlenemez.

Kaba hatalı olmayan jeodezik ölçüler kümesi normal dağılımdadır. Herhangi bir ℓ_i ölçüsü normal dağılıma uymuyorsa $\nabla \ell_i$ kadar bir kaba hata içeriyor demektir. (40) eşitliğinden de anlaşılabileceği gibi herhangi bir ℓ_i ölçüsündeki $\nabla \ell_i$ hatası düzeltmeler vektörü $\underline{V}$ 'yi etkiler.

Model hipotezi testine göre H_S seçenek hipotezi geçerli çıkarsa $\nabla \ell$ kaba hatasının belirlenmesinin pratik yolu, $\underline{V}$ düzeltme vektörünün bir boyutlu test istatistiğine göre istatistiksel irdelenmesidir. Bu durumda sadece bir ölçüde $\nabla \ell$ kadar bir hata olduğu yaklaşımı kabul edilerek çözüm yoluna gidilir.

(34) eşitliğine göre kurulan dengelemenin fonksiyonel modelinde $\underline{e}^T = [0 \ 0 \ \dots \ 1 \ \dots \ 0 \ 0]$ olmak üzere ölçüler vektörü $\underline{\ell}' = \underline{\ell} + \underline{e} \nabla \ell$ olarak yazılırsa,

$$\underline{V} = \underline{A}\underline{X} - \underline{\ell} = \underline{A}\underline{X} - \underline{\ell}' + \underline{e}\nabla\ell = \begin{bmatrix} \underline{A} & \underline{e} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{X} \\ \nabla\ell \end{bmatrix} - \underline{\ell}' ; \quad \underline{P} = \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \quad (61)$$

eşitliği elde edilir. Buradan EKKY'ne göre $\underline{V}^T \underline{P} \underline{V} = \min.$ amaç fonksiyonuna göre normal denklemler,

$$\begin{bmatrix} \underline{A}^T \underline{P} \underline{A} & \underline{A}^T \underline{P} \underline{e} \\ \underline{e}^T \underline{P} \underline{A} & \underline{e}^T \underline{P} \underline{e} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{\bar{X}} \\ \nabla\ell \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \underline{A}^T \underline{P} \underline{\ell}' \\ \underline{e}^T \underline{P} \underline{\ell}' \end{bmatrix} = 0 \quad (62)$$

eşitliğiyle bulunabilir. Normal denklemlerin matrislerinden çözüm vektörü,

$$\begin{bmatrix} \underline{X} \\ \nabla\ell \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{A}^T \underline{P} \underline{A} & \underline{A}^T \underline{P} \underline{e} \\ \underline{e}^T \underline{P} \underline{A} & \underline{e}^T \underline{P} \underline{e} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \underline{A}^T \underline{P} \underline{\ell}' \\ \underline{e}^T \underline{P} \underline{\ell}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{Q}_{xx} & \underline{Q}_{xv_t} \\ \underline{Q}_{v_t x} & \underline{Q}_{v_t v_t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{A}^T \underline{P} \underline{\ell}' \\ \underline{e}^T \underline{P} \underline{\ell}' \end{bmatrix}$$

eşitliğiyle elde edilir. Bu eşitlik Gauss Algoritmasına göre indirgenir, (37) ve (38) eşitliklerine göre kısaltmalar yapılırsa,

$$\underline{Q}_{xx} = (\underline{A}^T \underline{P} \underline{A})^{-1} + \frac{\underline{Q}_{xx} \underline{A}^T \underline{P} \underline{e} \underline{e}^T \underline{P} \underline{A} \underline{Q}_{xx}}{\underline{e}^T \underline{P} \underline{Q}_{vv} \underline{P} \underline{e}} \quad (63)$$

$$\underline{Q}_{v_t v_t} = \frac{1}{\underline{e}^T \underline{P} \underline{Q}_{vv} \underline{P} \underline{e}} \quad (64)$$

şekline gelir. Yine bu indirgemenin i ölçüsündeki kaba hata, genişletilmiş modelin $\underline{\bar{X}}$ bilinmeyenleri ve $\underline{\bar{V}}$ düzeltmeleri,

$$\begin{aligned} \nabla\ell_i &= \frac{\underline{e}_i^T \underline{P} \underline{Q}_{vv} \underline{P} \underline{\ell}'}{\underline{e}_i^T \underline{P} \underline{Q}_{vv} \underline{P} \underline{e}_i} = \frac{\underline{e}_i^T \underline{P} \underline{V}}{\underline{e}_i^T \underline{P} \underline{Q}_{vv} \underline{P} \underline{e}_i} \\ \underline{\bar{X}} &= (\underline{A}^T \underline{P} \underline{A})^{-1} \underline{A}^T \underline{P} \underline{\ell}' + \underline{Q}_{xx} \underline{A}^T \underline{P} \underline{e}_i \nabla\ell_i = \underline{X} + \underline{Q}_{xx} \underline{A}^T \underline{P} \underline{e}_i \nabla\ell_i \\ \underline{\bar{V}} &= -\underline{Q}_{vv} \underline{P} (\underline{\ell}' - \underline{e}_i \nabla\ell_i) = -\underline{Q}_{vv} \underline{P} \underline{\ell}' + \underline{Q}_{vv} \underline{P} \underline{e}_i \nabla\ell_i = \underline{V} + \nabla\ell_i \underline{V} \end{aligned} \quad (65)$$

şeklinde yazılabilir. Düzeltmelerin EKKY ile çözüm göz önüne alınarak ağırlıklı kareleri toplamı,

$$\begin{aligned}\Omega_1 &= \underline{V}^T \underline{P} \underline{V} \quad , \quad \Omega_0 = \Omega_1 + \Delta\Omega \\ \Delta\Omega &= \underline{V}^T \underline{P} \underline{e}_i \left(\underline{e}_i^T \underline{P} \underline{Q}_{VV} \underline{P} \underline{e}_i \right) \underline{e}_i^T \underline{P} \underline{V} \\ \Delta\Omega &= \frac{V_i^2}{q_{V_i V_i}} = \frac{\nabla \ell_i^2}{q_{\nabla \ell_i \nabla \ell_i}}\end{aligned}\tag{66}$$

yaklaşımıyla yazılabilir. (66) eşitliğine göre genişletilmiş modelde birim ölçünün karesel ortalama hatası,

$$\overline{m}_{01} = \pm \sqrt{\frac{\overline{\underline{V}}^T \underline{P} \overline{\underline{V}}}{n - u - 1}} = \pm \sqrt{\frac{1}{f - 1} \left(fm_0^2 - \frac{\nabla \ell_i^2}{q_{\nabla \ell_i \nabla \ell_i}} \right)}\tag{67}$$

yeni bir dengeleme yapılmadan hesaplanabilir [27], [28].

Ölçü kümesindeki hatanın bir kaba hata mı, yoksa rasgele bir büyüklük mü olduğu ayrımını yapmak için istatistiksel testler kullanılır. EKKY'nin teorisi ölçülerin ve hataların normal dağılımda olması üzerine kuruludur. Bu nedenle ölçü kümesindeki hatalar EKKY ile hesaplanan parametreleri etkiler. EKKY tabanlı test yöntemlerinde de aynı durum söz konusudur. EKKY sonuçları ve doğrusal hipotez testler kullanılarak uyumsuz ölçülerin belirlenmesi yöntemleri jeodezik çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Uyumsuz ölçülerin EKKY sonuçlarına göre test edildiği birkaç yöntem vardır [26], [29].

2.6.1.1. Geleneksel Çözüm Yöntemi İle Uyumsuz Ölçülerin Belirlenmesi

• Data-Snooping Yöntemi (W-Testi)

Genişletilmiş EKKY ile çözüm sonuçlarının incelenmesiyle ölçü kümesindeki kaba hatanın analizi için test yöntemleri uygulanır.

Dengeleme hesabı sonucu ölçülerde kaba hata olup olmadığının analizi için,

$$\begin{aligned} H_0 : E\{\nabla \ell_i\} &= 0 \\ H_S : E\{\nabla \ell_i\} &= \nabla \ell_i \neq 0 \end{aligned} \quad (68)$$

şeklinde sıfır ve seçenek hipotezi kurulur. İstatistik test yapabilmek için, fonksiyonel modelin genişletilmiş testi için yazılan (55) eşitliğinde,

$$\begin{aligned} \underline{G}^T &= \underline{e}^T = [0 \quad 0 \quad \dots \quad 1 \quad \dots \quad 0 \quad 0] \\ \underline{y} &= \nabla \underline{\ell} \end{aligned}$$

yazılarak çözüm yapılır. Bu durumda (59) eşitliğindeki R artık büyüklüğü,

$$R = \Delta \Omega = \frac{\nabla \underline{\ell}}{\underline{Q}_{\nabla \ell \nabla \ell}} \quad (69)$$

eşitliğiyle bulunur. Bu büyüklük ve σ_0^2 öncül varyans (60) eşitliğinde yerine yazılırsa elde edilen test büyüklüğü,

$$T = \frac{|\nabla \underline{\ell}|}{\sigma_{\nabla \ell}} = \frac{|\nabla \underline{\ell}|}{\sigma_0 \sqrt{\underline{Q}_{\nabla \ell \nabla \ell}}} = \frac{\underline{e}^T \underline{P} \underline{V}}{\sigma_0 \sqrt{\underline{e}^T \underline{P} \underline{Q}_{\underline{V} \underline{V}} \underline{P} \underline{e}}} \quad (70)$$

şeklinde elde edilir. Data-Snooping testi için her i ölçüsü,

$$W_i = \frac{(\underline{P} \underline{V})_{ii}}{\sigma_0 \sqrt{(\underline{P} \underline{Q}_{\underline{V} \underline{V}} \underline{P})_{ii}}}$$

eşitliğiyle test değeri hesaplanır. Ölçülerin korelasyonsuz olduğu varsayımı dikkate alınırsa bu eşitlik,

$$W_i = \frac{|V_i|}{\sigma_{V_i}} \sim N(0,1) \quad (71)$$

şekline gelir. $W_i \sim N(0,1) = \sqrt{F_{1,\infty,1-\alpha_0}} = \sqrt{\chi^2_{1,\infty,1-\alpha_0}}$ parametrelerine göre standart normal dağılımdadır ve iki taraflı istatistiksel güven $S = 1 - \alpha_0 / 2$ ile elde edilen tablo değeri q ile karşılaştırılır.

$$q = N_{1-\alpha_0/2} = \sqrt{F_{1,\infty,1-\alpha_0}} \quad (72)$$

$W_i < q$ olması durumunda ölçülerde herhangi bir kaba hata olmadığına karar verilir.

$W_i > q$ olması durumunda ise ölçülerde kaba hatanın olmadığı söylenemez.

Jeodezik uygulamalarda ölçülerin testi için alınan yanılma olasılığı α_0 küçük bir değer olarak alınır. Bu değere göre (72) eşitliğinden hesaplanan tablo değeri $q \cong 3.29$ olur. (71) eşitliği de göz önüne alınarak,

$$W_i = \frac{|V_i|}{\sigma_{V_i}} \geq 3.29$$

eşitsizliğinin sağlanması durumunda ölçüde bir kaba hatanın varlığından bahsedilebileceği sonucuna varılabilir. Buradan da uygulama sıkça kullanılan $|V_i| = 3.29 \sigma_{V_i}$, yani standart sapmasının yaklaşık üç katı düzeltmeye sahip olan ölçünün kaba hatalı sayılabileceği söylenebilir [27], [28].

Data-Snooping testinin doğru sonuç vermesi ve sonuçların doğru yorumlanması için ölçü kümesinden sadece bir ölçünün uyuşumsuz olması gerekir. Birden fazla ölçünün uyuşumsuz olması durumunda bu yöntem iteratif olarak uygulanır. Birden fazla uyuşumsuz ölçünün ayıklanması için izlenebilecek iki yol vardır.

İlk yol; ölçü kümesindeki tüm ölçülerin kullanıldığı bir dengeleme işlemi sonucunda elde edilen $\underline{V}$ düzeltmeleri Data-Snooping testine göre irdelenerek uyuşumsuz olduğu belirlenen düzeltmelerden en büyüğüne ait ölçü, ölçü kümesinden çıkarılır. Elde edilen yeni ölçü kümesiyle dengeleme ve Data-Snooping testi işlemleri tekrarlanır. Yine en büyük düzeltmeye ait ölçü, ölçü kümesinden çıkarılır. İşleme bu şekilde ölçü kümesinde uyuşumsuz ölçü kalmayncaya kadar iteratif olarak devam edilir. Bu işlemlerde dikkat edilmesi gereken konu her adımda ölçü kümesinden bir ölçünün eksilmesi ve ağın serbestlik derecesinin azalmasıdır. Bazen ağın şeklinin belirlemeye yetecek kadar ölçü

kalmaması durumuyla karşılaşılabılır. Bu durumda ağdaki uyuşumsuz ölçüler ölçü kümesinden çıkarılmamalı, yenilenmelidir.

İkinci yol; başlangıç dengelemesi sonucunda hesaplanan düzeltmelerin tek tek değil de, test için ilgili dağılım tablolarından alınan sınır değerlere göre grup olarak irdelenmesidir. Uyuşumlu ve uyuşumsuz olarak iki gruba ayırarak Data-Snooping testinin uygulanmasında,

$$\begin{aligned}\underline{V}_1 &= \underline{A}_1 \underline{X} - \underline{\ell}_1 & ; & \quad \underline{P}_1^{-1} \\ \underline{V}_2 &= \underline{A}_2 \underline{X} + \underline{\delta} - \underline{\ell}_2 & ; & \quad \underline{P}_2^{-1}\end{aligned}\quad (73)$$

eşitlikleri yazılır ve bu eşitlikler ardışık dengeleme yöntemi ile çözülür. Bu çözümden,

$$\begin{aligned}\underline{X} &= \left(\underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{A}_1 \right)^{-1} \underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{\ell}_1 \\ \underline{\delta} &= \underline{\ell}_2 - \underline{A}_2 \left(\underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{A}_1 \right)^{-1} \underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{\ell}_1 \\ \underline{V}_1 &= \underline{A}_1 \left(\underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{A}_1 \right)^{-1} \underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{\ell}_1 - \underline{\ell}_1 \\ \underline{V}_2 &= 0 \\ \underline{Q}_{\delta\delta} &= \underline{P}_2^{-1} + \underline{A}_2 \left(\underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{A}_1 \right)^{-1} \underline{A}_2^T\end{aligned}\quad (74)$$

eşitlikleri elde edilir. Böylece uyuşumsuz δ_i değeri ve ters ağırlık matrisi elde edilmiş olur. δ_i değerine Data-Snooping testi uygulanırsa, sıfır ve seçenek hipotezleri,

$$\begin{aligned}H_0 &: E\{\delta_i\} = 0 \\ H_s &: E\{\delta_i\} \neq 0\end{aligned}\quad (75)$$

kurulur ve T test büyüklüğü (70) eşitliğinden hesaplanabilir.

$$T_i = \frac{\delta_i}{\sigma_0 \sqrt{Q_{\delta_i \delta_i}}}$$

Bu değer dağılım tablosundan alınan q sınır değeri ile karşılaştırılır. $T_i < q$ olması durumunda değer kaba hata sayılamayacağına karar verilir. Aksi durumda kaba hata olabileceği düşünülür. Bu şekilde iteratif olarak her δ_i değerine Data-Snooping testi uygulanır ve uyuşumsuz değer olarak kabul edilmeyenler ilk matematik modele dahil

edilirler. Bu işlemler sonucunda arda kalan δ_i değerleri uyuşumsuz olarak kabul edilerek ölçü kümesinden ayıklanır. Bu şekilde başlangıçta yapılan dengeleme sonuçlarından ardışık Data-Snooping testine göre uyuşumsuz olmayan bir ölçünün, işlemler sonucunda uyuşumsuz sayılması yanlışlığı ortadan kalkmış olur [27].

Baarda'nın B-Testi yöntemi olarak da geçen normal yönteminde global test olarak bilinen model hipotezinin testi ve Data-Snooping testi birlikte uygulanır. Bu nedenle her iki testin sonuçlarının istatistik testlerinin tutarlı olması yani, global test ve Data-Snooping testindeki tablo (sınır) değerlerinin birbiriyle uyumlu olması gerekir. B-test yönteminde bu uyum, testin β gücünün sabit, α yanlışma olasılığının değişken olmasıdır. Bu değer global testte α (ağın tümü için geçerli yanlışma olasılığı, 1. tür hata), Data-Snooping testinde α_0 (tek boyutlu testin yanlışma olasılığı) olarak alınır. Uygulamada β test gücü $\beta=\beta_0$ (çok boyutlu ve tek boyutlu testlerin test gücü) gibi sabit bir değer olarak alınır, α ve α_0 significant (anlamlılık) seviyeleri λ_0 dış merkezlik parametreleri sayesinde ilişkili olurlar. Dış merkezlik parametresi $\lambda=\lambda_0$ alınarak tek ve çok boyutlu test için α_0 ve α değerleri arasında,

$$\lambda_0 = \lambda(\alpha_0, \beta_0, 1, \infty) = \lambda(\alpha, \beta = \beta_0, f, \infty) \quad (76)$$

eşitliği yazılabilir. B-Testi metodu uygulamalarında önce β_0 ve α_0 değerleri seçilir. Bu değerlerle (76) eşitliğinin ilk kısmından λ_0 dış merkezlik değeri hesaplanır. Daha sonra f serbestlik derecesine göre (76) eşitliğinin ikinci kısmından α değeri hesaplanır. Böylece global test ve Data-Snooping test arasındaki tutarlılık sağlanmış olur. B-testi metodu ile ilgili hesaplamaların çok ve karmaşık olması sebebiyle hazırlanmış tablolardan faydalanılır.

Global test ve Data-Snooping testi için seçilen tablo (sınır) değerlerinin tutarlı olmasını sağlamanın bir diğer yolu, testin toplam olasılığının her bir kaba hatanın olasılığı çarpımına eşit olacağı olasılık kuramıdır. Aynı dengeleme hesabının sonuçlarından elde edilen test büyüklükleri birbirine bağımlıdır. Uygulamada bu bağımlılık gözardı edilerek toplam olasılık için,

$$\alpha = 1 - (1 - \alpha_0)^n \quad (77)$$

eşitliği yazılabilir. α_0 değerinin çok küçük olması nedeniyle bu eşitlik binom serisine açılarak,

$$\alpha \cong 1 - (1 - n\alpha_0) = n\alpha_0 \quad (78)$$

eşitliği elde edilir [28].

Data-Snooping testinde bütün işlemler, σ_0^2 öncül varyansın bilinmesi esasına dayanır fakat uygulamada bu değer tam olarak bilinemez. Bu değer yerine deneysel yollarla verilerden hesaplanan m_0 değeri bilinebilir. Bu durumda da normal dağılım tabloları kullanılamaz. Bu nedenlerle Data-Snooping testi uygulamada kullanılamamaktadır.

• Tau Testi

Data-Snooping testi istatistiği dengeleme öncesi öncül varyans σ_0^2 'nin bilinmesi esasına dayanır. Dengeleme öncesi varyansın tam olarak bilinmemesi ya da güvenilir ve tecrübeye dayanan bir değer olarak verilememesi durumunda öncül varyans σ_0^2 'nin yerine dengeleme sonrası elde edilen ve uyuşumsuz ölçüleri de içeren ölçü kümesinin bir fonksiyonu olan soncul varyans m_0^2 kullanılabilir. Bu durumda test istatistiği için normal dağılım tabloları da kullanılamaz.

Data-Snooping testi için (68) eşitliğiyle yazılan sıfır ve seçenek hipotezleri burada da geçerlidir. Test büyüklüğü,

$$T_i = \frac{|V_i|}{m_{V_i}} = \frac{|V_i|}{m_0 \sqrt{Q_{V_i V_i}}} \sim \tau_{f, 1-\alpha_0/2} \quad (79)$$

eşitliğiyle hesaplanabilir. T_i test büyüklüğü τ (tau) dağılımındadır ve bu dağılım için sınır değer,

$$c = \tau_{f, 1-\alpha_0/2} \quad (80)$$

şeklinde hesaplanır. c sınır değerinden büyük olan T_i değerlerinin en büyüğü uyuşumsuz ölçü olarak kabul edilir. Bu ölçü, ölçü kümesinden çıkarılır ve işlemler tekrarlanır. Ölçü kümesinde uyuşumsuz ölçü kalmayıncaya kadar bu işleme devam edilir.

• t-Testi

(79) eşitliğiyle hesaplanan Tau testi test büyüklüğü bir hata içerir. Herhangi bir ℓ_i ölçüsü uyuşumsuz olmasına neden olan kaba hata içeriyorsa bu ölçü değeri kullanılarak hesaplanan soncul varyans m_0^2 de bu hatayı içerir. Bu sakıncayı gidermek için, (61) eşitliğiyle hesaplanan model hatalarından arındırılmış $\bar{V}$ düzeltmeleri hesaplanmalıdır. Uygulamalarda aynı yaklaşımla (67) eşitliğinden hesaplanan m_{01}^2 varyans kullanılmaktadır. Bu varyans değeri ile test büyüklüğü Data-Snooping ve Tau testi test büyüklükleri hesabında olduğu gibi (66) eşitliği de dikkate alınarak,

$$t_i = \frac{|V_i|}{m_{v_i}} = \frac{|V_i|}{m_{01} \sqrt{Q_{V_i V_i}}} = |V_i| \sqrt{\frac{f-1}{\Omega_0 Q_{V_i V_i} - V_i^2}} \sim t_{f-1, 1-\alpha_0/2} \quad (81)$$

eşitliğiyle hesaplanabilir. Aynı şekilde t dağılım tablosundan hesaplanan q sınır değerinden büyük olan t_i değerlerinin en büyüğü uyuşumsuz ölçü olarak kabul edilir. Bu ölçü, ölçü kümesinden çıkarılır ve işlemler tekrarlanır. Ölçü kümesinde uyuşumsuz ölçü kalmayıncaya kadar bu işleme devam edilir.

$$q = t_{f-1, 1-\alpha_0/2} = \sqrt{F_{1, f-1, 1-\alpha_0}} \quad (82)$$

τ ve t dağılımları arasındaki ilişki,

$$\tau_{f, 1-\alpha_0/2} = \sqrt{\frac{f t_{f-1, 1-\alpha_0/2}^2}{f-1 + t_{f-1, 1-\alpha_0/2}^2}} \text{ ya da } t_{f-1, 1-\alpha_0/2} = \tau \sqrt{\frac{f-1}{f - \tau^2}} \quad (83)$$

eşitliğiyle verilebilir. τ -testi sınır değeri c ile F -dağılımı sınır değeri arasındaki ilişki ise,

$$c = \sqrt{\left(\frac{(n-q)F}{(n-q-1)+F} \right)} \quad (84)$$

eşitliğinden ve (82) eşitliğinden verilebilir [29], [38].

2.6.1.2. Geleneksel Çözüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Jeodezik çalışmalar için yapılan ölçüler normal dağılımdadır. Bir ölçü kümesinde model hataları ve uyuşumsuz ölçüler ölçü kümesinin normal dağılıma uymamasına neden olurlar. Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi için Data-Snooping, Tau ve t-testleri yapılır. Bu üç yöntem arasındaki tek fark, düzeltmeleri normlandırmak için değişik varyans faktörlerinin yani farklı dağılımdaki test büyüklüklerinin kullanılmasıdır.

Uyuşumsuz ölçü içeren bir ölçü kümesinde geleneksel çözüm yöntemleri ilk olarak, en büyük değerli test büyüklüğüne yani düzeltmeye sahip ölçünün uyuşumsuz ölçü olduğuna karar verir. Bu ölçü ilk adımda ölçü kümesinden çıkarılır ve dengeleme işlemleri tekrarlanır. Yeni sonuçlarla uyuşumsuz ölçüler testi yapılır. Yine uyuşumsuz ölçü olduğu sonucuna varılırsa, en büyük düzeltmeye sahip ölçü, ölçü kümesinden çıkarılır. Bu şekilde ölçü kümesinde uyuşumsuz ölçü kalmayıncaya kadar iteratif olarak işlemlere devam edilir. İteratif çözüm, ağın serbestlik derecesini azaltır. Ölçü kümesinde yeterince ölçü kalmasına ve ağın şeklinin bozulmamasına dikkat edilmelidir.

Test büyüklüğünün hesabında kullanılan Q_{vv} düzeltmelerin ters ağırlık matrisinin köşegen terimleri $Q_{v_i v_i}$ 'nin yerine, pratikte Wright-Hayford ve Schive formüllerinden çıkartılan,

$$Q_{v_i v_i} = \frac{f}{n P_i} \quad (85)$$

yazılabilir. τ_f -dağılımı ile t_{f-1} -dağılımının olasılıkları,

$$P(-\tau_f < T_i < \tau_f) = P(-t_{f-1} < t_i < t_{f-1}) = 1 - \alpha \quad (86)$$

eşitliğiyle hesaplanabilir. Bu iki test de uyuşumsuz ölçüler testinde aynı sonucu verir, bu nedenle testlerin sadece birini uygulamak yeterlidir. f serbestlik derecesinin büyük olması yani fazla ölçü sayısının çok olması durumunda τ ve t -testleri normal dağılıma uyacaktır. Bu durumda her üç testten de hesaplanan değerler birbirine eşit olur. Küçük serbestlik derecelerinde ($f < 10$) τ ve t -testleri etkisiz olmaktadır.

Uyuşumsuz ölçü olarak alınan ölçünün düzeltme değeri küçük bir değerse, Data-Snooping testinden elde edilen test büyüklüğü diğer iki test büyüklüğüne göre biraz daha farklı olabilir. Bunun nedeni ise Data-Snooping testinde kullanılan öncül varyans değeri σ_0^2 , diğer testlerde kullanılan varyans değerlerinin birbirinden farkı ve seçilen yanılma olasılığıdır. Geleneksel uyuşumsuz ölçüler testinin önemli bir dezavantajı, uyuşumsuz ölçü olarak karar verilen ölçünün ölçü planından çıkarılması ve bir daha incelenmemesidir. Bu ölçünün önemli bir bilgiyi içermesi durumunda yöntem doğru sonuç vermeyecektir.

EKKY ile çözümde bir ölçüdeki hata diğer ölçüleri de etkilemektedir. Geleneksel uyuşumsuz ölçüler testinde ise her adımda sadece bir ölçü uyuşumsuz olarak belirlenmekte ve diğer ölçülere etkileri düşünülmeden ölçü planından çıkarılmaktadır. Bu şekilde test sonucunda uyuşumsuz olmayan bir ölçü bir diğer ölçünün etkisiyle uyuşumsuz çıkabilmekte ve uyuşumsuz ölçü tam olarak belirlenmemektedir. Aynı zamanda yapılan test yöntemleri çok farklı sonuçlar verebilmektedir [28], [38].

Tablo 1. Uyuşumsuz ölçülerin geleneksel çözüm yöntemleri

Kullanılan Yöntem	Varyans Değeri	Test Büyüklüğü		Test Dağılımı	Sınır Değer
W-Testi Data-Snooping	σ_0^2	$W_i = \frac{ V_i }{\sigma_{V_i}}$	$W_i = \frac{ V_i }{\sigma_0 \sqrt{Q_{V_i V_i}}}$	$\sim N(0, 1)$	$N_{1-\alpha_0/2} = \sqrt{F_{1,\infty,1-\alpha_0}}$
Tau-Testi	$m_0^2 = \frac{\Omega_0}{f}$	$T_i = \frac{ V_i }{m_{V_i}}$	$T_i = \frac{ V_i }{m_0 \sqrt{Q_{V_i V_i}}}$	$\sim \tau_{f,1-\alpha_0/2}$	$\tau_{f,1-\alpha_0/2} = \sqrt{\frac{f t_{f-1,1-\alpha_0/2}^2}{f-1+t_{f-1,1-\alpha_0/2}^2}}$
t-Testi	$m_{01}^2 = \frac{\Omega_0 - R}{f-1}$	$t_i = \frac{ V_i }{m_{V_i}}$	$t_i = \frac{ V_i }{m_{01} \sqrt{Q_{V_i V_i}}}$	$\sim t_{f-1,1-\alpha_0/2}$	$t_{f-1,1-\alpha_0/2} = \sqrt{F_{1,f-1,1-\alpha_0}}$

2.6.1.3. Geleneksel Çözüm Yöntemlerinin Güvenirliği ve Kırılma Noktası

İstatistik testlerin hem konum hem de karesel ortalama hatası için uyumsuz ölçülerden etkilenmeyen, yani kırılma noktası yüksek ve etkin olması gerekir. İstatistik testlerin uyumsuz ölçüleri belirleme yönündeki başarısı, yani global güvenirliliği ϵ ile gösterilen kırılma noktası ile verilir.

Bir kestiricinin toplu güvenirlilik ölçütü olarak kırılma noktası alınır. Kırılma noktası, bir kestiricinin başatabileceği uyumsuz ölçülerin sayısının, tam ölçü sayısına oranı veya kestiriciye tümüyle güvenilmez ve bilgi vermez kılan model dağılımından olan uzaklık olarak tanımlanabilir. Örneğin aritmetik ortalamanın kırılma noktası ≈ 0 , medyanın (ortancanın) ise $\approx \%50$ 'dir.

Kırılma noktası kullanılan istatistik yöntemin belirleyebileceği uyumsuz ölçü sayısını yani uyumsuz ölçülerin ölçü kümesindeki ölçülere oranını gösteren bir kriter değeridir. Kırılma noktası en önemli sağlamlık kavramlarından biridir ve ölçü kümesinin ne kadar uyumsuz ölçüye dayanabileceğini yani sağlam sonuç verebileceğini gösterir. Kırılma noktası $\epsilon \approx 0.10 - 0.20$ arasında değişirse kullanılan istatistik testin yeterli olduğu sonucuna varılır [28].

Ölçü kümesinde fazla ölçü yoksa dengeleme hesabı yapılamaz ve dolayısıyla uyumsuz ölçü belirlenemez. Bir istatistik yöntemde kırılma noktası, ne kadar uyumsuz ölçünün güvenli olarak belirlenebileceğini ve uyumsuz ölçülerin birbirini gizleme (maskeleme) etkisini açıklar. Uyumsuz ölçülerden etkilenmeme ilk olarak uyumsuz ölçülerin sayısına bağlıdır, genel olarak $\%50$ 'den fazla uyumsuz ölçü içeren bir ölçü kümesinden sağlıklı bir sonuç alınamaz. İkinci olarak uyumsuz ölçülere karşı direnç α yanılma seviyesinin seçimine bağlıdır [29], [30].

Ölçü kümesinde tek uyumsuz ölçü olması durumunda çözüm daha basittir. Birden fazla uyumsuz ölçü olması durumunda çözüm maske ve batma etkileri sebebiyle zorlaşır. Maske etkisi uygun olmayan ölçülerin diğer ölçüler sebebiyle uygun ölçülermiş gibi görünmesi durumu, batma etkisi ise uygun olan ölçülerin diğer ölçüler sebebiyle uygun olmayan ölçülermiş gibi görünmesi durumudur. Bu etkilerin ikisi de istatistik yöntemin kırılma noktası kavramı ile açıklanabilir.

Uygulamada kırılma noktasının nasıl belirlenebileceği büyük bir sorundur. Kırılma noktası kavramının açıklanması için sonlu bir örnek küme üzerinde çalışma önerilirse

$$Z = \{(a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n}, y_1), \dots, (a_{n1}, a_{n2}, \dots, a_{nm}, y_n)\} \quad (87)$$

şeklinde verilen Z örnek veri kümesine bir regresyon kestiricisi olan T uygulanırsa,

$$y_i = a_{i1}Q_1 + \dots + a_{in}Q_n + e_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (88)$$

ve y_i 'nin kesin değeri,

$$\hat{y}_i = a_{i1}\hat{Q}_1 + \dots + a_{in}\hat{Q}_n$$

olarak elde edilir. T kestiricisi ile elde edilen regresyon katsayıları,

$$T(Z) = \underline{\hat{Q}} = \begin{bmatrix} \hat{Q}_1 \\ \vdots \\ \hat{Q}_p \end{bmatrix}$$

şeklinde dir. Orijinal veri kümesinden keyfi olarak m tane verinin değiştirilmesi sonucu elde edilen Z' veri kümesinde bozulmaya neden olan maksimum kayıklık,

$$\text{bias}(m; T, Z) = \sup_{Z'} \|T(Z') - T(Z)\|$$

şeklinde verilebilir. Buradaki Z' 'nin mümkün olan en üst değeridir. Eğer bias (eğilim) $(m; T, Z)$ sonsuzsa, m adet uyuşumsuz ölçü keyfi olarak T üzerinde etkiye sahiptir sonucuna varılır. Bu nedenle, Z örnek kümesindeki T kestiricisinin kırılma noktası,

$$\varepsilon_n^*(T, Z) = \min \left\{ \frac{m}{n}; \text{bias}(m; T, Z) \text{ sonsuz} \right\}$$

eşitliğiyle verilir. Bir başka deyişle; kırılma noktası T kestiricisinin keyfi olarak $T(Z)$ 'den uzak değerler almasına neden olabilen bozulmanın en küçük kısmıdır. Bu tanımın bir olasılık dağılımının olmaması önemli bir noktadır.

EKKY'ne göre kurulan $V^T P V = \min$. eşitliğinde tek bir uyumsuz ölçü bile sınır değeri aşacak etkiye sahiptir. Bu nedenle EKKY'nin kırılma noktası,

$$\varepsilon_n^*(T, Z) = \frac{1}{n} \quad (89)$$

olarak verilir ve ölçü kümesindeki ölçü sayısının (n) büyümesi ile sıfıra yaklaşır. Buradan ölçü sayısı arttıkça kırılma noktasının küçüldüğü yani ölçü kümesinin uyumsuz ölçülerin belirlenmesine karşı duyarlılığının azaldığı sonucuna varılır.

Geleneksel uyumsuz ölçüler yöntemleri düzeltmeler tabanlıdır. $\underline{H}$ projeksiyon matrisi ve bu matrisin elemanlarıyla $\underline{V}$ düzeltmeleri şu şekilde verilebilir.

$$\underline{H} = \underline{A}(\underline{A}^T \underline{P} \underline{A})^{-1} \underline{A}^T \underline{P} \quad (90)$$

$$V_i = (1 - h_{ii})\ell_i - \sum_{j=1}^n h_{ij}\ell_j \quad j \neq i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Bu eşitliğe göre V_i düzeltmesi yalnızca ℓ_i ölçüsündeki değil, diğer tüm ölçülerden de etkilenebilmektedir. Buna EKKY'nin yayma etkisi denir ve bu yöntemin zayıf yönüdür. Uyumsuz ölçünün düzeltmeye yansımaması için $h_{ii}=0$ yani redundans değeri $r_i=(1-h_{ii})=1$ ve diğer ölçülere yansım oranının $\sum h_{ij}\ell_j=0$ olmalıdır. $h_{ii}=0$ olması durumunda uyumsuz ölçü düzeltmesini etkilemez fakat h_{ij} değerinin de yaklaşık olarak sıfır olması gerekir. Eğer bu değer sıfır değilse bu uyumsuz ölçü diğer ölçüleri etkilemektedir. Bu durum EKKY'ne dayanan geleneksel uyumsuz ölçüler testi yöntemlerinin sağlıklı sonuçlar vermemesini açıklamaktadır [39], [40].

(90) eşitliğindeki izdüşüm matrisi, ölçülerle düzeltmeler arasındaki ilişkiyi yansıtır ve bu nedenle uyumsuz ölçülerin belirlenmesinde temel oluşturur. Bu matris ayrıca ölçülerin geometrik ve stokastik yapısını da yansıtır. Bu yapıdaki izdüşüm matrisinde i. ölçünün ağırlığı ΔP kadar değişirse, izdüşüm matrisinde bu ölçüye ait köşegen terim $\Delta P > 0$ ise büyüdüğü, $\Delta P < 0$ ise küçüldüğü; diğer ölçülerin köşegen terimleri ise $\Delta P > 0$ ise küçüldüğü, $\Delta P < 0$ ise büyüdüğü testlerle kanıtlanmıştır. Ağırlıktaki değişimin izdüşüm matrisine yansım şekli ile ağırlıkları değişken olarak alan istatistik yöntemler kullanarak çözüm elde etme durumu ortaya çıkmıştır. EKKY'nin amaç fonksiyonu eşitliğinin karesel olması nedeniyle bu yöntem uyumsuz ölçülerden çok fazla etkilenmektedir.

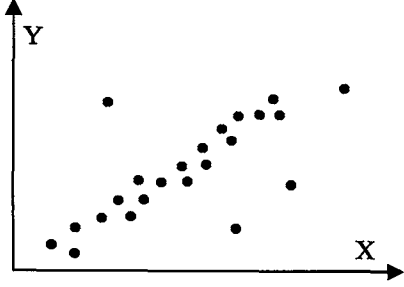
2.6.2. Robust İstatistik ve Robust Kestirim Yöntemi

Robust (sağlam) istatistik, teknik olmayan bir ifade ile istatistik biliminde yaygın olarak kullanılan normallik, doğrusallık gibi varsayımların tahminleriyle ilgilenen bir bilim dalıdır. Ölçü grubundaki kaba hatalı ölçüler, ölçü grubunun dağılımına uymazlar ve klasik istatistik yöntemleri için tehlikeli olurlar. Uyuşumsuz ölçüler problemi istatistik kadar eski bir konudur. Klasik istatistik çözüm yöntemlerinde verilerin normal dağılımda olduğu ve kaba ve sistematik hatalardan arındırıldığı kabulleri yapılarak çözüm yapılır. Parametrik model tabanlı klasik istatistik yöntemleri, optimal modeller olarak ele alınırlar fakat yalnızca doğru yaklaşımların yapıldığı durumda doğru sonuç verirler. Bu modeller özellikle veri grubu dağılımının çok küçük ve görülemeyen sapması durumunda oldukça zayıf kalırlar [34], [36].

Robustluk problemi uzun yıllardır bilinmektedir fakat uygulamaya geçmesi oldukça geç olmuştur. Bu istatistik yöntemiyle, klasik olarak kullanılan istatistik yöntemleriyle oldukça zor olarak yapılan geniş ve karmaşık ölçü gruplarının analizi daha kolaylaşmıştır ve bu yöntemle ilgili yapılan yayınlar da çoğalmıştır. Robustluk problemi ile ilgili çeşitli yaklaşımlar vardır. Bazıları genellemeyi ve sağlamlık fikrini özetlemeyi tercih ederken diğerleri farklı topoloji ve farklı matematiksel yönlerden sağlamlıkla ilgilenir. Gerçek hayatta robustluk probleminin başlıca özelliklerini açıklayan yeni istatistiksel yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar deneysel robustluk probleminin tanımındaki belirsizliklerin daha kolay açıklanmasını sağlarlar. Bu şekilde gelişmeler, sağlamlık yönünden varolan istatistiksel analizleri karşılaştırılması ve değerlendirilmesi durumunu ortaya çıkarmıştır. Sonuç olarak, şimdiye kadar bilinen yöntemlerden daha iyi ve bilinen durumların dışında da kullanılabilen yeni robust kestirim yöntemleri önerilmiş ve geliştirilmiştir [41].

Veri analizi pratikte şu gibi sorulara cevap verir: Veriler ve bu verilerden üretilen sonuçlar aynı mı? Yoksa verilerin bir kısmı farklı şeyler mi gösteriyor? Verilerin çoğunluğunun gösterdiği nedir? Hangi azınlık veri farklı ve nasıl davranmaktadır? Son çözümlerde verinin farklı kısımlarının etkisi nasıldır? Son çözümlerde ya da model seçiminde kritik etkili olan veriler hangileridir ve nasıl analiz edilmelidirler? Model ne kadar kaba hatayı ortaya çıkarabilir ya da sonuçları etkilemeden kullanabilir? Hangi model en büyük güveni sağlar ve hangi model güvenli ve verimlidir? Kesin ve kesin olmayan sabitler için güven aralığı nedir? Model kabulleri yaklaşık olarak alınırsa çözümler hangi

güvende olurlar? Veri analiziyle bu sorulara cevap aranırken sağlamlık teorisinin analizi de yapılmalıdır.



Şekil 14. Model varsayımlarından olan çeşitli sapmalar

Robust istatistik, yönetilebilir istatistiksel yöntemlerin davranışlarıyla ilgili bilgilerin elde edilmesini sağlayan bir yöntemdir ve gereksiz ve fazla matematiksel yorumlama olarak düşünülmemelidir. Bu yöntem, idealize edilmiş varsayımlardan sapmaları ve ilişkili modelleri gösteren yaklaşık parametrik model olarak tanımlanabilir. Robust istatistik parametrik model istatistiğine robustluk görüşünü ekleyerek ilaveler yapar ve değişmez parametrik modellerden daha geniş şekilde komşuluk ilişkilerini inceler [36]. Robust istatistiğin ana amaçları;

- i. Veri yığınının en uygun yapıda tanımlamak : Parametrik model çözümüyle sonuçlar elde edilir ve uyumsuz gözlemler veri grubundan çıkarılırsa kalan verilerden veri grubunun dağılımı elde edilir. Bu durumda bazı yaklaşıklıklar kabul edilerek çözüm yapıldığı için alınan sonuçlar bağımlıdır. Veriler dağılıma uymayan bir kısmı da hala içermektedir. Ayrıca seçilen modelin testi ve uygun modelin seçimi gibi durumlarda parametrik modelin geçerliliğinin de analiz edilmesi gerekir. Geniş bir modelin testinde parametreler sıfıra eşitlenerek kesin olup olmadıkları test edilebilir ve robust test teorisi uygulanır.
- ii. Veri noktalarının sapmalarını ya da eğer isteniyorsa daha iyi inceleme için temel sapmayı belirlemek : Robust çözümle bulunan düzeltmeler uyumsuz değerleri otomatik olarak göstermeye uygun yapıdadır. Diğer çözüm yöntemlerinde uyumsuzluklar birçok veri noktasını etkiler ve düzeltmelerden hesaplanan karesel ortalama hatayı da büyütürler. Küçük ve dengeli veri gruplarında verilerin görsel

olarak dikkatlice incelenmesiyle uyşumsuzlukların belirlenebilmesi hala mümkünken dengesiz, büyük boyutlu ve geniş veri gruplarında bu işlem bilgisayarla yapılmasına rağmen mümkün değildir. Ayrıca uyşumsuzların analizinde kullanılan bazı kuralların güvensiz olduğu unutulmamalıdır. Bazı durumlarda sadece %10 uyşumsuzluğa izin verilir ve çok kolay bir şekilde de model kırılabilir.

- iii. Çok etkili veri hareket noktalarını belirlemek ve bu noktalar için uyarıda bulunmak : Birçok parametrik model için etkili robust modelleri bulmak mümkünken, veri noktalarının azlığı durumunda bu değişir. Veri grubunun dağılımında farklı bir yerde çıkan gözlem diğerleriyle aynı ağırlıkta alınırsa ya da gözlem uyşumsuz olarak ele alınıp ağırlıklandırılmazsa sonuçlar bozulur. Bu durumda uygun çözüm için iki robust regresyonu kullanılmalı ve birinde hareket noktaları olarak adlandırılan noktaların ağırlıkları düşük alınmalıdır. Hareket noktalarının tam olarak bilinmemesi büyük bir problemdir.
- iv. Beklenmedik seri korelasyonlar ya da genel korelasyon yapısından oluşan sapmalardan bahsetmek : Robust teorisi dağılım şeklindeki sapmaları inceler. Uyşumsuzluklar için güven aralığında örnek büyüklükler için test yapılır fakat tam olarak onlardan bahsedilmez. Ayrıca çeşitli bağımsız veri gruplarındaki eğilimlerde analiz edilmelidir. Küçük fakat yüksek korelasyonlu uyşumsuzlukların analizi çok zordur. Oldukça tehlikeli güven aralığı ve geniş örnekleme tabanlı testlerde toplanırsa yığılma olabilir [34], [36], [42].

Robust istatistik, istatistikte yaygın olarak kullanılan birçok dağılım modeline göre gerçeğe en yakın yaklaşım olması ve veri grubundaki kaba hataların varlığı ve analizi için kullanılan diğer birçok yöntemin deneysel olması nedeniyle uyşumsuz ölçülerin belirlenmesi için kullanılabilen etkili bir yöntemdir. Robust kestirim yöntemi ile çözümde, ölçülerin düzeltmelerinin küçük hatalardan ve diğer ölçülerin hatalarından etkilenmemesinin yanında ölçü hatalarının sonuçlar üzerindeki bozucu etkileri azaltılmakta, hatta yok edilmektedir.

2.6.2.1. Robust Kestirim Yöntemi İle Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi

Herhangi bir büyüklüğün ölçü değeri hem büyüklük hem de çeşitli nedenlerle oluşan hatalarla ilgili bilgi içerir. Ölçülerin geometrik ve fiziksel koşulları da sağlayan gerçek değerlerine yakın büyüklüklerinin hesabında hataların belirlenip ayıklanması büyük bir öneme sahiptir. Ölçü kümelerinde kaçınılmaz olan uyumsuzluklar birçok veri noktasını çeşitli şekillerde etkiler ve yapılan istatistik test sonucuna yansır. Uygulanan istatistik test sonuçları içerdiği uyumsuzlukların tanısında zorlanır. Huber'e göre uyumsuz ölçüler ayrı bir kümeden çıkmış veri grubudur. Bu şekildeki bir ölçü grubunun dağılım fonksiyonu,

$$F(x) = (1 - \xi)F_0(x) + \xi H(x) \quad (91)$$

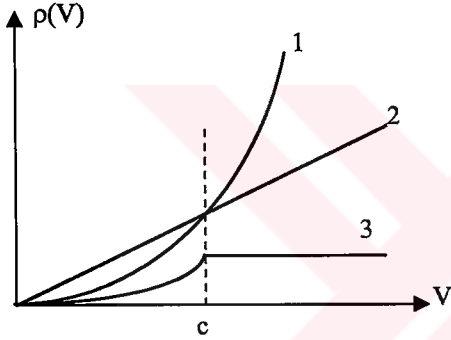
şeklinde yazılabilir. Burada $F(x)$; tüm ölçülerin dağılım fonksiyonunu, $F_0(x)$; uyumlu ölçülerin dağılım fonksiyonunu, $H(x)$; uyumsuz ölçülerin dağılım fonksiyonunu, ξ ise bozulma derecesini göstermektedir. Uyumlu ve uyumsuz ölçülerin dağılım fonksiyonları farklı normal dağılımdadır ve μ_i ortalama değerleri ve σ_i^2 varyansları da farklıdır. (91) eşitliğindeki dağılım fonksiyonu şu şekilde de yazılabilir [38].

$$F(x) = (1 - \xi)N(\mu_1, \sigma_1^2) + \xi N(\mu_2, \sigma_2^2) \quad (92)$$

Robustluk kavramı; ölçü kümesindeki küçük değişimlere ya da sapmalara karşı duyarsız bir dağılımdan elde edilen kestirim olarak ele alınabilir. Ölçü kümesindeki herhangi bir elemanın değişiminin bu kümeden kestirilecek değerlere nasıl yansıtacağı aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

Şekil 15'de, $\underline{V}$ düzeltmeleri, $\rho(\underline{V})$ ise bu düzeltmelerin fonksiyonunu göstermektedir. Ölçü kümesinde $\rho(\underline{V})$ fonksiyonunu minimumlaştırmak için bir kısım parametrelerin kestirileceği ve parametrelerin kestirim değerlerinin bulunacağı varsayılmaktadır. Şekildeki fonksiyonlardan (1), $\underline{V}$ 'lere göre oldukça duyarlıdır ve $\underline{V}$ değerinin artmasıyla $\rho(\underline{V})$ fonksiyonu hızla büyümektedir. (2) de ise $\underline{V}$ 'lere göre değişim (1)'den oldukça az olmaktadır. Buradan bu fonksiyonların türevleri alınarak minimumlaştırılmak suretiyle elde edilecek kestirim değerlerinde (2)'nin kestirim değerleri (1)'in kestirim değerlerinden

daha robust (sağlam)'dır. (3) fonksiyonu ise en robust fonksiyondur. Bu fonksiyonlar sırasıyla EKKY, En Küçük Mutlak Toplam Yöntemi (L_1 -norm, EKMT) ve M-Kestirim yöntemidir. Şekil 15'den görülebileceği gibi $\rho(\underline{V}) = \underline{V}^2$ toplamalarının minimumlaştırıldığı EKKY kestiriminde, $\underline{V}$ düzeltmeler vektörü ölçü hatalarına karşı oldukça duyarlıdır. Bunun anlamı büyük ölçü hatalarının bu kestirim yöntemiyle elde edilecek kestirim değerlerini çok fazla etkileyeceği ve saptıracağıdır. Bu durumda $\underline{V}$ 'ler daha az duyarlı fonksiyonlarla minimumlaştırılmalı ve kestirim değerleri robust yapılmalıdır. EKKY ile kestirimin olumsuz yönleri daha az duyarlı kestirim yöntemlerinin geliştirilmesine neden olmuştur. Robust kestirimin amacı; kaba hatalı ölçülerden ve bir kısım bozulmuş ölçü kümesinden etkilenmeden sonuç veren güvenilir kestirimler elde etmektir [36], [42].



Şekil 15. Minimumlaştıran çeşitli fonksiyonlar

2.6.2.1.1. Robust Kestiriminin EKKY İle Çözümü (Maksimum Olasılıklı Kestirim)

Robust kestirimi kısaca “uyuşumsuz ve sınır değerdeki ölçülerin dağılım fonksiyonunu etkilememesi durumu” şeklinde tanımlanabilir. Robust kestirimi, EKKY'nin ağırlıklı iteratif çözümünde kullanılarak etkili sonuçlar elde edilebilir. Bu EKKY'ndeki ağırlıklı karelerin toplamının min. olması yerine düzeltmelerin başka bir fonksiyonunun min. olması durumudur. Robust kestirim genel bir $\rho(\underline{V})$ amaç fonksiyonu minimumlaştırılmaktadır. Bu durumda robust kestirim için bu eşitlik şu şekle gelir.

$$\sum_{i=1}^n P_i \rho(V_i) = \min. \quad (93)$$

Bu eşitlikte $\rho(\underline{V}) = \underline{V}^2$ alınırsa EKKY'nin amaç fonksiyonunun elde edileceği görülmektedir. Buradan EKKY eşitliğinin, (93) eşitliğinin bir özel hali olduğu anlaşılır.

Bir fonksiyonun minimum olması için, bilinmeyenlere göre türev almak ve çıkan fonksiyonu sıfıra eşitleyerek çözüm yapıldığı bilinmektedir. Bu durumda (93) eşitliğinde $\underline{V}$ değerlerine göre türev alınarak bulunan eşitlik sıfıra eşitlenir ve çözüm yapılır. Fakat bu durumda elde edilen eşitlikler doğrusal olmayabilir. Doğrusal olmayan denklem çözümlerinin doğrusal denklem çözümlerinden farkı yinelemeli olmalarıdır. $\rho(\underline{V}) = \underline{V}^2$ amaç fonksiyonuyla elde edilecek çözümden doğrusallaştırma ile elde edilen normal denklemler çözülerek kestirilecek parametreler elde edilir. Bu durumda robust kestirim algoritması EKKY algoritmasına indirgenerek çözüm yapılabilir.

Amaç fonksiyonu ya da kayıp fonksiyonu olarak adlandırılan $\rho(\underline{V})$ fonksiyonunu seçimine göre çeşitli kestirici fonksiyonlar tanımlanmıştır. $\rho(\underline{V})$ fonksiyonunun $\underline{V}$ 'ye göre türevi $\psi(\underline{V})$ ile gösterilir ve bu fonksiyona etki (kestirim) fonksiyonu denir. Robust sonuç elde etmek için etki eğrisi sürekli ve sınırları belirli olmalıdır [40]. Robust kestirim yönteminde tanımlanan amaç ya da kayıp fonksiyonu $\rho(\cdot)$, etki fonksiyonu $\psi(\cdot)$ ve ağırlık fonksiyonu $W(\cdot)$ için uygulamada çeşitli fonksiyonlar alınmaktadır. Bu fonksiyonlardan yalnızca birinin belirlenmesi diğerlerinin belirlenmesi ve çözüm için yeterli olmaktadır. Çeşitli kaynaklarda robust kestirim amacıyla kullanılan 70'e yakın fonksiyonun olduğu belirtilmektedir [28], [43]. Kestirici fonksiyonlar, $\underline{\ell}$ ölçüleri, $\underline{X}$ bilinmeyenler ve dengeleme yoluyla belirlenen parametreler arasındaki ilişkiyi ifade ederler.

$$\underline{\hat{\ell}} = F_i(\ell_1, \ell_2, \dots, \ell_n) \quad (94)$$

F_i kestirici fonksiyonları, ölçüler tam olarak normal dağılıma uymasalar bile, eğer $\underline{\hat{\ell}}$ 'nin kabul edilebilir bir değerini verirlerse robust özelliğe sahip olurlar. Robust kestirici fonksiyonları genel olarak R-kestiricileri, L-kestiricileri ve sınıf testlerinden çıkarılan M-kestiricileri olarak sınıflandırılabilir.

R-Kestiricileri : Rank testlerinden çıkarılan kestiricilerdir. Gözlemlerin rankları istatistiksel olarak küçükten büyüğe veya büyüktan küçüğe doğru sıralanarak tanımlanabilir. R-kestiricileri, geniş veri yapılarındaki yetersizlikleri ve

karmaşıklıklarından ötürü kullanışlı değildir. Bu nedenle istatistik kaynaklarında R-kestiricileri ile ilgili geniş bir bilgi yoktur.

L-Kestiricileri : İstatistik kuralların doğrusal kombinasyonuna dayalı L-kestiricileri (Line estimators) robust kestirim yöntemleri arasında daha az öneme sahiptirler. Hesaplama yöntemleri kolay olmasına rağmen etkili çözümler vermemesi, doğrusal programlama veya diğer bazı tekrarlı yöntemlerle çözüme ulaşması, robust kestirim algoritmasına uygun olmaması L-kestiricilerinin kullanılabilirliğini kısıtlamaktadır. L-kestiricileri özellikle konum parametrelerinin belirlenmesi durumunda kullanışlıdır.

M-Kestiricileri : Maksimum olasılık kestiricileri olarak da adlandırılan bu kestiriciler şu şekilde tanımlanır. Ölçüleri ve bilinmeyenleri arasında doğrusal fonksiyonel bir ilişki olan veri grubunun olasılık fonksiyonu olarak $F_{(\underline{x}, \ell)}$ alınırsa,

$$L(\underline{X}) = \sum_{i=1}^n F_{(\underline{x}, \ell)} \quad (95)$$

fonksiyonunu en büyük veya eşit olarak,

$$\text{Log}L(\underline{X}) = -\sum_{i=1}^n \text{Log} F_{(\underline{x}, \ell)} \quad (96)$$

$$\rho_{(\underline{x}, \ell)} = -\text{Log} F_{(\underline{x}, \ell)}$$

olmak üzere

$$\text{Log}L(\underline{X}) = \sum_{i=1}^n \rho_{(\underline{x}, \ell)} \quad (97)$$

şeklinde tanımlanan (97) eşitliğini en küçük yapan $\underline{X}$ çözümü aranır. M-kestiriminde $\rho(\cdot)$ fonksiyonunun seçilmesi ölçülerin $F(\ell)$ olasılık fonksiyonunun seçilmesi anlamına gelmektedir ve bu ilişki (96) eşitliğinden,

$$F_{(\underline{X}, \underline{\ell})} = e^{-\rho(\underline{X}, \underline{\ell})} \quad (98)$$

ile gösterilir. M-kestiricileri EKKY tekniklerini uygulamaları ve kestirim yöntemlerinin genel özelliklerini sağlayabildikleri için genellikle daha çok kullanılan ve tercih edilen kestiricilerdir. Bu nedenle istatistik kaynaklarda özellikle M-kestiricileri üzerinde durulmuştur[28], [30].

Huber (1964), bir dağılımın konu parametresi için Maksimum Likelihood kestiricisinin genelleştiricisi olan M-kestiricisini ortaya çıkarmıştır. Bu kestirim değeri, (96) eşitlikleri, bilinmeyenleri ve EKKY ile çözümde kurulan fonksiyonel model dikkate alınarak (34) eşitliğinden,

$$M = \sum_{i=1}^n \rho(\underline{x}_i, \underline{\ell}_i) = \sum_{i=1}^n \rho\left(\sum_{j=1}^n A_{ij} X_j - \ell_i\right) = \sum_{i=1}^n \rho(V_i) = \min. \quad (99)$$

yazılabilir. Burada $\rho(\cdot)$; sıfır noktasında minimum olan düzeltmelerin bir fonksiyonudur. Bu eşitliğin çözümünden,

$$\underline{A}^T \psi(\underline{V}) = \underline{A}^T \psi(\underline{AX} - \underline{\ell}) = 0 \quad (100)$$

eşitliği yazılabilir. $\underline{X}$ bilinmeyenlerinin tek ve yakınsak olması için $\rho(\cdot)$ fonksiyonunun konveks (dışbükey), artan ve sürekli yapıda olması gerekir [18].

(100) eşitliğinin çeşitli şekillerde çözümü yapılabilir. Uygulamada en çok kullanılan çözümü ise iteratif çözümdür. Bu çözüm için (100) eşitliği düzenlenirse

$$\frac{\underline{A}^T \psi(\underline{AX} - \underline{\ell})}{(\underline{AX} - \underline{\ell})} (\underline{AX} - \underline{\ell}) = 0 \text{ ve } \underline{W} = W(\underline{V}) = \frac{\psi(\underline{V})}{\underline{V}} = \frac{\psi(\underline{AX} - \underline{\ell})}{(\underline{AX} - \underline{\ell})} \text{ dönüşümü yapılırsa,}$$

$$\underline{A}^T \underline{WV} = \underline{A}^T \underline{W}(\underline{AX} - \underline{\ell}) = 0 \quad (101)$$

eşitliği elde edilir. EKKY'nin normal denklemler çözümüne benzetilerek,

$$\underline{X} = (\underline{A}^T \underline{WA})^{-1} \underline{A}^T \underline{W}\underline{\ell} \quad (102)$$

eşitliği yazılabilir. Bu denklemin çözümü için $W(V)$ fonksiyonunun yani $\rho(V)$ fonksiyonunun bilinmesi gereklidir. Bu şekilde bilinen bir fonksiyonla iteratif ve yeniden ağırlıklandırılmalı EKKY ile çözüm,

$$\begin{aligned}\underline{X}_t &= (\underline{A}^T \underline{W}_t \underline{A})^{-1} \underline{A}^T \underline{W}_t \underline{\ell} \\ \underline{V}_t &= \left[\underline{A} (\underline{A}^T \underline{W}_t \underline{A})^{-1} \underline{A}^T \underline{W}_t - \underline{E} \right] \underline{\ell} \\ \underline{W}_t &= \underline{P} \underline{W}_{(t-1)} \quad t=1,2,\dots \\ \underline{W}(\underline{V}_0) &= \underline{E}\end{aligned}\tag{103}$$

şeklinde. Burada $\underline{P}$; ölçülerin başlangıç ağırlık matrisi, t ; iterasyon sayısı, $\underline{W}=W(V)$ ise seçilen ağırlık fonksiyonudur. Başlangıç için $\underline{W} = \underline{E}$ ve dolayısıyla $\underline{W}_1 = \underline{P}$ alınır. Bu çözüm; EKKY ile yapılan çözümden sonra $\underline{V}$ düzeltmelerinden $\underline{W}$ ağırlık matrisinin belirlenip yeniden iteratif olarak çözüm yapılması olarak özetlenebilir. Sonuçta elde edilen $\underline{X}$ bilinmeyenleri arasındaki fark belli bir sayıdan küçük olunca işleme son verilir [28], [38], [44], [45]. Bu çözümde EKKY çözümü kullanılmıştır fakat bu çözüm (99) eşitliğinde verilen M-kestirim koşulunun sağlanması için yapılmıştır. (103) eşitliğinde yeniden ağırlıklandırılmalı EKKY kestirimi ile çözümü bulunan Robust M-kestiriminde her ölçü için uygun ağırlıklar belirlenmiş ve robust bir çözüm elde edilmiştir. Bu şekilde oluşturulan EKKY algoritması robust kestirim algoritmasını oluşturmaktadır [50].

Bu şekilde yapılan bir çözüm sonucunda (103)'de verilen eşitliklerde uyumlu olan ölçülerin $\underline{X}_t$ bilinmeyenleri ve $\underline{W}_{t+1}$ ağırlıklarının değişmediği, uyumsuz sayılan ölçülerin $\underline{W}_{t+1}$ ağırlıklarının giderek küçüldüğü ve hatta sıfıra gittiği görülmektedir. Bu durumda uyumsuz ölçülerin bilinmeyenler üzerindeki bozucu etkileri de giderek azalmaktadır. Bu robust kestirimin en önemli özelliklerinden birisidir ve özellikle uyumsuz olup olmadığı kararı verilemeyen ölçülerin analizinde önemlidir. Robust M-kestirimi şu özellikleri içerir.

1. $\rho(\cdot)$ konveks bir fonksiyondur,
2. Çözüm için $\rho(\cdot)$, $\psi(\cdot)$ ve $W(\cdot)$ fonksiyonlarının birinin bilinmesi yeterlidir,
3. Yeniden ağırlıklandırılmalı EKKY çözümü ile sonuç bulunur,
4. Her ölçü için uygun robust ağırlık belirlenir
5. Bu çözüm kaba hatalardan etkilenmez [24], [38], [43].

2.6.2.1.2. Robust Kestiriminde Kullanılan Kestirici Fonksiyonlar

Tablo 2'de uygulamada sıklıkla kullanılan Robust Kestirim fonksiyonları verilmiştir [28], [46].

Bu tablodaki robust kestirim fonksiyonlarına bakılırsa ağırlık fonksiyonlarının genel olarak tüm V_i 'ler için tanımlı fonksiyonlar ve birden fazla bölge için tanımlı fonksiyonlar şeklinde ortaya çıktığı görülebilir.

Robust kestiriminde veri grubundaki gözlemlerin ağırlıkları en uygun şekilde belirlenmekte ve veri grubundan gözlem çıkarılmaksızın bilinmeyenlerin çözümü yapılmaktadır. Seçilen ağırlık fonksiyonlarının şu özelliklere sahip olması istenir.

- Sınır değerden küçük V_i 'ler için bu ağırlık 1 dolayında olmalı,
- Sınır değerden büyük V_i 'ler için ağırlıklar V_i ile ters orantılı birdenbire küçülmeli,
- Sınır değerden biraz büyük V_i 'ler için ağırlık 0.60-0.70 civarında olmalıdır. [38].

Robust Kestirim algoritmasında yakınsama, seçilecek ağırlık fonksiyonu yanında problemin türüne, kondisyonuna, kaba hataların sayısına, büyüklüğüne ve dağılımına da bağlıdır. Aynı zamanda ikinci grup ağırlık fonksiyonlarında sınır değer olarak seçilen bir c parametresi kullanılmaktadır. c sınır değeri için gerçekçi değerlerin alınması daha sağlıklı sonuçlar elde etmek için önemlidir [28].

Robust kestirici fonksiyonlarını kullanan çok değişik yöntemler vardır. Burada jeodezik amaçlar için uygulanabilir görünen ve iyi bilinen yöntemler tanıtılacaktır.

• Huber'in M-Kestirimi Yöntemi

Huber tarafından 1964 yılında ifade edilen M-Kestirim yönteminin sırasıyla; amaç, etki ve ağırlık fonksiyonları Tablo 2'de verildiği şekildedir.

Huber kestiricileri ortada normal, kuyruklarda çift üslü olan bir hata modeline dayanır. Yani Huber kestirimin model hatası Gauss merkezli ve Laplace eğrisi ile bir yoğunluk fonksiyonuna dayanır. c karşılaştırma (sınır) değeri için istatistikçiler $1.5\sigma_0$, $2\sigma_0$ gibi sabit değerler almaktadırlar fakat gerçek hata modellerine göre değişebilir [28], [30], [38], [42].

Tablo 2. Robust kestirim fonksiyonları

Yöntem	Sınır	Amaç Fonksiyonu	Etki Fonksiyonu	Ağırlık Fonksiyonu
K EKKY		$\frac{1}{2}V^2$	V	1
H Huber	$ V \leq c$	$\frac{1}{2}V^2$	V	1
	$ V > c$	$c V - \frac{1}{2}c^2$	c	$\frac{c}{ V }$
A Andrews	$ V \leq c\Pi$	$c^2 \left(1 - \cos \frac{ V }{c}\right)$	$c \sin \frac{ V }{c}$	$\left(\frac{ V }{c}\right)^{-1} \sin \frac{ V }{c}$
	$ V > c\Pi$	$2c^2$	0	0
B Beaton-Tukey	$ V \leq c$	$\frac{c^2}{6} \left(1 - \left(1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2\right)^3\right)$	$ V \left(1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2\right)^2$	$\left(1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2\right)^2$
	$ V > c$	$\frac{1}{6}c^2$	0	0
D Danimarka	$ V \leq c$	$\frac{1}{2}V^2$	V	1
	$ V > c$	$-(c^2 + c V)e^{-\frac{ V }{c}}$	$ V e^{-\frac{ V }{c}}$	$\frac{- V }{e^{-\frac{ V }{c}}}$
T EKMT		$ V $	1	$\frac{1}{ V }$

• Andrews'in Sinüs-M Kestirimi Yöntemi

Doğrusal regrasyon probleminin çözümü amacıyla Andrews (1974) tarafından geliştirilmiştir. Söz konusu yöntemin amaç, etki ve ağırlık fonksiyonları Tablo 2’de verilmiştir.

Sınır değer c için çeşitli araştırmalara dayalı olarak 1.5, 1.8 veya 2.0 değerlerinin alınması önerilmiştir.

Bu yöntemde belirlenen $c.\Pi$ sınır değerini aşan düzeltmelerin ağırlıkları sıfır yapılmaktadır. Bu özelliği sebebiyle bazı geometrik şekil ve ölçme planı yönünden sorunlu veri gruplarında uzun bir çözüm gerektirmektedir [28], [30], [35].

- **Beaton-Tukey'in M-Kestirimi Yöntemi**

İki ağırlıklı fonksiyon Beaton-Tukey (1974)'de verildiği şekli ile kestirim fonksiyonları Tablo 2'de verilmiştir.

Bu yöntemde de Andrews yöntemi gibi belirlenen c sınır değerini aşan düzeltmelerin ağırlıkları sıfır yapılmaktadır. Bu özelliği sebebiyle bazı geometrik şekil ve ölçme planı yönünden sorunlu veri gruplarında uzun bir çözüm gerektirmektedir.

- **Danimarka Yöntemi**

Danimarka yöntemi robust kestirimine çok benzemesine rağmen seçilen etki fonksiyonunun $\rho(\cdot)$ konveks (dışbükey, yakınsak) yapıda olmaması nedeniyle nitel bir robust kestirici sayılmamaktadır fakat davranışları yönünden robust fonksiyonlarından beklenen çözüm özelliklerini göstermektedir. Bu nedenle Robust Kestirim yöntemi yerine iteratif çözüm yaptığı için daha çok iteratif yöntem olarak bilinmektedir [35], [51].

Danimarka yöntemi Krarup tarafından, kaba hataları belirlemek amacıyla 1967 yılında önerilmiş ve bundan sonra Danimarka Jeodezi Enstitüsünde jeodezik hesaplamalar için standart hesaplama yöntemi olarak kullanılmıştır. Danimarka yöntemine karşılık gelen kestirim, yeniden ağırlıklandırılmalı EKKY çözümü ile başlangıç $t = 0$ çözümü için $P_0 = E$ (birim matris) alınarak çözülür. Söz konusu yöntemin amaç, etki ve ağırlık fonksiyonları Tablo 2'de verilmiştir.

P_0 ilk iterasyon için alınan başlangıç gözlem ağırlık matrisidir. c sabiti çalışmalarda 3 değerini almaktadır. Yöntemin yakınsama oranı, problemin kondisyonuna ve uyumsuz ölçülerin yüzdesine bağlıdır. Bu yüzde, jeodezik hesaplamalar için %1 civarında bulunmuştur. c katsayısı ile kestirim probleminin özelliğine uygun ağırlık fonksiyonunun seçimi Danimarka yönteminin kullanılmasında büyük öneme sahiptir [28], [35].

Burada değişik ağırlık fonksiyonları kullanılmaktadır. Bu yöntemin, konveks olmayan bir fonksiyonun minimum yapılması sebebiyle robust kestirimleri gibi sınıflandırılmayacağına dikkat edilmelidir [30].

• En Küçük Mutlak Toplam Yöntemi (L_1 -Norm)

L_1 -norm yöntemi ilk olarak astronomik konum belirleme amacıyla yapılan gözlemlerin değerlendirilmesinde Galilei tarafından 1632 yılında kullanılmıştır. Bilindiği gibi Gauss ve Legendre (1790)'dan sonra EKKY veri gruplarının analizinde yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır fakat bu yöntemin en büyük dezavantajı olarak ortaya çıkan uyuşumsuz ölçülerin tam olarak belirlenememesi ve belirlenemeyen uyuşumsuz ölçülerin sonuçları etkilemesi sorunu vardır. Bu olumsuz yönleri elimine edebilmek için ortaya atılan yöntemlerden biri de robust yöntemlerdir. En Küçük Mutlak Değerler yöntemi (EKMT veya L_1 -norm) EKKY'ne alternatif olarak ortaya atılan ilk robust yöntemlerden biridir.

L_1 -norm yöntemi, bazı hesaplama zorlukları ve sadece gerekli ölçüler için hata araştırması yaparken, fazla ölçüleri ihmal etmesi gibi nedenlerden dolayı EKKY kadar çok kullanılmamıştır. Ayrıca L_1 -norm yöntemi dengelemesinin sonuçlarının istatistiksel analizleri de son yıllara kadar yapılamamıştır. Rousseeuw ve Leroy 1987'de L_1 -norm yöntemi ile uyuşumsuz ölçülerini belirleme probleminde, L_1 -norm yönteminin en iyi özellikleri ile EKKY'ni birleştiren bir yöntem vermişlerdir. Huber de başlangıç noktası belirlemek için iteratif yöntem gerektiren hesaplamalar yapmak gerektiren kestirimlerde L_1 -norm yöntemini önermiştir. Tüm bu çalışmalardan da anlaşılabileceği gibi L_1 -norm yöntemi, klasik EKKY dengelemesini tamamlayacak ek bir yöntem olarak verilmiştir. Jeodezik veri gruplarının analizinde L_1 -norm yöntemi, çözüm için gerekli olan koordinatların yaklaşık değerlerini belirlemek için ve EKKY çözümlerinin rank bozukluğundan dolayı karşılaşılabilecek zorlukların çözülmesine ve açıklanmasına yardımcı olmak amacıyla kullanılabilir.

Aralarında doğrusal fonksiyonel bir ilişki bulunan veri grupları için verilen fonksiyonel modeldeki bilinmeyenler $(\underline{X}, \underline{V})$, $\underline{V}^T \underline{P} \underline{V} = \min$ koşulu yerine Laplace'nin 1799'da tanımladığı,

$$\|\underline{V}\| = \sum_{i=1}^n |\underline{V}_i| = \min. \quad (104)$$

hataların mutlak değerleri toplamını minimum yapılması koşulundan yararlanılarak belirlenebilir. Bugüne kadar mühendislik bilimlerinde veri gruplarının analizinde bu

yöntemin kullanılmamış olmasının nedeni etkin bir algoritmasının ve ilgili istatistik kuramların geliştirilmemiş olmasıdır. 1950'li yıllarda bu yöntemin çözümü için simpleks yöntemin ve daha sonra Barrodale-Roberts (1973)'de verilen düzenlenmiş yöntemin geliştirilmesi ile bilgisayar çalışmasına uygun bir algoritma bulunmuştur.

Farklı ölçülerin yapıldığı bir ağda L_1 -norm yöntemi ile çözüm algoritması aşağıdaki şekildedir. L_1 -norm yöntemi,

$$\underline{A} \underline{X} = \underline{b} \quad (105)$$

denklemini $\sum |V| = \min.$ amaç fonksiyonunu sağlayacak şekilde çözer. Düzenlenmiş simpleks yöntemi ise;

$$\sqrt{\underline{P}} \underline{A} \underline{X} = \sqrt{\underline{P}} \underline{b} \quad (106)$$

denklemini $\sum |V/S| = \min.$ yapmak için çözer. Burada,

$$\sqrt{\underline{P}} = \begin{bmatrix} 1/S_1 & 0 & . & . & 0 \\ 0 & . & . & . & . \\ . & 1/S_2 & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ 0 & 0 & . & . & 1/S_n \end{bmatrix}$$

olup, S_i , i ölçünün standart sapmasıdır ve ölçüler korelasyonsuz kabul edilmiştir.

L_1 -norm yönteminin düzenlenmiş L_1 -norm yöntemine dönüşümü, $\underline{A}$ matrisinin her satır ve $\underline{b}$ vektöründeki her terim ilgili ölçünün standart sapmasına bölünerek kolayca elde edilebilir. Daha sonra standart L_1 -norm algoritması çözülür. Karşılaştırma yapmak amacıyla, EKKY'nde, $(\underline{A}^T \underline{P} \underline{A}) \underline{X} = \underline{A}^T \underline{P} \underline{b}$ ve düzenlenmiş L_1 -norm yönteminde çözülür.

Matematiksel olarak L_1 -norm yöntemi $\sum |V| = \min.$ şeklinde tanımlanır ve $\underline{\ell} + \underline{V} = \underline{A} \underline{X}$ eşitliği ile verilen standart doğrusal programlama problemine kolayca

dönüştürülebilir. Çözüm için Barrodale-Roberts (1973)'de verilen düzenlenmiş simpleks yöntem kullanılır. Bilinmeyenler için en uygun çözüm,

$$\underline{X} = (\underline{A}_1)^{-1} \underline{\ell}_1 \quad (107)$$

olur. Burada $\underline{\ell}_1$; $\underline{\ell}$ ölçü vektöründen seçilmiş u adet uyşumsuz ölçü ve $\underline{A}_1$ 'de bu ölçülere karşılık gelen katsayılar matrisidir. Bu durumda bilinmeyen olarak seçilen ölçülerin hata içermediği ve düzeltmelerinin sıfır olduğu varsayılır. Geriye kalan (n-u) adet ölçünün içerisinde uyşumsuz ölçülerin bulunduğu varsayılır ve bu ölçülerin $\underline{V}_2$ düzeltmeleri, $\underline{C}_{V_2V_2}$ kovaryansı hesaplanır. Bu çözümden sonra uyşumsuz ölçüleri belirlemek için istatistik testler yapılır [28].

Sözü edilen simpleks algoritması çözüm için EKKY'den daha çok zaman gerektirir. Oysa ki, yeniden ağırlıklandırılmalı EKKY kullanılarak çok daha kolay ve az zamanda çözüm elde edilebilmektedir. Yeniden ağırlıklandırılmalı EKKY ile yöntemine göre L_1 -norm çözümüne ait kestirim fonksiyonları Tablo 2'de verilmiştir [30].

Düzeltilmelerin mutlak değerlerinin toplamını minimum yapan L_1 -norm yöntemi etkili bir robust yöntem olarak çeşitli kaynaklarda karşımıza çıkmaktadır. Bu yöntemin kaynaklardaki çözümü bilinmeyen parametreler için bir çözümün belirlenmesiyle sınırlandırılmıştır. Yöntemin en büyük avantajı çözümün kaba hatalara hassas olmaması yani kaba hatalı ölçülerle çözümde de parametre bilinmeyenleri için iyi sonuçlar elde edilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı ise tek bir çözümden dolayı düşük hassasiyetli çözümle sonuçlanması yani yalnızca u adet ölçü için hata araştırması yapması ve diğer fazla ölçüleri ihmal etmesidir. Jeodezik çalışmalarda, yüksek doğruluk elde etmek için genellikle fazla ölçü yapıldığından dolayı bu yöntem uygulamada zor kabul edilebilir.

2.6.2.1.3. Robust Kestirim Yöntemleri İçin c Parametresinin Belirlenmesi

Robust Kestirim yöntemlerinde kullanılan c parametresinin değeri, genellikle problemlerin karakteristik özelliklerinden bağımsız olarak ve tecrübelerle dayanarak seçilmiştir. c parametresi kestirim yönteminde karşılaştırma değeri olarak kullanılır ve önemli bir role sahiptir. Bir başka deyişle c parametresi, gözlem hatalarının belirli bir olasılıkla $\pm c$ sınırları içinde dağılmış olacağı varsayımına bağlı olarak ortaya çıkar. Bazı

robust kestirim yöntemlerinde kullanılan c parametreleri olasılığa bağlı değildir. Örneğin Andrews'in M-kestirim yöntemi için önerilen üç adet c değerinin, sırasıyla hangi yanılma olasılığının karşılık geldiğini bilinmemektedir. Bunun yanında Danimarka yöntemi için $\alpha = 0.001$ yanılma olasılığında ile $c = 3.29$ değeri verilmektedir fakat c parametre değeri A tasarımı matrisine bağlantılı olmamaktadır [28].

İstatistikçiler c parametresi için, $k = 1.5, 2$ gibi herhangi bir katsayı olmak üzere, $c = k\sigma$ gibi sabit değerler almaktadır. σ , ölçü kümesini temsil eden öncül bir değerdir ve $|V| < c$ yerine $\frac{|V|}{\sigma} \leq k$ da alınabilir. Uyuşumsuz ölçüler testinde σ yerine, V 'lerin standart sapmaları $\sigma_{V_i} = \sigma_0 \sqrt{q_{V_i V_i}}$ alınmaktadır. Bu durumda α yanılma olasılığı ile $E\{\nabla \ell_i\} = 0$ H_0 hipotezinin geçerli olabilmesi için,

$$\frac{|V_i|}{\sigma_0 \sqrt{q_{V_i V_i}}} \leq t_{f, 1-\alpha/2} \quad (108)$$

olmalıdır Öyleyse,

$$c_i = \sigma_0 \sqrt{q_{V_i V_i}} t_{f, 1-\alpha/2} \quad (109)$$

yazılabilir. Dengeleme probleminde, $\underline{P} \neq \underline{E}$ farklı ağırlıkların söz konusu olması durumunda (109) eşitliği,

$$c_i = \sigma_0 \sqrt{q_{V_i V_i}} \sqrt{P_i} t_{f, 1-\alpha/2} \quad (110)$$

şekline gelir. Ağırlık fonksiyonları olarak, Andrews ya da benzeri bir trigonometrik fonksiyon alınırsa, sınır değeri $c\Pi$ olacağı için (109) ya da (110) eşitliklerinin sağ yanlarının Π 'ye bölünmesi gerekmektedir [38], [46].

c parametresinin bu eşitliklerle belirlenmesinde σ_0 kuramsal değerinin kestirilmesi büyük önem taşır. σ_0 öncül değeri tam olarak belirlenemiyorsa yerine m_0 karesel ortalama hata alınır. Daha öncede açıklandığı gibi veri grubundaki uyuşumsuz ölçüler sonuçları etkilemekte ve karesel ortalama hatayı büyütmektedir. Bu nedenle σ_0 , EKKY ile elde

edilen m_0 'la sağlam kestirilemez. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak için kaynaklarda çeşitli öneriler yer almaktadır. Bu önerilerden biri σ_0 kuramsal değeri yerine aşağıdaki şekilde hesaplanabilecek bir s_0 değerinin kullanılmasıdır.

$$s_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^n W_i V_i^2}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (111)$$

Bunun için başlangıçta ilk önce V_i düzeltmeleri ve m_0 karesel ortalama hata EKKY ile bulunduktan sonra yeni geçici ağırlıklar (W_i 'ler), (103) eşitliğine göre hesaplanır. Daha sonra d_i sınır değerini aşan düzeltmeler atılır.

$$W_i = \begin{cases} W_i & V_i < d_i = m_0 \sqrt{W_i} \sqrt{Q_{V_i V_i}} t_{f,1-\alpha/2} \\ 0 & V_i \geq d_i = m_0 \sqrt{W_i} \sqrt{Q_{V_i V_i}} t_{f,1-\alpha/2} \end{cases} \quad (112)$$

Geriye kalan veri grubundaki ölçü sayısı küçükse sağlam olarak kestirilen s_0 bir düzeltme çarpanı ile küçültülür. Düzeltme çarpanı için aşağıda verilen formül önerilir. k . dereceden küçültülmüş s_0 ve c_i sınır değeri,

$$s_0 = s_0 \left(\frac{n-u}{n} \right)^k \quad k=1,2,3,\dots \quad (113)$$

$$c_i = s_0 \sqrt{W_i} \sqrt{Q_{V_i V_i}} t_{f,1-\alpha/2} \quad (114)$$

olarak hesaplanabilir [40]. Benzer şekilde (70) ve (71) eşitliklerinden k adet uyuşumsuz ölçünün global testi için hesaplanabilecek t veya T değerlerine bağlı belirli bir olasılık seviyesini kullanarak farklı yöntemler için uygun parametreleri seçebiliriz. Yanılma olasılığı α alınırsa, (71) eşitliğinden kritik değer $t_{\alpha/2}$ olur.

$$P_T = \left[\frac{V_i}{\sqrt{\underline{A}_i (\underline{A}_i^T \underline{P}_i \underline{A}_i)^{-1} \underline{A}_i^T + \underline{P}_i^{-1}}} m_{01} \leq t_{(n-k-u), 1-\alpha/2} \right] = 1 - \alpha \quad (115)$$

Böylece güven aralıkları için,

$$V_i \leq \sqrt{\underline{A}_i (\underline{A}_i^T \underline{P}_i \underline{A}_i)^{-1} \underline{A}_i^T + \underline{P}_i^{-1}} m_{01} t_{(n-k-u), 1-\alpha/2} \quad (116)$$

yazılabilir. Buraya kadar yapılan işlemler, sırasıyla Huber, Andrews, Beaton-Tukey, Danimarka ve EKMT yöntemlerine uygulandığı zaman, uygun yanılma olasılıkları ile teorik temellere dayanan c parametrelerinin seçilmesi mümkündür. Örneğin Huber'in M-kestirimi için (P=E) c parametrelerini,

$$c_i = \sqrt{\underline{A}_i (\underline{A}_i^T \underline{A}_i)^{-1} \underline{A}_i^T + 1} m_{01} t_{(n-k-u), 1-\alpha/2} \quad (117)$$

şeklinde yazabilir. Bu şekilde bir eşitlik kullanılarak keyfi önerilerin üstesinden gelinebilir. Farklı gözlemlerin, $\underline{A}$ tasarım matrisine, $\underline{P}$ ağırlık matrisine, yanılma olasılığına ve serbestlik derecesine bağlı olarak farklı c parametrelerine sahip olduğunu görmek zor değildir. Diğer kestirimler için hesaplanabilecek c parametreleri şunlardır.

$$\begin{aligned} c_i^{\text{AND}} &= \sqrt{\underline{A}_i (\underline{A}_i^T \underline{A}_i)^{-1} \underline{A}_i^T + 1} m_{01} t_{(n-k-u), 1-\alpha/2} / \Pi \\ c_i^{\text{TUK}} &= \sqrt{\underline{A}_i (\underline{A}_i^T \underline{A}_i)^{-1} \underline{A}_i^T + 1} m_{01} t_{(n-k-u), 1-\alpha/2} \\ c_i^{\text{DAN}} &= \sqrt{\underline{A}_i (\underline{A}_i^T \underline{P}_i \underline{A}_i)^{-1} \underline{A}_i^T + \underline{P}_i^{-1}} \sqrt{\underline{P}_i} t_{(n-k-u), 1-\alpha/2} \end{aligned} \quad (118)$$

Yukarıdaki eşitlikler kullanılarak, farklı yöntemler için $\underline{A}$ matrisine, öncül $\underline{P}$ ağırlık matrisine, yanılma olasılığına, serbestlik derecesine ve öncül birim ağırlıklı varyansa bağlı farklı parametreler hesaplanabilir [28].

2.6.2.2. Robust Kestirim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Robust kestirim algoritması ile Robust-M kestiriminin çözümü ve elde edilen sonuçlar yardımı ile geleneksel uyuşumsuz ölçü belirleme tekniklerinin kullanılması, Robust Kestirim yöntemlerinin EKKY teknikleriyle birleştirilmesidir.

Kestirim yöntemlerinin karşılaştırılması, hesapsal işlemlerde minimize edilen amaç fonksiyonlarına dayandırılabilir. Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi amacıyla uygulamada birçok robust kestirim yöntemleri kullanılmaktadır yöntemler arasındaki fark, çözümlerde değişik kestirici fonksiyonlarının kullanılmasıdır. Amaç, düzeltme büyüklükleri yardımı ile uyuşumsuz ölçülerin başlangıç tanısı olduğuna göre, problemin türüne uygun fonksiyonun seçilmesi gerekir. Bu anlamda karşılaştırma yapmak amacıyla EKKY, EKMT, Huber'in M-kestirimi, Andrews, Beaton Tukey ve Danimarka yöntemleri seçilir ve yöntemlere ait Şekil 18'de verilen ağırlık fonksiyonları incelenirse, uyuşumsuz ölçüleri belirleme konusunda EKMT, Andrews, Beaton-Tukey, Huber'in M-kestirim yöntemi ve Danimarka yöntemlerinin yaklaşık aynı eğilimde olacağı görülür.

Geleneksel EKKY ile test yöntemlerinin uygulanmasında, uyuşumsuz olarak belirlenen ilk ölçü, ölçü kümesinden çıkarılır. Daha sonra kalan ölçüler kullanılarak, EKKY yeniden uygulanır ve parametrelerin kestirim değerleri hesaplanır. Huber tarafından sunulan M-kestiricisi, bilinen maksimum olasılıklı kestiricinin genelleştirilmiş bir şeklidir ki bu ideal model kabulünden birazcık sapan bir dağılım modelinden türetilir. Burada ideal model olarak normal dağılım kabul edilir. M-kestirimi, düzeltmelerin bir fonksiyonunun $\rho(V)$ minimize edilmesi fikrine dayandırılır. Bu fonksiyon EKKY'nde olduğu gibi düzeltmelerin karelerinin minimize edilmesi yerine, kestirim işleminde uyuşumsuz ölçülerin etkisini kontrol eder.

M-kestirimi ile geleneksel EKKY arasındaki fark, hatalı alandaki gözlemlerle ilgilidir. Geleneksel yöntemler, dağılım dışı gözlemlerin kesinlikle silinmesi nedeniyle kesin ret yaklaşımı olarak adlandırılır. Diğer taraftan M-kestirimi, dağılım dışı ölçülerin ağırlıklarının azaltılarak modele etkisinin sınırlandırılması nedeniyle yumuşak ret yaklaşımı olarak adlandırılır.

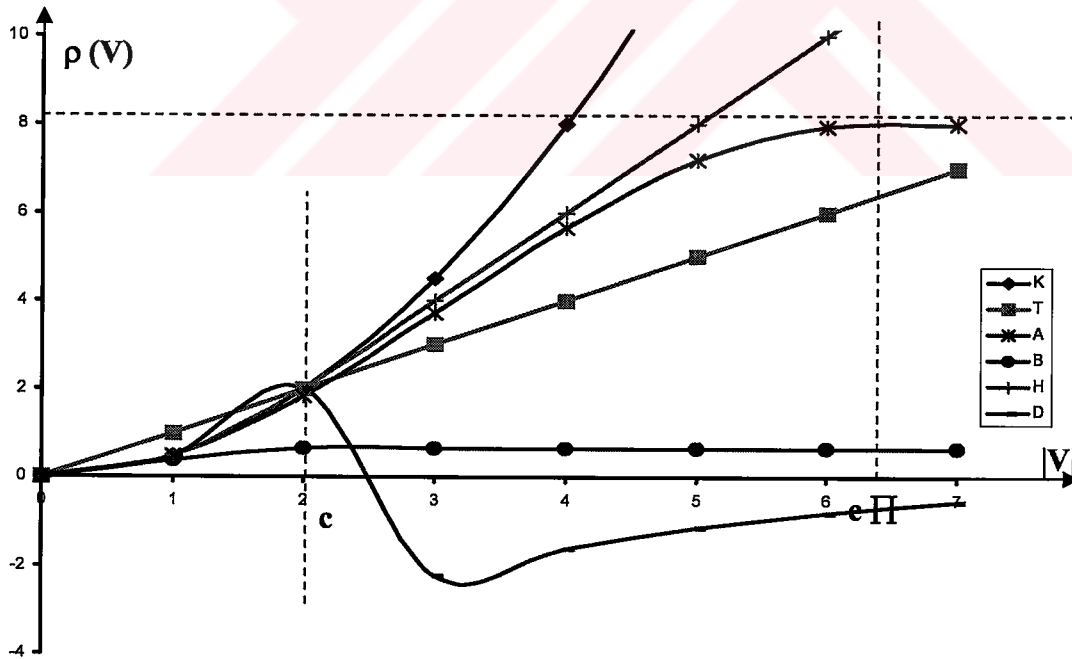
Kaba hatalardan etkilenen kestirim değerlerinin, model sapmasına direnmesi robust yaklaşımın, klasik kestirim yöntemlerine karşı bir avantajıdır. Eğer bozulmuş dağılım modelleri gerçeğe ideal modelden daha yakınsa, kestirim değerlerinin istenilen etkisinin elde edilebilmesi, bu yöntemin diğer bir üstünlüğüdür [28].

2.6.2.2.1. Çeşitli Amaç, Etki, Ağırlık Fonksiyonlarının Karşılaştırılması

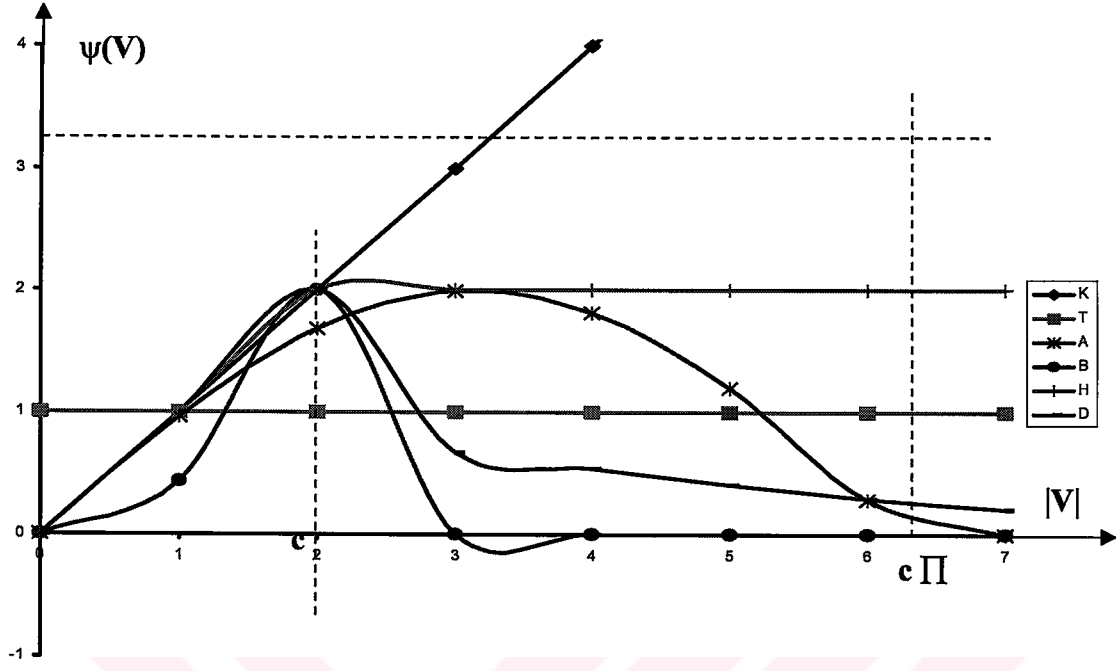
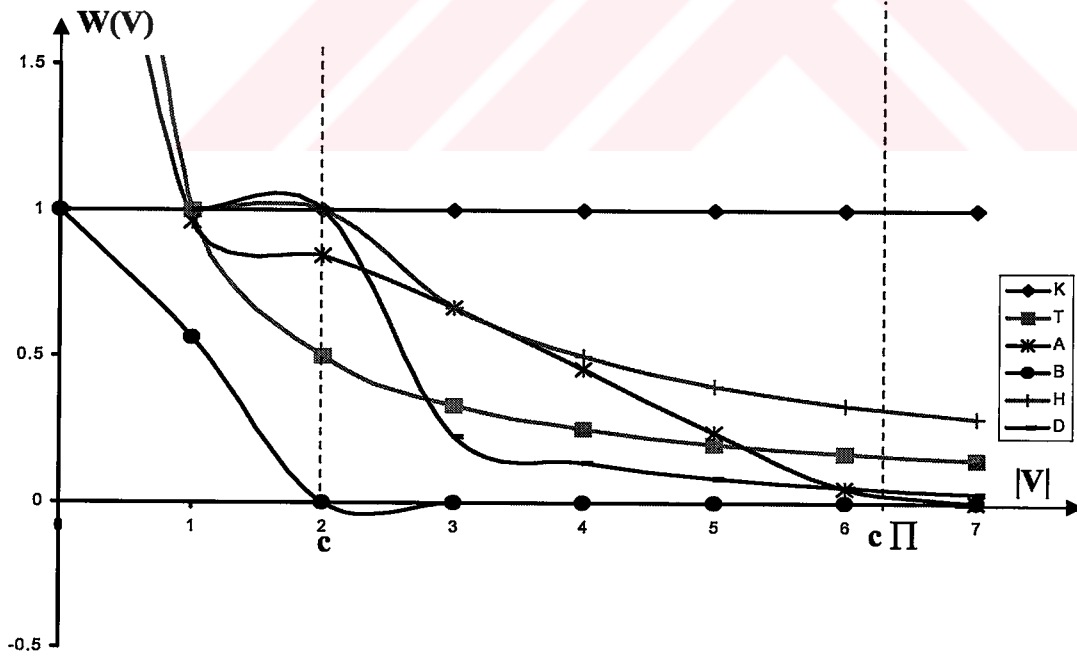
Robust kestirim fonksiyonları için amaç fonksiyonunun $\rho(V)$ türevi sınırlandırılmış nitel sağlamlık düşünülmelidir. Bu durumda EKKY nitel sağlam bir yöntem değildir, çünkü amaç fonksiyonu $\rho(V) = V^2$ kareseldir ve türevi $\rho'(V)=\psi(V)=V$ doğrusal ve sınırsızdır. Sağlam bir kestirim için türevi $\psi(V)$ doğrusal olmayan, sınırlandırılmış bir fonksiyon seçilerek nitel bir sağlam kestirici oluşturulabilir. Böylece gözlemlerdeki uyuşumsuz ölçülerin kestirilen değerlere olan bozucu etkileri azaltılır.

Huber'in önerdiği $W(V)$ veya $\psi(V)$ fonksiyonları $\rho(V)$ amaç fonksiyonu $-c \leq V \leq +c$ arasında EKKY'nin amaç fonksiyonu ile aynı olmasına rağmen bu aralığın dışında EKKY'nin amaç fonksiyonu doğrusal olarak artmaya devam eder.

Sağlam bir kestirim için $\rho(V)$, $\psi(V)$ veya $W(V)$ fonksiyonlarından yalnız birinin seçilmesi yeterlidir. Sık kullanılan bazı kestirim yöntemlerinin, Şekil 16'da amaç fonksiyonlarının, Şekil 17'de etki fonksiyonlarının ve Şekil 18'de ağırlık fonksiyonlarının davranışları görülmektedir.



Şekil 16. $\rho(V)$ amaç fonksiyonları

Şekil 17. $\psi(V)$ etki fonksiyonlarıŞekil 18. $W(V)$ ağırlık fonksiyonları

2.6.2.3. Robust Kestirim Yöntemlerinin Güvenirliği ve Kırılma Noktası

Robust yöntemler, büyük uyuşumsuz ölçüleri ortadan kaldırabilmesine rağmen bu ölçüler için istatistiki bir inceleme yapamamaktadır. Robust yöntemler bu özellikleri nedeniyle sınır uyuşumsuz ölçüleri belirlemekte zorlanırlar.

Robust yöntemlerin amacı, uyuşumsuz ölçülerin dengeleme sonuçları ve konum parametreleri üzerindeki etkilerini azaltmak ya da yok etmektir. Yapılan çalışmalarda uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesinin ön bilgilerle yapılamayacağı anlaşılmıştır. Bu durumda çeşitli kestirim yöntemleriyle ölçü grubunda uyuşumsuz ölçü olup olmadığını saptamak gerekir. Robust kestirim yöntemleri, sadece ölçü grubundaki uyuşumsuz ölçülerin etkilerini azaltmak veya yok etmek için bir uygulanır. İdeal durumda, kestirim fonksiyonunun tüm uyuşumsuz ölçüleri diğer ölçülerden ayırabileceği düşünülür.

Ölçülerin öncül ağırlık matrisi $\underline{P}$, yinelemeli ve yeniden ağırlıklandırılmalı robust çözüm sonunda elde edilen ağırlık matrisi $\underline{W}$ olsun. $\underline{W}$ 'ye bakarak bütünü bozmadan yeni ağırlıkları sıfır veya sıfıra yakın bulunan ölçülerin uyuşumsuz olduğundan kuşulanılır. Bu şekildeki bir veri grubu için, genel modeldeki ölçüler, uyumlu $\underline{\ell}_1$ ve uyuşumsuz $\underline{\ell}_2$ olarak ikiye ayrılabilir ve bu eşitlikler,

$$\begin{aligned} \frac{\underline{\ell}}{n*1} + \frac{\underline{V}}{n*1} &= \frac{\underline{A}}{n*u} \frac{\underline{X}}{u*1}, & \underline{P} &= \frac{\underline{P}}{n*n}, & \underline{W} &= \underline{W} \\ \frac{\underline{\ell}_1}{(n-m)*1} + \frac{\underline{V}_1}{(n-m)*1} &= \frac{\underline{A}_1}{(n-m)*u} \frac{\underline{X}}{u*1}, & \underline{P}_1 &= \frac{\underline{P}_1}{(n-m)*(n-m)}, & \underline{W}_1 &= \underline{W}_1 \\ \frac{\underline{\ell}_2}{(m*1)} + \frac{\underline{V}_2}{(m*1)} &= \frac{\underline{A}_2}{m*u} \frac{\underline{X}}{u*1}, & \underline{P}_2 &= \frac{\underline{P}_2}{m*m}, & \underline{W}_2 &= \underline{W}_2 \end{aligned} \quad (119)$$

şeklinde yazılabilir. Burada $\underline{A}_1$ uyumlu, $\underline{A}_2$ uyuşumsuz sayılan ölçülerin katsayılar matrisi, $\underline{P}_1$ uyumlu, $\underline{P}_2$ uyuşumsuz sayılan ölçülerin ağırlık matrisidir. Yinelemeli ve yeniden ağırlıklandırılmalı robust çözüm sonunda,

$$\underline{P}_1 \approx \underline{W}_1, \quad \underline{W}_2 \approx 0, \quad \underline{P}_2 \neq \underline{W}_2 \quad (120)$$

olur. Burada $\underline{W}_1$, $\underline{\ell}_1$ uyumlu sanılan ölçülerin yineleme süreci sonunda elde edilen yeni ağırlık matrisi, $\underline{W}_2$ ise $\underline{\ell}_2$ uyuşumsuzların yeni ağırlık matrisidir. Kestirimin amaç

fonksiyonu, $\sum \rho(\underline{AX} - \underline{\ell}) \cong \sum \rho(\underline{AX}_1 - \underline{\ell}) = \min$ şeklindedir. Yani $\underline{X}$ ve $\underline{X}_1$ bilinmeyenleri yaklaşık olarak birbirine eşittir. Bu durumda amaç fonksiyonunun,

$$\underline{X} \approx \underline{X}_1 \quad (121)$$

$$\underline{V}_2 = \underline{A}_2 \underline{X} - \underline{\ell}_2 = \underline{A}_2 \underline{X}_1 - \underline{\ell}_2 \quad (122)$$

olacağı sonucunu çıkarabiliriz. (122) eşitliği, uyşumsuz sayılan ölçüleri içeren $\underline{\ell}_2$ vektörüne karşılık gelen düzeltme vektörüdür. Eğer varyans-kovaryans dağılım kuralını kullanırsak $\underline{\ell}_2$ ya da $\underline{\ell}_2$ 'nin herhangi bir elemanının uyşumsuz ölçü içerip içermediğini kontrol etmek için istatistik testleri kolayca uygulayabiliriz. Daha da ötesi, robust kestirim yöntemlerinde kullanılan c parametresi için amacımıza uygun teorik bir değer seçmek daha da kolaylaşır [28], [38].

Başarıyla uygulanan tüm robust kestirim yöntemleri, seçilen ağırlık fonksiyonları ile uyşumsuz ölçülerin ağırlıklarını adım adım sıfıra doğru yaklaştırır. Amaç fonksiyonu ve (121) eşitliklerinden $\underline{X}$ bilinmeyenlerinin tamamının $\underline{\ell}_1$ 'den kestirilmiş olduğunu görebiliriz. Bir başka deyişle $\underline{\ell}_2$ 'nin $\underline{X}$ 'in kestiriminde hiçbir katkısı olmadığı söylenebilir. Genel olarak robust kestirim yöntemlerinin, EKKY algoritması ile iteratif çözümü için,

$$\sum_{i=1}^n (W_i V_i^2)_m = \min. \quad (123)$$

olup, m iterasyon sayısıdır. Bundan başka $\underline{X}_1$ $\underline{\ell}_1$ uyşumlu ölçü kümesinden, $\underline{X}$ tüm ölçü kümesinden robust kestirim veya iteratif yöntemler kullanılarak elde edilen kestirilmiş bilinmeyenleri göstermektedir. (123) eşitliğine göre normal denklemler,

$$(\underline{A}^T \underline{W} \underline{A}) \underline{X} = \underline{A}^T \underline{W} \underline{\ell} \quad (124)$$

şeklinde ifade edilir. Eğer $t \leq q$ ise $\underline{P}_i^t$, $\underline{P}_1$ (i. ölçünün öncül ağırlığı) değerini alır. Burada t, herhangi bir iteratif yöntemde kullanılan herhangi bir test istatistiğinin sınır değeri ve q değeri de α anlamlılık seviyesi altında kritik değerdir. Böylece (124) eşitliği,

$$(\underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{A}_1 + \underline{A}_2^T \underline{W}_2 \underline{A}_2) \underline{X} = \underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{\ell}_1 + \underline{A}_2^T \underline{W}_2 \underline{\ell}_2$$

şeklini alır. (120) eşitliği dikkate alınarak $\underline{W}_2$ terimi ihmal edilirse,

$$\underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{A}_1 \underline{X} = \underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{\ell}_1 \quad (125)$$

olur. Bilinmeyenler ve bilinmeyenlerin varyans-kovaryans matrisi,

$$\begin{aligned} \underline{X} &\approx (\underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{A}_1)^{-1} \underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{\ell}_1 = \underline{X}_1 \\ \underline{C}_{xx} &= (\underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{A}_1)^{-1} \sigma_0^2 \end{aligned} \quad (126)$$

şeklinde yazılabilir. Artık birim ağırlıklı varyans, $\underline{\ell}_1$ uyumlu sanılan ölçülerden EKKY'ne göre uyumsuz ölçülerin bozucu etkilerinden arınmış olarak bulunabilir, yani (126) eşitliğini kullanarak, (127) eşitliklerinden elde edilebilir. Burada m_{01}^2 birim ağırlıklı varyans, k ise uyumsuz sayılan ölçülerin sayısıdır. Böylece elde edilen düzeltmelerde uyumsuz ölçüler $\underline{V}_2$ 'de toplanmış, yani uyumsuzlar yerel kalmış diğer uyumlu ölçülerin üzerine yayılmamış olur.

$$\begin{aligned} \underline{V}_2 &= \underline{A}_2 \underline{X} - \underline{\ell}_2 = \underline{A}_2 (\underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{A}_1)^{-1} \underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{\ell}_1 - \underline{\ell}_2 \\ \underline{V}_1 &= \underline{A}_1 \underline{X}_1 - \underline{\ell}_1 = \underline{A}_1 \underline{X} - \underline{\ell}_1 \\ \underline{V} &= \underline{A} \underline{X} - \underline{\ell} = \underline{A} \underline{X}_1 - \underline{\ell} \\ \underline{C}_{v_2 v_2} &= \left[\underline{A}_2 (\underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{A}_1)^{-1} \underline{A}_2^T + \underline{P}_2^{-1} \right] \sigma_0^2 \\ m_{01}^2 &= \frac{\underline{V}_1^T \underline{P}_1 \underline{V}_1}{n - k - u} \end{aligned} \quad (127)$$

$\underline{V}$ düzeltmeler vektörü,

$$\underline{V} = \begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{V}_2 \end{bmatrix}$$

olarak yazılabilir. Birim ağırlıklı varyans m_{01}^2 uyuşumsuz ölçülerden etkilenmemiş olarak bulunduğundan sonra, $\underline{V}$ düzeltmelere ya da kuşkuu uyuşumsuzları içeren $\underline{V}_2$ vektörüne, geleneksel uyuşumsuz ölçüler testi uygulanabilir [28], [38].

Uyuşumsuz ölçülerin (k adet) global testi için,

$$u = \underline{V}_2^T \underline{C}_{V_2 V_2}^{-1} \underline{V}_2 \quad (128)$$

ve test istatistikleri için T ile verilen,

$$T = \frac{\frac{u}{k}}{\frac{m_{01}^2}{\sigma_0^2}} = \frac{\underline{V}_2^T \underline{C}_{V_2 V_2}^{-1} \underline{V}_2}{\frac{km_{01}^2}{\sigma_0^2}}$$

$$T = \frac{\underline{V}_2^T [\underline{A}_2 \underline{C}_{XX} \underline{A}_2^T + \underline{P}_2^{-1} \sigma_0^2] \underline{V}_2}{\frac{km_{01}^2}{\sigma_0^2}} \sim F_{k, (n-k-u), 1-\alpha_F} \quad (129)$$

eşitlikleri ifade edilir. $\underline{V}_2$ 'nin her elemanı için t ile tanımlanan istatistik eşitliği,

$$t = \frac{\frac{V_i}{\sqrt{C_{V_i V_i}}}}{\frac{m_{01}}{\sigma_0}} = \frac{V_i}{\left[\underline{P}_1^{-1} - \underline{A}_1 \left(\underline{A}_1^T \underline{P}_1 \underline{A}_1 \right)^{-1} \underline{A}_1^T \right] m_{01}} \sim t_{(n-k-u), 1-\alpha_t/2} \quad (130)$$

olur. T ve t istatistiklerinin sırasıyla F ve t dağılımlarına sahip oldukları görülür F testi $\underline{\ell}_2$ 'nin global testi için uygundur, t testi ise $\underline{\ell}_2$ 'nin her elemanını test etmektedir. F ve t testlerinin her ikisi de $\underline{V}_2$ 'nin tahmin değerini kullanır. Bu nedenle teorik olarak ikisi de güvenilir sonuçlar verir.

k adet uyuşumsuz ölçünün global testi için yanılma olasılığı α_F alındığında, bütünü kapsayan bir testin (uyuşumsuz ölçülerin her biri için) yanılma olasılığı, $\alpha = \alpha_F / k$ alınır. Özetle, EKKY ve robust kestirim yöntemleri, düzeltme büyüklüklerine dayanarak uyuşumsuz ölçülerin başlangıç tanımlamasında kullanılır. Robust kestirim yöntemlerinin özellikleri hakkında çok fazla bilgi olmadığı için, uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi

amacıyla bu yöntemler tam doğruluklu rakamsal veriler üretemezler. Bu anlamda uyuşumsuzların robust kestirim yöntemi ile belirlenmesinin istatistik anlamı net değildir. Bu nedenle robust kestirim yöntemleri başlangıç değerlerle ilişkilidir, yani uyuşumsuz ölçülerin başlangıç tanımlamasını yaparlar.

Robust kestirim, EKKY ve istatistik testlerle uygulanan uyuşumsuz ölçü belirleme yöntemini şu işlem adımları ile özetleyebiliriz.

- Uyuşumsuz ölçülerin robust kestirim yöntemiyle başlangıç tanımlaması,
- (119) ve (120) ile verilen modelin iki parçaya ayrılması ve dengeleme modelinin (126) eşitliğinden elde edilen $\underline{X}$ kestirimine dayalı olarak yapılması,
- (127) eşitliğinden $\underline{V}_2$ düzeltmeler vektörünün belirlenmesi ve bu düzeltmelerin varyans-kovaryans matrislerinin hesaplanması,
- Global test için F testinin kullanılması,
- Sıfır hipotezi reddedilirse, buna $\underline{\ell}_i$ ölçülerinden hangilerinin neden olduğunun t testi ile incelenmesi [24].

EKKY'nin kırılma noktasına çok duyarlı olması sonucunda farklı kestiriciler kullanılması fikri ortaya çıkmıştır. Karesel formların uygun olmaması nedeniyle En Küçük Mutlak Toplam (EKMT, L_1 -norm) regresyon kestiricileri kullanılmaya başlanmıştır. (104) eşitliğiyle verilen amaç fonksiyonuna göre bu kestiriciler medyana benzemesine rağmen tamamen aynı değildir. Medyanın kırılma noktası %50 kadar yüksekken bu yöntemin kırılma noktası 0'dan fazla değildir. Bunun nedeni L_1 -norm kestiricilerinin Y doğrultusundaki uyuşumsuz ölçülere karşı çok güçlü olmasına rağmen X doğrultusundaki uyuşumsuz ölçülere karşı çok hassas olması ve etkilenmesidir.

M-kestiricileri EKKY'nin amaç fonksiyonundaki $\underline{V}_i^2$ düzeltme kareleri formu yerine düzeltmelerin başka bir formunun gelmesi esasına dayanır.

$$\sum_{i=1}^n \rho(V_i) = \min.$$

Bu eşitliğin (88) eşitliğinde verilen regresyon kestiricisi uygulanması için türevi alınırsa

$$\sum_{i=1}^n \psi(V_i) X_i = 0 \quad \text{veya} \quad (131)$$

$$\sum_{i=1}^n \psi\left(\frac{V_i}{\hat{\sigma}}\right) X_i = 0, \quad X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ip})$$

etki fonksiyonu elde edilir.

M-kestiricileri Y yönünde uyuşumsuzluklara karşı robust olmalarına rağmen, X yönündeki uyuşumsuzların etkisi sebebiyle yine kırılma noktaları $1/n$ 'dir. Bu nedenle daha etkili olan genelleştirilmiş M-kestiricileri ortaya atılmıştır. Asıl amaç X yönündeki uyuşumsuzların etkisini seçilebilecek yeni bir ağırlık fonksiyonu yardımıyla sınırlamaktadır. Bunun için aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$\sum_{i=1}^n W(X_i) \psi\left(\frac{V_i}{\hat{\sigma}}\right) X_i = 0 \quad (132)$$

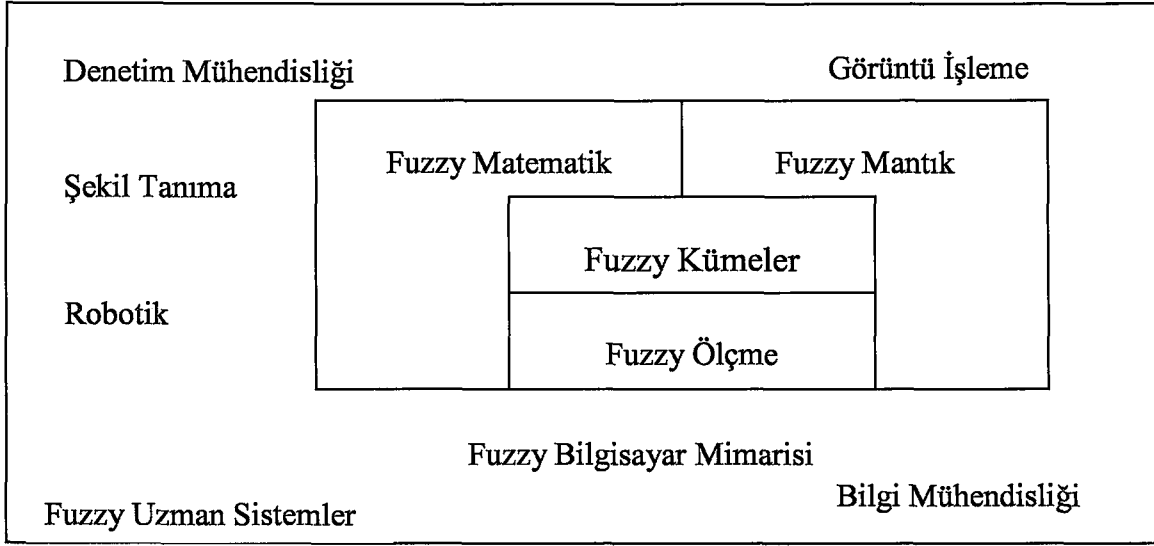
Bu kestiriciler tek bir uyuşumsuz ölçünün etkisini sınırlamak için kullanılır. Genelleştirilmiş M-kestiricilerinin kırılma noktaları bilinmeyen sayısı arttıkça küçülür. Halbuki boyut arttıkça uyuşumsuz çıkma olanakları artacaktır. Genellikle basit regresyon için bu yöntemlerin kırılma noktası %30'a ulaşamaz. Andrews ve Beaton-Tukey kestiricilerinin kırılma noktası %30'dur [26], [36].

2.6.3. Fuzzy Mantık Yöntemi ve Küme Teorisi

Araştırmacılar ve uygulamacılar, belirsizlik hakkında daha fazla şey öğrenebilmek için çok çaba sarfetmektedirler. 1965 yılında Zadeh belirsizliğin temsili için Fuzzy küme teorisini geliştirmiş ve bilim dünyası için çok önemli bir dönüm noktası olmuştur.

Fuzzy mantık, gözlemlerin analizi için genel bir fikir sağlayan mantık sistemlerinde karar vermek ya da sistemin kontrolü için kullanılan bir sistemdir. Bu sistemde, bir üyelik fonksiyonu yardımıyla oluşturulan fuzzy kümeleri karşılaştırır ve gözlemlerin durumunu belirlenmeye çalışılır [48].

Fuzzy kümelerin uygulama alanları şu şekilde verilebilir.



Şekil 19. Fuzzy kümenin uygulama alanları

Fuzzy mantığın ana amacı, belirsizlik ifade eden tanımlanması güç veya anlamı zor kavramlara üyelik derecesi atayarak onlara belirlilik getirmektir. Modern mantıkta bir kümeyi oluşturan elemanlar keskin elemanlar olup her eleman bir kümenin üyesidir ya da değildir [49]. Bu şekilde sorgulamada değişkenler için uygun üyelik fonksiyonu kullanılarak kesin sınırların genişletilmesi ve gözlemleri üyelik derecelerine göre sınıflandırması sağlanabilir. Fuzzy mantık yaklaşımında her eleman oluşan üyelik fonksiyonuyla fuzzy kümelerine bağlıdır. Genelde üyelik derecesi $[0,1]$ arasında gerçek sayılardır, 0 üyeliğin olmadığını, 1 tam üyeliği gösterir. Üyelik fonksiyonunun şekil ve formunun seçimi çok önemlidir ve karar verme yöntemleri için üretilen sonuçlarda güçlü etki sağlar. Her elemanın üyelik değerinin miktarı ait olduğu kümenin derecesidir. Fuzzy küme teorisi uygun üyelik fonksiyonunun kullanımıyla elde edilen üyelik değerlerinden dolayı uyumsuz değerler kümesini de oluşturmakta kullanılabilir [50].

Burrough (1989)'a göre fuzzy küme matematikte ve kavramsal modelde belirsizlik ya da karasızlıkla ilgili durumların değerlendirilmesinde kullanılır. Fuzzy analizi, yanlış ya da doğrudan biri gibi nitelik ya da derece kullanan fuzzy mantık tabanlıdır. Fuzzy analizinin sonucu mantıkla tam olarak tanımlanamaz. Fuzzy mantık fuzzy kümeleriyle kesin faktörlerin hesabı için ana sistemi sağlar. Örneğin olası, çok olası değil, oldukça kesin ya da çok olası gibi fuzzy değerler ya da olasılıklar olarak gösterilebilir. Bu

bakımdan Zadeh (1984)'e göre fuzzy mantık uzman sistemlerde belirsizliğin yönetimi için etkili bir araçtır [51], [52].

Küme teorisi klasik olarak şu şekilde açıklanabilir. Z bağımsız gözlemleri A kümesinin üyesidir ve A kümesi 0 ya da 1 arasında değer alan m üyelik fonksiyonuyla açıklanır. Örneğin,

$$\mu_{\tilde{A}(Z)} = 1, \quad \text{eğer } b_1 \leq Z \leq b_2 \quad (133)$$

$$\mu_{\tilde{A}(Z)} = 0, \quad \text{eğer } Z < b_1 \text{ ya da } Z > b_2$$

olarak verilebilir. b_1 ve b_2 A kümesinin sınırlarını tanımlar. Klasik kümelerin yalnız binary üyelik fonksiyonuna izin verdiğine dikkat edilmelidir. Fuzzy küme teorisi klasik küme teorisinin genişletilmiş halidir. Bir A fuzzy kümesi matematik olarak şu şekilde tanımlanır. Eğer $Z = \{z\}$ uzay objelerini gösterirse, Z' 'de A fuzzy kümesi

$$A = \{z, \mu_{\tilde{A}}(z)\}, \quad z \in Z \quad (134)$$

şeklinde tanımlanır. Burada üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(z)$, A kümesinde z 'nin üyelik derecesi olarak bilinir.

Üyelik fonksiyonları bir fuzzy kümeyi ifade ettiklerinden, tanımlanmaları fuzzy küme teorisi içinde önemli bir yer tutar. Üyelik fonksiyonları değişken parametreleri olan bir fonksiyon veya bir tablo olarak ifade edilebilirler. Bu fonksiyonlar denetlenen duruma göre üçgen, çan, yamuk şeklinde olabilirler [53], [54].

2.6.3.1. Fuzzy Mantık Yöntemi İle Uyuşumsuz Gözlemlerin Belirlenmesi

Gözlemlerdeki gerçek hatalar genelde bilinemediği için düzeltmeler ve redundanslar uyumsuz ölçüler analizinde test için bir araç olarak kullanılır.

(34) eşitliğinde verilen lineer fonksiyonel modelin $\nabla \underline{\ell}$ gözlem hataları vektörünü de içerdiğini düşünelim. Bu gözlem hataları ve düzeltmeler arasındaki matematiksel ilişki (40) eşitliğinden,

$$\begin{aligned}
\underline{V} &= -\underline{Q}_{vv} \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \nabla \underline{\ell} \\
\underline{R} &= \underline{Q}_{vv} \underline{Q}_{\ell\ell}^{-1} \text{ Redundans matrisi} \\
\underline{V} &= -\underline{R} \nabla \underline{\ell}
\end{aligned} \tag{135}$$

şeklindedir. R redundans matrisi gözlem hataları ile düzeltmeler arasındaki ilişkiyi gösterir. Açık formda, model hatalarından düzeltmelere dönüşüm

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdot & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdot & r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdot & r_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \nabla \ell_1 \\ \nabla \ell_2 \\ \cdot \\ \nabla \ell_n \end{bmatrix} \tag{136}$$

eşitliği şeklindedir. Bu eşitlik her gözlemin düzeltilmesinin redundans matrisinin karşılık gelen elemanları büyüklüğünde tüm gözlem hatalarından etkilendiğini gösterir. Hem korelasyonlu hem de korelasyonsuz dengelemede R redundans matrisinin rankı fazla ölçü sayısına eşittir ve dolayısıyla bu matris pozitif tanımlı değildir. Başka bir deyişle hatalar tek anlamlı olarak hesaplanamaz. Bu durumda istatistik karar sürecine dayanan gerek uyumsuz ölçü belirleme testleri gerekse robust kestiriminde, ölçü hataları $\nabla \underline{\ell}_i$ yerine düzeltmelerin V_i istatistik büyüklükleri ele alınır. Buna karşın fuzzy mantığında, redundans matrisi elemanlarından yararlanılarak, hataların düzeltmeler üzerindeki etkilerini belirleyen üyelik ilişkileri kurulabilmektedir.

(135) eşitliği irdelendiğinde; redundans matrisinin satırları tüm ölçülerde ortaya çıkan olası ölçü hataların tek bir ölçü düzeltmesi üzerindeki toplam etkisini göstermektedir. Buna karşın sütun elemanları ise; her bir olası ölçü hatasının ayrı ayrı düzeltmeler üzerindeki katkısını ortaya koymaktadır. Özellikle ilgili sütun elemanları arasındaki ilişkiler, herhangi bir ölçünün uyumsuz olarak görünmesindeki olumsuz etkileri göstermektedir. Bu durum, en küçük kareler yönteminin hataları yayma ve aynı zamanda da gizleme özelliğinden kaynaklanan sorunları sorgulama olanağını sağlamaktadır [55].

Ayrıca, negatif olmayan sınırlardan, R matrisinin simetrikliği ve büyüklükleri ile ilgili özellikleri r_{ii} , r_{ij} ve r_{jj} elemanları arasındaki ilişki şu şekilde verilmiştir.

$$\begin{aligned}
|r_{ij}| &\leq \sqrt{r_{ii} \cdot r_{jj}} \\
|r_{ij}| &\leq \sqrt{(1-r_{ii})(1-r_{jj})} \\
|r_{ij}| &\leq \sqrt{r_{ii}(1-r_{jj})} \\
|r_{ij}| &\leq \sqrt{r_{jj}(1-r_{ii})}
\end{aligned} \tag{137}$$

Eşitlikteki son iki ifade sadece $r_{ii} + r_{jj} = 1$ olma durumunda geçerlidir [56].

İlk dengelemeden sonra (136) eşitliğinde verilen ilişkide dikkate alınarak, her düzeltme için test değerleri hesaplanır. Klasik uyumsuz ölçüler testinde test değeri iteratif olarak hesaplanır ve sadece en büyük değerli düzeltmenin ölçüsü ölçü grubundan çıkartılır.

İstatistiksel sınırlarla her düzeltmenin test değeri karşılaştırıldıktan sonra fuzzy kümede düzeltmeler iki gruba ayrılır. Normal düzeltmelerin gözlem grubu (istatistiksel sınırın altındaki test değerleri) $N\{V_i\}$, anormal düzeltmelerin gözlem grubu (istatistiksel sınırın üstündeki test değerleri) $M\{V_i\}$.

İstatistiksel sonuçta, istatistiksel limiti önemsiz değerde aşan testin gözlemleri de anormal gözlemler kümesine dahil olurlar. Bu kararsız (kesin olmayan) durumun çaresini bulmak için redundans matrisinin elemanları ve gözlem hataları arasında fuzzy üyelik ilişkisi kullanılabilir.

Hipotez testlerinden sonra, üyelik fonksiyonu düzeltmelerin üyeliğini gösterir. İstatistiksel limitin altındaki test değerlerinin oluşturduğu $N\{V_i\}$ alt grubunun elemanları sıfır üyelik değerini alır. İstatistiksel limitin üstündeki test değerlerinin oluşturduğu $M\{V_i\}$ alt grubunun elemanları ise istatistiksel limitin sapmaları, serbestlik derecesi ve testin güven durumuna göre $[0,1]$ arasında üyelik değerini alırlar. Bunun anlamı büyük uyumsuzluklardan büyük ölçüde etkilenecek oluşturulan düzeltmelerin karışmasıyla üyelik fonksiyonları oluşturulur.

$$\mu_{\tilde{M}(v_i)} = \begin{cases} 0 & T_i < t_i \\ \frac{1}{1 + \frac{f}{n} \left(\frac{\alpha}{T_i - t_i} \right)^2} & T_i > t_i \end{cases} \tag{138}$$

Yukarıdaki fonksiyona göre her düzeltmenin üyelik fonksiyonu hesaplanır. Serbestlik derecesi f 'nin artması hassasiyeti azalacağı için serbestlik derecesi f fonksiyonunun özellikli (karakteristik) parametresi olmak zorundadır [55].

(138) eşitliği kullanılarak, uyuşumsuz ölçülerden çok fazla etkilenmemiş düzeltmelerin üyelik fonksiyonları da fuzzy küme teorisinden kolayca hesaplanabilir.

$$\mu_{\tilde{N}(v_i)} = 1 - \mu_{\tilde{M}(v_i)} \quad (139)$$

Gözlem hatalarının fuzzy üyelik ilişkilerini belirlemek için redundans matrisinin satır satır elemanlarının normalleştirilmesi kullanılır.

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{|r_{ij}|}{\max(r_{ij})} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (140)$$

(140)'a göre normalleştirilerek elemanları 0 ve 1 arasında olan rölatif redundans matrisi elde edilir. Matrisin satırları ve sütunları sırayla her düzeltmedeki gözlem hatasının rölatif etkisini ve düzeltmedeki gözlem hatalarını gösterir.

Gözlem hataları da düzeltmelerdeki gibi iki grupta ele alınabilir. Örneğin A alt grubu anormal düzeltmelerde maksimum etkiye sahip gözlem hatalarından, B alt grubu normal düzeltmelerde minimum etkiye sahip gözlem hatalarından oluşabilir.

Daha önce anlatıldığı gibi A ve B kümelerinin üyelik değerlerini tanımlamak için $\tilde{R}$ rölatif redundans matrisi ve üyelik değerleri $\mu_{\tilde{A}(v_{\ell_i})}$ ve $\mu_{\tilde{B}(v_{\ell_i})}$ olsun. Üyelik değerleri şu şekilde hesaplanır.

$M_{(v_i)}$ fuzzy kümesinde $m_{\tilde{M}(v_i)} \geq 0.5$ üyelik değerine sahip olan düzeltmelerde i . gözlemin hatasının maksimum rölatif etkisi belirlenir.

$$\tilde{r}_{ij} = \max_{k = u, v, \dots, e}(\tilde{r}_{ki}) \quad k < n \quad (141)$$

Sonra gözlem hatalarının üyelik fonksiyonu hesaplanır.

$$\mu_{\tilde{A}(\nabla \ell_i)} = \tilde{r}_{ji} \mu_{\tilde{M}(V_i)} \quad (142)$$

aynı şekilde B kümesinin üyelik fonksiyonu da

$$\mu_{\tilde{B}(\nabla \ell_i)} = (1 - r_{mi}) \mu_{\tilde{N}(V_i)} \quad (143)$$

şeklindedir. $\mu_{\tilde{N}(V_i)} \geq 0.5$ üyelik değerine sahip olan düzeltmede i. gözlemin hata sınırı maksimum rölatif etkisidir ve şu şekilde hesaplanır.

$$\tilde{r}_{mi} = \max_{k - x, y, \dots, z}(\tilde{r}_{ki}) \quad (144)$$

Büyük hatalardan çok fazla etkilenen gözlemler anormal düzeltmelerde maksimum etkiye sahiptirler. Buna rağmen bu gözlemler normal düzeltmelerde minimum etkiye sahiptirler. (142) ve (143) eşitliğiyle verilen üyelik fonksiyonunun min. değeri tartışılan ℓ_i gözlemlerinin sınır dışındaki derecesini gösterir.

Fuzzy küme teorisine göre, A ve B fuzzy kümelerinin kesişimi H kümesini oluşturur.

$$\mu_{\tilde{H}(\nabla \ell_i)} = \min[\mu_{\tilde{A}(\nabla \ell_i)}, \mu_{\tilde{B}(\nabla \ell_i)}] \quad (145)$$

H kümesinin elemanlarının üyelik değerlerine dikkat edilirse, gözlemlerin sınır değerleri ne kadar büyükse gözlem değerlerinin de büyük olduğu sonucu çıkarılabilir. Bu nedenle, gözlemlerin üyelik fonksiyonları ya da sınırlarıyla karar verilebilir.

Anlamalı sınırlı bir değer belirlemek için ağırlıklı ortalama fuzzyleştirme metodu kullanılır.

$$C_H = \frac{\sum P_i \mu_{\tilde{H}(\Delta i)}}{\sum P_i} \quad (146)$$

Burada,

$$P \Rightarrow \begin{cases} \mu_{\tilde{H}(\nabla \ell_i)} \in \mu_{\tilde{A}(\nabla \ell_i)} & P_i = \tilde{r}_{ji} \\ \mu_{\tilde{H}(\nabla \ell_i)} \in \mu_{\tilde{B}(\nabla \ell_i)} & P_i = 1 - \tilde{r}_{mi} \end{cases} \quad (147)$$

olarak alınmaktadır. Sonuç olarak üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{H}(\nabla \ell_i)}$ C_H değeriyle karşılaştırılır ve $\mu_{\tilde{H}(\nabla \ell_i)} > C_H$ ise gözlemlerin sınır dışında olduğudur, farklı bir kümede olduğuna karar verilir [50], [55] [56].

2.6.3.2. Fuzzy Mantık Yönteminin Güvenirliği ve Kırılma Noktası

Fuzzy küme teorisinin uyuşumsuz ölçüleri belirlemekte kullandığı R redundans matrisi EKKY tabanlıdır. R redundans matrisi ve bu matrisin elemanlarıyla $\underline{V}$ düzeltmelerinin hesabı (40) ve (135) eşitliğinde verilmiştir. Bu eşitlikler incelendiğinde normlandırılmış redundans matrisindeki değerlerin 0 ve 1 arasında değiştiği görülmektedir. $r_i = 1$ olduğu durumda EKKY yönteminin zayıf yönü olan yayma etkisiyle uyuşumsuz ölçülerin düzeltmeleri etkilemediği görülmektedir.

Fuzzy mantık yöntemi kullanılarak R redundans matrisi elemanlarını oluşturan değerleri inceleme şansımız olmaktadır. Üyelik fonksiyon değerleri oluşturularak uyuşumsuz ölçü hatalarından en az etkilenen ölçü grubu oluşturulmaya çalışılır. Bu şekilde uyuşumsuz ölçü hatalarından arındırılmış değerler üzerinde yapılan istatistik inceleme ile daha sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir.

Fuzzy küme teorisi ile yapılan çözümde uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi için ön tanı konulabilir. Bu çözümde, her ölçünün duyarlılığı ve diğer ölçülere göre ölçme planındaki yeri de göz önüne alınarak uyuşumsuz ölçülerin etkileri derecelendirilerek uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi sağlanmaktadır.

Kırılma noktasının tanımlanması için kullanılan amaç fonksiyonu EKKY ile aynıdır. Yani bu yöntemin kırılma noktası da EKKY'ne eşittir ve $1/n$ eşitliğiyle hesaplanır. Fakat bu yöntemin diğer ölçülerin düzeltmeler üzerindeki etkilerini incelemeye olanak vermesi yöntemi kullanılır hale getirmektedir ve uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesinde etkili bir yöntem yapmaktadır.

2.7. Sayısal Uygulama

Yapılan teorik çalışmanın yanında anlatılan yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarının tam olarak irdelenebilmesi için bu yöntemlerin Delphi programlama dilinde uygulama programları yazılmış ve seçilen bir test ağı yardımıyla sonuçlar elde edilmiştir. Delphi, visual (görsel), kullanımı oldukça rahat, kapasite ve boyut sorunu olmayan, elde edilen programı compile edebilen (derleyebilen) bir programlama dilidir. [57], [58]. Son özelliğinden dolayı birçok ilde ve ilçede yapılaşmış olan kamu kurumları için kullanımı çok avantajlıdır . Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde de merkez ve taşra teşkilatları için oluşturulan programlarda Delphi programlama dili kullanılmaktadır.

Yapılan çalışmanın ilk kısmında, üç boyutlu koordinat sistemleri ve Bursa-Wolf, Molodensky-Badekas ve Veis dönüşüm modelleri açıklanmıştır. Bu yöntemler için yazılan programlardan elde edilen program sonuçları irdelenerek koordinat dönüşüm modellerinin avantajları ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın diğer kısmını ise uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi yöntemleri oluşturmuştur. Bu nedenle, geleneksel çözüm yöntemleri, son yıllarda kullanılmaya başlanan ve uygun sonuçlar vermesi nedeniyle tavsiye edilen robust kestirim yöntemleri ve ölçülerle ölçü hatalarının ilişkilerini içeren redundans matrisinin incelenerek uyuşumsuz ölçü grubunun belirlenmesi esasına dayanan, çok yeni uygulanmaya başlanan Fuzzy Mantık yöntemleri incelenmiştir. Bu üç yöntem için yazılan programlardan elde edilen uygulama sonuçları irdelenerek uyuşumsuz ölçü yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada yöntemlerin incelemek ve karşılaştırabilmek için yazdığımız programlarda bir uygulamanın verileri kullanmak gerekmiştir. Yaptığımız çalışmanın amacına uygun olarak, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünde yapılmış bir proje olan Havza Sıklaştırma Ağı verilerinin uygulamada kullanılmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Bu ağda 37 tane ortak noktanın, ED50 datumunda elde edilmiş, Gauss-Krüger projeksiyon sistemine dönüştürülmüş koordinatları ile WGS84 datumunda elde edilmiş yine Gauss-Krüger projeksiyonuna dönüştürülmüş koordinatları arasında koordinat dönüşümü yapılmış ve elde edilen sonuçlarla uyuşumsuz ölçüler yöntemleri için yazılan programlar kullanılarak uyuşumsuz ölçüler grubu belirlenmiştir. ED50 datumunda noktalarının H koordinatları olarak H^* ortometrik yükseklik değeri, WGS84 datumundaki noktaların H koordinatları olarak ise h elipsoidal yükseklik değerleri alınmıştır. Havza

sıklaştırma ağı, 64 adet ana, 127 adet dizi nirengi noktasından oluşmaktadır. Ana nirengi noktaları için ölçmede minimum 60 dakika, dizi nirengilerde 20-25 dakikalık, yükseklik açıları 15°, kayıt aralığı ana nirengilerde 15 saniye, dizi nirengilerde 6 saniye olan eşzamanlı ölçüler yapılmıştır. GPS ölçme ve değerlendirme işlemleri Javad firması tarafından geliştirilen Pinnacle1.0 programı kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 3. Havza ağının koordinat değerleri

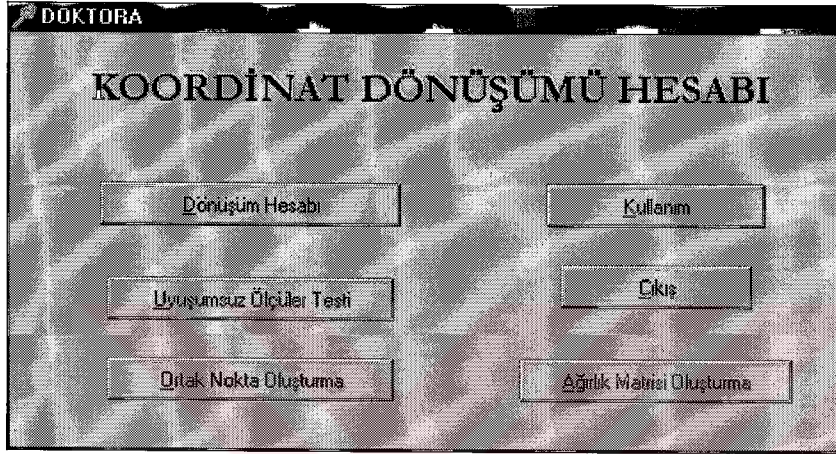
Nokta No	I. Koordinat Sistemi			II. Koordinat Sistemi		
	Sağa	Yukarı	H	Sağa	Yukarı	h
101	467098.090	4539778.820	802.460	467076.823	4539595.130	837.132
105	468014.350	4529272.040	863.220	467992.803	4529088.144	898.166
106	464682.730	4532106.670	1049.220	464661.353	4531922.774	1084.365
108	460153.020	4536719.490	1342.250	460131.572	4536535.437	1277.558
126	469289.500	4535770.310	836.530	469267.860	4535586.502	871.417
129	476751.660	4534698.980	884.680	476730.328	4534515.272	919.476
130	476213.050	4530705.370	978.320	476191.601	4530521.589	1013.489
133	476139.840	4526865.600	1060.840	476118.462	4526681.916	1095.553
135	473910.950	4540092.930	770.760	473889.515	4539909.299	806.390
142	472114.780	4533620.720	851.570	472093.121	4533436.943	886.226
144	473348.970	4536887.190	770.290	473327.460	4536703.406	804.986
204	486190.310	4536998.320	956.100	486169.047	4536814.711	990.395
211	480812.500	4534094.290	941.780	480791.112	4533910.595	976.707
304	486595.850	4560493.560	848.380	486574.897	4560309.499	882.608
306	479373.460	4556835.510	983.930	479352.605	4556651.514	1018.062
377	481065.310	4543404.580	828.690	481044.252	4543220.857	863.126
381	483776.330	4548437.060	1037.620	483755.293	4548253.035	1071.922
382	481759.110	4550975.870	848.100	481738.140	4550791.860	881.837
388	479953.840	4548524.500	690.740	479932.903	4548340.654	725.017
426	472282.630	4555593.620	821.250	472261.868	4555409.734	855.558
433	475208.320	4556749.300	896.600	475187.477	4556665.360	930.472
451	468913.120	4550740.410	706.540	468892.153	4550556.567	740.900
454	472859.520	4549838.450	645.950	472838.496	4549654.582	680.306
456	474280.170	4554243.540	794.940	474259.246	4554059.614	829.058
458	476349.490	4547416.670	612.190	476328.581	4547232.885	646.400
460	477985.740	4553670.070	873.740	477964.858	4553486.069	907.845
466	476761.170	4549540.760	604.400	476740.230	4549356.923	638.749
467	477714.800	4544927.260	674.890	477693.768	4544743.595	709.412
468	475417.100	4552411.640	712.680	475396.055	4552227.709	746.842
471	473015.890	4547532.150	616.030	472994.823	4547348.357	650.413
472	476739.990	4541046.110	762.270	476717.628	4540840.611	795.940
480	466374.600	4548309.330	732.990	466353.576	4548125.618	767.527
4761	466063.450	4554506.580	477.620	466042.594	4554322.404	511.801
5020	487949.070	4554921.140	1332.270	487927.986	4554737.165	1365.881
5182	471118.920	4543287.880	854.060	471097.624	4543104.211	888.501
5268	459432.456	4548489.324	742.580	459411.637	4548305.522	777.359
5270	480720.480	4559329.160	1225.910	480699.668	4559145.131	1260.041



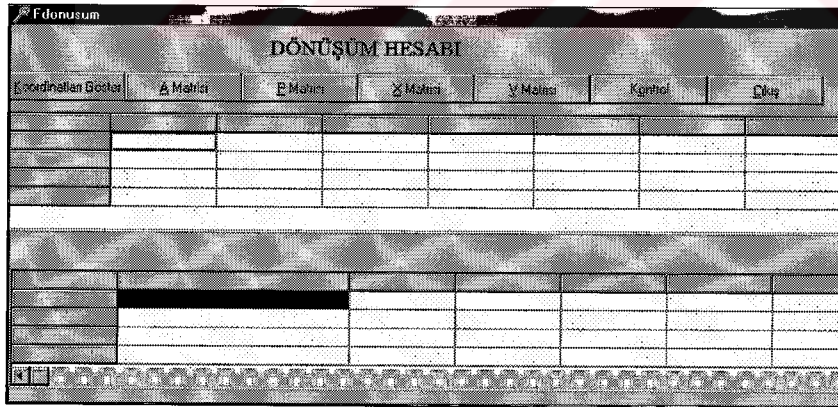
Şekil 20. Havza sıklaştırma ağının geometrik şekli

2.7.1. Sayısal Uygulama İçin Yazılan Programlar

Sayısal Uygulama için incelenen yöntemlerin Delphi programlama dilinde programları yazılmış ve uygulama için seçilen Havza sıklaştırma ağının verileri kullanılarak uygulama sonuçları elde edilmiştir. Yazılan program ana kısmının yanında bazı alt programları da içermektedir.



Şekil 21. Programın ana kısmının ön görüntüsü



Şekil 22. Koordinat dönüşüm modelleri alt programı

FuzzySuz

GELENEKSEL ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Başla | **İmü ve Qvv Hesabı** | Uyumsuz Ölçü Testi | Çıkış

☐ Data Snooping Testi
☐ Tau Testi
☐ t Testi

TEST DEĞERİ

Öncül Varıans

Şekil 23. Geleneksel çözüm yöntemleri alt programı

FRobust

ROBUST KESTİRİM YÖNTEMİ

☐ En Küçük Mutlak Toplam Yöntemi
☐ Andrews Yöntemi
☐ Beaton-Tukey Yöntemi
☐ Huber Yöntemi
☐ Danimarka Yöntemi

Başla | **mü ve Qvv Hesabı** | P Matrisi Hesabı | Dosyaya Aktar | Çıkış

Şekil 24. Robust Kestirim Yöntemleri alt programı

IFuzzy

FUZZ MANTIK YÖNTEMİ

İmü ve Qvv Hesabı | **P Matrisi Hesabı** | Fuzzy Küme Hesabı | Dosyaya Aktar | Çıkış

Şekil 25. Fuzzy mantık yöntemi alt programı

3. BULGULAR, İRDELEME ve KARŞILAŞTIRMA

3.1. Koordinat Dönüşüm Modelleri

Üç boyutlu koordinat sistemleri arasında dönüşüm için kullanılan Bursa-Wolf, Molodensky-Badekas ve Veis modelinin karşılaştırılabilmesi için yazılan üç farklı programdan iterasyonla elde edilen dönüşüm parametreleri Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 4. Bursa-Wolf modeliyle elde edilen parametreler

Dönüşüm Parametreleri	Bursa-Wolf Modeli					
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
X_0	1193.800	-2700.794	-447.246	-142.006	-156.329	-96.460
Y_0	12448.899	8023.158	-1556.674	-197.603	-252.154	-154.216
Z_0	-796.599	-743.479	-740.723	-804.743	172.673	177.578
ε_x	-0.000109	-0.000086	-0.000085	-0.000100	0.000028	0.000029
ε_y	0.000704	0.000809	0.000816	0.000807	-0.000021	-0.000019
ε_z	0.000018	0.000771	0.000662	0.000026	0.000028	0.000017
κ	-0.002784	-0.001732	0.000308	0.000006	0.000018	-0.000005

Tablo 5. Molodensky-Badekas modeliyle elde edilen parametreler

Dönüşüm Parametreleri	Molodensky-Badekas Modeli						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
X_0	-15.263	12.262	-5.807	-0.617	-1.146	-0.561	-0.551
Y_0	20.687	11.892	-8.178	-0.470	-0.720	0.187	0.173
Z_0	-14.175	-15.697	-16.511	-16.640	1.098	1.132	1.060
ε_x	-0.000109	-0.000086	-0.000085	-0.000100	0.000028	0.000029	0.000027
ε_y	0.000704	0.000809	0.000816	0.000807	-0.000021	-0.000019	-0.000019
ε_z	0.000018	0.000771	0.000662	0.000026	0.000028	0.000017	0.000017
κ	-0.002784	-0.001732	0.000308	0.000006	0.000018	-0.000005	-0.000005

Modeller incelenirse bu üç dönüşüm modelinde de ölçü değeri olarak nokta koordinatlarının kullanıldığı görülür. Bursa-Wolf modelinde ölçü değeri olarak kullanılan direkt koordinat değerleridir. Üç boyutlu dik koordinat sisteminde tanımlanmış bu

koordinatlar oldukça büyük değerlerdir. Çözüm için oluşturulan katsayılar matrislerinin bazı elemanlarının çok küçük değerler olduğu (0 ve 1 gibi), diğer bazı elemanlarının ise çok büyük değerler (koordinat değerleri) olduğu görülür. Bu şekilde oluşturulan bir matrisin kondisyonu bozuk olabilir ve çözümde hatalı sonuçlar verebilir. Ayrıca bu şekildeki bir matrisin hesaplarda kullanılması da oldukça zordur. Bu nedenlerle dönüştürme hesabında koordinatların ötelenerek küçük koordinat değerlerinin ölçü değeri olarak kullanılması daha iyi bir sonuç doğuracağı düşünülmüştür. Molodensky-Badekas ve Veis modellerinde ölçü değeri olarak öteleme yapılmış koordinatlar kullanılmıştır. Molodensky-Badekas modelinde direkt olarak koordinatların ölçü bölgesindeki bir başlangıç noktasına ötelenmiş koordinat değerleri, Veis modelinde ise bu ötelenmiş koordinat değerlerinden elde edilen diğer bir koordinat değeri olan φ ve λ değerleri ölçü değeri olarak kullanılmıştır.

Tablo 6. Veis modeliyle elde edilen parametreler

Dönüşüm Parametreleri	Veis Modeli						
İterasyon	I	II	III	IV	V	VI	VII
X₀	-15.184	12.164	-5.902	-0.716	-1.146	-0.562	-0.551
Y₀	20.621	11.821	-8.250	-0.544	-0.720	0.189	0.176
Z₀	-14.429	-15.411	-16.570	-16.640	1.094	1.131	1.060
d_A	-0.000103	-0.000083	-0.000087	-0.000099	0.000028	0.000029	0.000027
d_μ	0.000727	0.000795	0.000816	0.000808	-0.000021	-0.000019	-0.000019
d_ν	0.000016	0.000768	0.000060	0.000024	0.000028	0.000017	0.000017
κ	-0.002783	-0.001731	0.000309	0.000007	0.000018	-0.000005	-0.000004

Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6 incelendiğinde, Bursa-Wolf modeli için hesaplanan öteleme değerlerinin Molodensky-Badekas ve Veis modelinden hesaplanan değerlerden oldukça farklı olduğu, diğer dört parametrenin ise yaklaşık eşit olduğu görülmüştür. Ayrıca Molodensky- Badekas ve Veis modellerinden elde edilen dönüşüm parametrelerinin tümünün de yaklaşık olarak birbirine eşit olduğu görülmüştür.

3.2. Uyuşumsuz Ölçü Gruplarının Belirlenmesi Yöntemleri

Tablo 3’de verilen noktaların oluşturduğu Havza Sıklaştırma ağında koordinat dönüşümü yapılmış ve dönüşüm parametreleri, uyuşumsuz ölçüler testi yapabilmek için gerekli kriter değerler de hesaplanmıştır. (54) eşitliği yardımıyla model hipotezi test edilmiş ve hesaplanan test değerleri Fisher dağılım tablosundan alınan sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Data-Snooping testinde öncül varyans değeri tüm iterasyonlarda $\sigma_0=0.30m$. alınmıştır. Tau ve t-testinde ise ilk iterasyonda $\sigma_0=0.30m$., daha sonraki iterasyonlarda σ_0 olarak bir önceki iterasyonun m_0 değeri alınmıştır.

Tablo 7. Model hipotezi testi sonuçları

	Data-Snooping Testi				Tau ve t- testi			
	m_0	σ_0	Test Değeri	Tablo Değeri	m_0	σ_0	Test Değeri	Tablo Değeri
1. Adım	96.101	0.300	9235.523	1.556	96.101	0.300	9235.523	1.556
2. Adım	69.197	0.300	4788.283	1.513	69.197	96.101	14023.626	1.513
3. Adım	9.570	0.300	91.666	1.471	9.570	69.197	4879.769	1.471
4. Adım	6.810	0.300	46.470	1.429	6.810	9.570	137.956	1.429
5. Adım	1.577	0.300	2.577	1.386	1.577	6.810	48.866	1.386
6. Adım	0.140	0.300	0.109	1.344	0.140	1.577	2.506	1.344
7. Adım					0.117	0.140	0.033	1.302

Tablo 8. Uyuşumsuz ölçülerin iteratif belirlenmesinde m_0 değerleri

İterasyon	Bursa-Wolf Modeli (m.)	Molodensky-Badekas Modeli (m.)	Veis Modeli (m.)
I	± 96.101162	± 96.101162	± 96.566546
II	± 69.196769	± 69.196769	± 69.541892
III	± 9.569571	± 9.569571	± 9.618772
IV	± 6.810250	± 6.810250	± 6.846379
V	± 1.576880	± 1.576880	± 1.585521
VI	± 0.139558	± 0.139558	± 0.140349
VII	-	± 0.117250	± 0.117938

Çözümde en çok dikkati çeken nokta elde edilen m_0 karesel ortalama hata değerinin oldukça büyük bir değer olmasıdır. Geleneksel çözüm yöntemi ile yapılan uyuşumsuz ölçüler testinde bu değer iteratif olarak giderek azalmıştır. Robust kestirim yönteminde m_0 değeri iterasyonlarda değişmemiştir. Bunun nedeni her iterasyon adımında uyumlu ölçülerin V düzeltme değerlerinin azalmasına rağmen uyuşumsuz değerlerin V değerlerinin

büyümesidir. Uyuşumsuz ölçülerin düzeltmeleri m_0 değerini hesaplamaya dahil edilmezse hesaplanan değer küçülecektir. Fuzzy mantık yönteminde ise çözüm iteratif değildir. Bu yöntemle belirlenen uyuşumsuz ölçülerin düzeltmeleri hesaplamaya dahil edilmezse yine m_0 değeri küçülecektir.

3.2.1. Geleneksel Çözüm Yöntemi

Geleneksel çözüm yöntemlerinde açıklanan ilk yöntem olan Data-Snooping testi ile uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi için $\sigma_0 = 0.30$ m. olarak alınarak çözüme başlanmıştır. Test değerleri hesaplandıktan sonra bu değerler tablodan alınan sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu şekilde yapılan iteratif çözüm yapılmıştır ve uygun çözüme 6. adımda ulaşılmıştır. Bu çözümde sırasıyla 388, 460, 130, 108, ve 472 nolu noktalar uyuşumsuz nokta olarak belirlenmiştir. Her adımda uyuşumsuz olarak belirlenen noktalar yani koordinat değerleri ölçü grubundan çıkarılmıştır ve işleme kalan ölçülerle uyuşumsuz ölçü kalmayınca kadar devam edilmiştir (Ek Tablo 1).

Tablo 9. Geleneksel çözüm yöntemleri ile belirlenen uyuşumsuz ölçüler grubu

İterasyon	Data-Snooping Yöntemi		Tau Testi Yöntemi		t testi Yöntemi	
	NN	Test Değeri	NN	Test Değeri	NN	Test Değeri
I	388	2299.885	388	7.180	388	7.145
II	460	2296.450	460	9.956	460	9.907
III	130	225.151	130	7.058	130	7.022
IV	108	215.439	108	9.490	108	9.440
V	472	50.103	472	9.532	472	9.480
VI	-	-	135	5.127	135	5.098

Bir diğer geleneksel çözüm yöntemi olan Tau testi ile uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesinde yine iteratif çözüm yapılmıştır. Her ölçü için test değeri hesaplanmış ve Tau testi tablosundan alınan sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Yapılan bu çözümde uygun çözüme 7. adımda ulaşılmıştır. Bu testte Data-Snooping testindeki ölçülere ek olarak 135 nolu nokta da uyuşumsuz olarak belirlenmiştir ve bu noktanın koordinatları da ölçü grubundan çıkarılmıştır (Ek Tablo 2).

Son olarak t-testi ile uyşumsuz ölçülerin belirlenmesi için yapılan çözümde yine iteratif olarak test değerleri hesaplanmış ve tablodan alınan sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu yöntemle Tau testi yönteminin sonuçlarının ile aynı olduğu görülmüştür. Ölçü grubundan sırasıyla 388, 460, 130, 108, 472 ve 135 nolu noktalar çıkarılmış ve uyşumsuz ölçü olmayan ölçü grubuna ulaşılmıştır. (Ek Tablo 3).

3.2.2. Robust Kestirim Yöntemi

Robust kestirim yöntemi ile uyşumsuz ölçülerin belirlenmesi için önce yazılan programlar yardımıyla koordinat dönüşümü işlemi yapılmış ve dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır. Daha sonra uyşumsuz ölçülerin belirlenmesi için programda ikinci kısma geçilmiştir. Robust kestirim testinde ölçülerin ağırlıkları iteratif olarak yeniden belirlenir. Seçilen amaç fonksiyonun yapısı gereği uyşumsuz ölçülerin ağırlıkları her adımda azalır ve sıfıra yaklaştırılır. Bu durumda uyşumsuz ölçülerin diğer ölçüler ve düzeltmeler üzerindeki etkileri yok edilir. Robust kestirim yöntemlerinden En Küçük Mutlak Toplam, Andrews, Beaton-Tukey, Huber ve Danimarka yöntemleri için çözüm yapılmıştır. Bu çözümler için sınır değer c , (110) eşitliğinde σ_0 yerine m_0 değeri yazılarak hesaplanmıştır.

Tablo 10. En küçük mutlak toplam yöntemi ile belirlenen uyşumsuz ölçüler grubu

NN	W Ağırlıkları			
	I. İterasyon	II. İterasyon	III. İterasyon	IV. İterasyon
108	0.024	0.020	0.020	0.020
130	0.018	0.020	0.020	0.020
135	0.416	1.428	1.854	1.875
388	0.002	0.002	0.002	0.002
460	0.002	0.002	0.002	0.002
472	0.745	0.105	0.094	0.094

En Küçük Mutlak Toplam yöntemi ile yapılan çözümde elde edilen ağırlık değerleri incelendiğinde bazı ölçüler için hesaplanan ağırlıkların hızla değişip ve özellikle büyüdüğü görülürken uyşumsuz olan ölçüler için hesaplanan ağırlıkların değişmediği görülmüştür. Bu çözümde 108, 130, 135, 388, 460 ve 472 nolu ölçüler uyşumsuz olarak belirlenmiştir. Bu uyşumsuz ölçüler için hesaplanan ağırlıklar küçükten büyüğe doğru sıralanırsa Tau ve

t-testi yöntemlerindeki 388, 460, 130, 108, 472 ve 135 sırası elde edilmiştir. İlk 4 sıradaki ölçüler için çözüm 2., son 2 ölçü içinse 4. iterasyonda ortaya çıkmıştır (Ek Tablo 4).

Tablo 11. Andrews yöntemi ile belirlenen uyumsuz ölçüler grubu

NN	W Ağırlıkları			
	I. İterasyon	II. İterasyon	III. İterasyon	IV. İterasyon
108	0.993	0.993	0.993	0.993
130	0.989	0.991	0.991	0.991
304	0.995	0.999	0.999	0.999
388	0.378	0.372	0.372	0.372
460	0.387	0.376	0.376	0.376
467	0.999	0.999	0.999	0.999
471	0.999	0.999	0.999	0.999
5020	0.997	0.999	0.999	0.999
5270	0.996	0.999	0.999	0.999

Andrews yöntemi ile yapılan çözüm incelendiğinde 388 ve 460 nolu noktalar için ağırlıklar belirli bir şekilde azaldığı, 130 ve 108 nolu noktalardaki ağırlıklarda değişimler olduğu görülmektedir. Bu yöntemde geleneksel çözüm yöntemleri ve en küçük mutlak toplam yönteminde uyumsuz olarak elde edilen 472 ve 135 nolu noktaların ağırlıklarında bir değişiklik olmamıştır. 304, 467, 471, 5020 ve 5270 nolu noktaların ağırlıklarında çok küçük miktarda değişimler görülmektedir. Bu yöntemle yapılan çözüme 2. iterasyonda ulaşılmıştır (Ek Tablo 5).

En fazla sayıda noktanın ağırlığında değişim Beaton-Tukey yöntemi ile yapılan çözümde olmuştur. Daha ilk iterasyonda 388 ve 460 nolu noktaların ağırlıkları sıfır olmuştur ve diğer iterasyonlarda da bu ağırlıklar değişmemiştir. İlk iterasyonda diğer noktaların ağırlıklarında bazı değişimler oluşmuştur, bu değişimlerin bir kısmı daha sonraki iterasyonlarda düzelmiş, diğer kısmı ise değişmeden kalmıştır. Sonuçlar incelendiğinde 108, 130 nolu noktaların ağırlıklarında değişiklik olduğu, 105, 106, 133, 472, 5268 nolu noktaların ağırlıklarında ise çok küçük miktarda değişiklikler olduğu görülmüştür. Bu yöntemde de uygun çözüme 2. iterasyonda ulaşılmıştır (Ek Tablo 6).

Huber ve Danimarka yöntemi ile yapılan çözümlerde birbirine eşit sonuçlar elde edilmiştir. Bu iki modelde 388 ve 466 nolu noktaları uyumsuz olarak belirlemiş ve noktaların ağırlıkları da aynı değerde bulunmuştur. Bu yöntemlerde diğer noktaların ağırlıklarında ve uygun çözüme 2. iterasyonda ulaşılmıştır. Sadece 2 noktanın uyumsuz

olarak belirlenmiş olması hesaplanan c değerinin bu yöntemler için yeterli olmadığı izlenimi uyandırmıştır. Bu nedenle (110) eşitliğinden hesaplanan c parametresinde σ_0 değeri, yerine tavsiye edilen 3 değeri alınarak tekrar çözüm yapılmıştır. Yapılan çözümde uyşumsuz ölçüler 108, 130, 388, 460, 472 olarak belirlenmiştir (Ek Tablo 7, Ek Tablo 8).

Tablo 12. Beaton-Tukey yöntemi ile belirlenen uyşumsuz ölçüler grubu

NN	W Ağırlıkları			
	I. İterasyon	II. İterasyon	III. İterasyon	IV. İterasyon
105	0.998	0.999	0.999	0.999
106	0.998	0.998	0.998	0.998
108	0.919	0.921	0.921	0.921
130	0.875	0.915	0.915	0.915
133	0.995	0.999	0.999	0.999
388	0.001	0.001	0.001	0.001
460	0.001	0.001	0.001	0.001
472	1.000	0.997	0.997	0.997
5268	0.998	0.998	0.998	0.998

Tablo 13. Huber yöntemi ile belirlenen uyşumsuz ölçüler grubu ($\sigma_0 = m_0$)

NN	W Ağırlıkları			
	I. İterasyon	II. İterasyon	III. İterasyon	IV. İterasyon
388	0.460	0.456	0.456	0.456
460	0.464	0.459	0.459	0.459

Tablo 14. Huber yöntemi ile belirlenen uyşumsuz ölçüler grubu ($\sigma_0 = 3$)

NN	W Ağırlıkları			
	I. İterasyon	II. İterasyon	III. İterasyon	IV. İterasyon
108	0.153	0.143	0.143	0.143
130	0.123	0.141	0.141	0.141
388	0.014	0.014	0.014	0.014
460	0.014	0.014	0.014	0.014
472	1.000	0.717	0.682	0.682

Tablo 15. Danimarka yöntemi ile belirlenen uyşumsuz ölçüler grubu ($\sigma_0 = m_0$)

NN	W Ağırlıkları			
	I. İterasyon	II. İterasyon	III. İterasyon	IV. İterasyon
388	0.460	0.456	0.456	0.456
460	0.464	0.459	0.459	0.459

Tablo 16. Danimarka yöntemi ile belirlenen uyşumsuz ölçüler grubu ($\sigma_0 = 3$)

NN	W Ağırlıkları			
	I. İterasyon	II. İterasyon	III. İterasyon	IV. İterasyon
108	0.153	0.143	0.143	0.143
130	0.123	0.141	0.141	0.141
388	0.014	0.014	0.014	0.014
460	0.014	0.014	0.014	0.014
472	1.000	0.717	0.682	0.682

4.2.3. Fuzzy Mantık Yöntemi

Geleneksel çözüm yöntemi ve robust kestirim yöntemlerinin her ikisinde de uyşumsuz ölçü grubunu belirlenmesi için teste tabi tutulan ve irdeleme yapılan değer ölçülerin V düzeltmeleridir. Düzeltme, gerçek hatanın yerine hesaplanan istatistiki bir değerdir. Fuzzy mantık yönteminde ise R redundans matrisi elemanları irdelenerek uyşumsuz ölçüler belirlenmektedir. R matrisi elemanları gerçek hatalarla düzeltmeler arasındaki ilişkiyi yansıtan değerlerdir. Fuzzy mantık yönteminde uyşumsuz ölçüler belirlerken irdelenen gerçek hatanın bir istatistiki değeri değil, gerçek hataların bir fonksiyonu olan r_{ij} değerleridir. Bu nedenle uygulamada fuzzy mantık yönteminin kullanılmasıyla daha sağlıklı ve iyi sonuçlar elde edilebilir.

Fuzzy yöntemi ile yapılan çözümde de ilk olarak yazılan programlar yardımıyla koordinat dönüşümü programı çalıştırılmış ve dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır. Daha sonra elde edilen veriler yardımıyla R matrisi oluşturulmuştur. Belirlenen üyelik fonksiyonu yardımıyla R matrisi elemanlarının üyelik değerleri hesaplanmıştır. R matrisinin özellikleri de dikkate alınarak uyşumlu ve uyşumsuz ölçü gruplarını belirlemek için ölçülerin test değerleri hesaplanmıştır. Sınır değer de hesaplandıktan sonra ölçüler için hesaplanmış olan test değerleriyle irdeleme yapılmış ve 108, 130, 304, 388,

460 ve 5270 nolu noktalar uyşumsuz çıkmıştır. Bu noktalar için hesaplanan test değeri sıralamasından 388, 460, 130, 5270, 304 ve 108 sırası elde edilmiştir (Ek Tablo 9).

Tablo 17. Fuzzy yöntemi ile belirlenen uyşumsuz ölçüler grubu

NN	Fuzzy Mantık Yöntemi Test Değerleri
108	0.11038
130	0.02450
304	0.02899
388	0.00002
460	0.00007
5270	0.00778
C _H	0.000005

4. SONUÇLAR

Üç boyutlu koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm modelleri ve uyumsuz ölçüler testlerinin araştırılabilmesi için teorik çalışmadan sonra bir test ağı üzerinde uygulama yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Bu amaçla Delphi programlama dilinde programlar geliştirilmiştir. Teorik bilgiler ve uygulama sonuçlarına göre elde edilen sonuçlar iki bölüme ayrılabilir.

• Koordinat Dönüşüm Modelleri ile İlgili Sonuçlar

Üç boyutlu koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm modellerinden üçü bu çalışmada incelenmiş ve seçilen bir test ağı üzerinde sonuçlar elde edilmiştir. Bu üç modelde de kullanılan parametrelerin sayısı ve çözüm yöntemleri aynıdır. Kullanılan modellerde genel farklılık ilkinde koordinat değerlerinin direkt ölçü değeri olarak kullanılması, diğer ikisinde ise ötelenmiş daha küçük koordinat değerlerinin ölçü değeri olarak kullanılmasıdır. Bu özellik gereği ilk yöntemden oluşturulan matrislerin kondisyonu bozuk olur ve bu durum sonuçları etkileyebilir. Diğer yöntemlerden elde edilen matrislerde bu durumla karşılaşmaz. Ayrıca sonuçlar incelendiğinde öteleme değeri olarak hesaplanan parametrelerin 2. ve 3. modelden elde edilen değerlerinin daha anlamlı olduğu görülür. Elde edilen parametrelere göre bir karşılaştırma yapılırsa ilk iki modelin parametreleri daha çok kullanılan ve bu nedenle de bilinen daha çok parametrelerdir. Her üç modelinde çözümünden elde edilen sonuçlar aynıdır. Hesaplarda bilgisayar kullanıldığı için hesaplama yönünden hiçbir yöntemde zorlukla karşılaşmamıştır.

• Uyumsuz Ölçü Gruplarının Belirlenmesi Yöntemleri ile İlgili Sonuçlar

Yapılan çalışmada dönüşüm modellerinden sonra koordinat dönüşümünde uyumsuz ölçülerin belirlenmesi yöntemleri de araştırılmıştır. Uyumsuz ölçülerin belirlenmesi için kullanılan üç yöntem ayrı ayrı incelenmiş ve seçilen test ağından uygulama yapılmıştır.

Teorik olarak inceleme yapıldığında geleneksel çözüm yöntemleri ile elde edilen sonuçların uyumsuz ölçülerden direk etkilendiği görülür. Uygulama sonuçları da

incelendiğinde bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar üzerinde uyumsuz ölçülerin etkisinin olduğu ve her adımda belirlenen uyumsuz ölçünün ölçü kümesinden çıkarılmasının sağlıklı bir işlem olmadığı anlaşılmaktadır. Bu yöntemle yapılan çözümün kırılma noktasının $1/n$ gibi çok küçük olması bu yöntemin sadece bir uyumsuz değerle bile kırılabileceğini gösterir.

Geleneksel çözüm yöntemleri ile uyumsuz ölçülerin belirlenmesine alternatif bir yöntem olarak robust kestirim yöntemleri ortaya çıkmıştır. Robust kestirim yöntemlerinde seçilen amaç fonksiyonunun özelliklerine göre yeniden ağırlıklandırma ile çözüm yapılmaktadır. Çeşitli amaçlar için birçok araştırmacı tarafından robust kestirim yöntemleri geliştirilmiş ve uygulamada kullanılmıştır. Robust kestirim yöntemleri büyük uyumsuz ölçüler ortadan kaldırabilmesine rağmen bu ölçüler için istatistiki bir inceleme yapamamaktadır. Robust yöntemler bu özellikleri nedeniyle sınır uyumsuz ölçülerini belirlemede zorlanırlar. Ayrıca robust kestirim yöntemlerinde c sınır değeri parametresinin uygun bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada incelenen ve uygulaması yapılan tüm yöntemler için sabit bir c parametresi belirlenmeye çalışılmış fakat Huber ve Danimarka yöntemleri ile bu şekilde sağlıklı sonuç elde edilememiştir ve bu iki yöntem için farklı c sınır değeri parametresi hesaplanmıştır. Robust kestirim yöntemlerinin de geleneksel çözüm yöntemleri gibi iteratif olarak sonuç vermesi bu yöntemin diğer dezavantajıdır.

Bu iki yöntemde çözümünün iteratif olması uyumsuz ölçülerini tek dengeleme adımıyla verebilecek bir yöntem arayışını ortaya çıkarmıştır. Fuzzy mantık yöntemi ile uyumsuz ölçülerin belirlenmesi bu nedenle ortaya çıkmıştır. Bu yöntemde En Küçük Kareler Yöntemine göre yapılan çözümde elde edilen redundans matrisi ile ölçülerin üyelik fonksiyonları belirlenerek uyumsuz ölçü grubu oluşturulur. Yapılan uygulamada geleneksel çözüm yöntemi ve robust kestirim yönteminde belirlenen noktalarla Fuzzy Mantık yönteminin belirlediği noktalar yaklaşık aynıdır. Bu çözüm yönteminin iteratif olmaması en büyük avantajıdır. Diğer iki yöntemle göre uygulaması çok kısa sürede kolayca yapılabilmektedir.

Fuzzy mantık yönteminde gerçek hatanın istatistiki bir değeri olan düzeltmelerin değil, gerçek hatanın bir fonksiyonu olan R redundans matrisi elemanlarının inceleniyor olması bu yöntemi öne çıkaran bir diğer durumdur. Bu özelliği sebebiyle uygulamalarda daha sağlıklı sonuçlar vereceği düşünülmektedir. Bu çalışmada yapılan uygulama sonuçları da bu durumu göstermektedir.

5. ÖNERİLER

Bir çalışmanın sonuçlarının kullanılabilir olması için elde edilen sonuçlarının anlamlılığının ve duyarlılığının incelenmesi gerekmektedir. Elde edilen değerlerin ne ölçüde hata içerdiği yada ne derece anlamlı olduğu bilinmesi, bu değerleri nerede kullanabileceğimiz ve ne derecede güvenilebileceğimiz ortaya çıkarmaktadır.

Yeryüzünün her bölgesi için ortak tanımlanmış koordinat sistemleri tanımlanması fikrinin ortaya çıkmasından sonra koordinat dönüşümleri jeodezide çok kullanılan uygulama olmuştur. Bu çalışmada önce üç boyutlu koordinat dönüşüm modelleri, daha sonra da uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi yöntemleri araştırılmıştır.

Üç Boyutlu Koordinat dönüşüm modellerinden en çok bilinen ve kullanılan Bursa-Wolf, Molodensky-Badekas ve Veis modelleri incelenmiş ve uygulama yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Bu teorik çalışma ve uygulama sonuçları dikkate alınarak en uygun dönüşüm modeli olarak Molodensky-Badekas yöntemi önerilebilir. Bu yöntem çözümde bilinen dönüşüm parametreleri ve ötelenmiş koordinat değerleri kullanmaktadır.

Ölçü grubu çeşitli hataları ve uyuşumsuz ölçüleri de içermektedir. Bu nedenle uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi, etkilerinin yok edilmesi ve diğer ölçülere etkilerinin araştırılması çok önemli bir sorundur. Ölçü grubunun normal dağılıma uymaması yapılan çözüm sonucunda elde edilen değerlerin güvenilirliğini azalmaktadır. Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi için de geleneksel çözüm yöntemleri, robust kestirim yöntemleri ve fuzzy mantık yöntemi hem teorik hem de uygulamalı olarak incelenmiştir. Bu yöntemlerin üçü de EKKY ile çözüm yapmaktadır.

Bu yöntemlerin incelemesinden geleneksel çözüm yöntemlerinin EKKY'ne göre elde edilen sonuçları kullanarak uyuşumsuz ölçüleri belirlemeye çalıştığı ve birden fazla uyuşumsuz ölçünün olması durumunda uygun sonuçlar elde edilemediği görülmüştür. Ayrıca iteratif çözüm yapan bu yöntemin uyuşumsuz ölçülerin etkilerini diğer ölçülere yaydığı da anlaşılmıştır.

Bu yöntem alternatif bir yöntem olarak ortaya çıkan robust kestirim yönteminde uyuşumsuz ölçüleri yeniden ağırlıklandırma ile çok kolay bir şekilde belirlemekte, uyuşumsuz ölçülerin etkilerini diğer ölçülere yaymamakta ve yerelleştirmektedir. Bu yöntemde çözümün hem iteratif olması hem de istatistiki bir incelemeye olanak vermemesi bu yöntemin olumsuz yanlarıdır.

Fuzzy yöntemi ile yapılan çözümde ölçülerin duyarlılığı ve ölçme planındaki yerlerini gösteren R redundans matrisi ile çözüm yapıldığı için tek adımda ve anlamlı bir sonuç vermektedir. Bu yöntemin olumsuz yanı ise istatistiki incelemeye izin vermemesidir.

Yapılan uygulama sonucunda uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi yöntemi için en anlamlı sonucu fuzzy mantık yöntemi ile elde edildiği görülmüştür. Yapılan teorik ve uygulamalı çalışmalar sonucunda uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi için, EKKY ilkesine göre çözüm yapılarak geleneksel çözüm yöntemi ve fuzzy mantık yönteminin birlikte kullanılması önerilir. Robust kestirim yöntemi kullanılarak da uygun çözümler elde edilebilir fakat bu yöntemin iteratif olması ve gerçek hata yerine düzeltme değerlerini irdeleyerek sonuç elde etmesi fuzzy mantık yöntemini bir adım daha öne çıkarmaktadır. Fuzzy mantık yöntemiyle tek adımda ve direkt olarak gerçek hatanın ölçülerdeki etkileri incelenerek elde edilen uyuşumsuz ölçüler grubu ölçü planından çıkarılabilir yada iyileştirilebilir.

Delphi programlama dilini kullanarak dengeleme problemlerinde sıklıkla karşılaştığımız matris işlemleri için kolay ve çabuk çözümler sağlanmış ve matrislerin boyutları ve çözümleri ile ilgili bir problemle karşılaşılmamıştır. Bu nedenle çok boyutlu ve kalabalık işlemler gerektiren durumlarda program geliştirmek için Delphi programlama dilinin kullanılması önerilebilir.

6. KAYNAKLAR

1. Dilaver, A., Jeodezide Temel Koordinat Sistemleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Trabzon, 1997.
2. Grollier International Americana Encyclopeda, Cilt 9, Medya Holding A.Ş., 1993, 66-68.
3. Hacısalihoğlu, H., 2 ve 3 Boyutlu Uzaylarda Analitik Geometri, 4. Baskı, Ertem Matbaası, Ankara, 1995.
4. Doğan, U., Jeodezide Kullanılan Referans Sistemleri, Türkiye 7. Bilimsel ve Teknik Harita Kurultayı, Mart 1999, Ankara, 279-291.
5. Gürkan O., Astrojeodezik Ağların Deformasyonu ve Türkiye I. Triangülasyon Ağı, 104, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon, 1979.
6. Kutoğlu, H. ve Ayan, T., WGS84'den ED50 Koordinat Sistemine Dönüşümde Yükseklik Sorunu İçin Yeni Bir Yaklaşım, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, 85, 1998, 82-90.
7. Aksoy, A., Türkiye'de Kadastro Faaliyetlerinde Nirengi Sistemi Sorunu, Ölçme Sistemleri ve Bilgi Depolama Teknikleri, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Semineri, 1987, Ankara, 1-27.
8. Kaya, A., Jeodezi II Küre ve Elipsoidin Düzleme Tasviri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Trabzon, 1999.
9. Açıklamalı Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 1997, Ankara, 14-21.
10. Arslan, E., GPS Koordinatlarından Ülke Koordinatlarına Dönüşüm, Türkiye 6. Bilimsel ve Teknik Harita Kurultayı, Mart 1997, Ankara, 303-319.
11. Eren, K. ve Uzel, T., GPS Ölçmeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 1995.
12. Vanicek, P. and Krakiwsky, E, Geodesy: The Concepts, North Holland Publishing Company, Amsterdam, 1992.
13. Aksoy, O. U. Jeodezide Değişimler, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, 86, 1999, 40-60.
14. Üstün, A. ve Demirel, H., Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümünde Büyük Dönüşüm Parametrelerinin Kestirilmesi, Türkiye 6. Bilimsel ve Teknik Harita Kurultayı, Mart 1997, Ankara, 385-394.

15. Kutoğlu, Ş. H., Mekik, Ç. ve Köksal, E., Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümü İçin Kullanılan Bursa-Wolf ve Molodensky-Badekas Modellerinin Karşılaştırılması Türkiye 8. Bilimsel ve Teknik Harita Kurultayı, Mart 2001, Ankara, 87-94.
16. Rens, J. and Merry, C. L., Datum Transformation Parameters in Southern Africa, Survey Review, 30-236, 1990, 281-293.
17. Mok, E., A Model For The Transformation Between Satellite and Terrestrial Networks in Hong-Kong, Survey Review, 31-244, 1992, 344-350.
18. Yang, Y., Robust Estimation of Geodetic Datum Transformation, Journal of Geodesy, 73, 1999, 268-274.
19. Reit, B. G., The 7-Parameter Transformation to a Horizontal Geodetic Datum, Survey Review, 34-268, 1998, 400-404.
20. Thomson, D. B., Combination of Geodetic Networks, Phd. Thesis, Department of Surveying Engineering, University of New Brunswick, New Brunswick, 1976.
21. Lwangasi, A. S., Datum Tranformation Parameters For The Kenya Geodedic System, Survey Review, 32-247, 1993, 39-46.
22. Leick, A., GPS Satellite Surveying, A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, New York, 1990.
23. Rapp, R. H., Geometric Geodesy Part II, Department of Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, Colombus, 1989.
24. Deakin, R. E., 3D Coordinate Transformations, Surveying and Land Information Systems, 58-4, 1998, 223-234.
25. Kılıçoğlu, A., Jeodezide Dönüşümler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1995.
26. Ayan, T., Uyuşumsuz Ölçüler Testi, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, 72, 1992, 38-46.
27. Dilaver, A., Jeodezik Ağlarda Kaba Hatalı Ölçülerin Ayıklanması ve Güven Ölçütleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü Araştırma Raporları, 1996/2, Trabzon, 1996.
28. Kara, H. H., Ölçülerin İteratif Çözüm Yöntemleri İle Belirlenmesinde Geleneksel En Küçük Kareler Yöntemi İle Değişik Robust Kestirim Yöntemlerinin Uygulanması ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1998.
29. Hekimoğlu, Ş., Reliability of The Conventional Iterative Outlier Detection Test Procedures, First Turkish-German Joint Geodetic Days, 1995, 93-103.

30. Ata, M., Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesinde Klasik En Küçük Kareler Yöntemi İle Değişik Robust Kestirim Yöntemlerinin Uygulanması ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1995.
31. Ersoy, N., GPS Sistemi İle Şehir Nirengi Ağlarının Analizi, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, 83, 1997,6-27.
32. Öztürk, E. ve Şerbetçi, M., Dengeleme Hesabı Cilt III, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon, 1992.
33. Yavuz, E., Coşkun, Z. ve Baykal, O., Yatay Kontrol Ağlarının Dengelenmesinde Kullanılan Stokastik Modellerin Karşılaştırılmasına İlişkin Kriterler, Türkiye 8. Bilimsel ve Teknik Harita Kurultayı, Mart 2001, Ankara, 64-76.
34. Hampel, F., Ronchetti, E. M., Rousseeuw, P. J. and Stahel, W. A., Robust Statistics The Approach Based on Influence Functions, A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, New York, 1986.
35. Dilaver, A., Konak, H. ve Çepni M. S., Jeodezik Ağlarda Uyuşumsuz Ölçülerin Yerelleştirilmesinde Kullanılan Yöntemlerin Davranışları, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, 84, 1998, 17-31.
36. Aktaş, O. A., Robust Kestirim ve Nirengi Ağlarına Uyarlanması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1993.
37. Demirel, H., Nirengi Ağlarının Dengelenmesi ve Sonuçların Test Edilmesi, Harita Dergisi, 98, 1987, 1-17.
38. Hekimoğlu, Ş., Ayan, T. ve Aktaş, O. A., Birden Fazla Uyuşumsuz Ölçünün Robust Kestirim Yöntemleri İle Tanısı ve Uyuşumsuz Ölçü Testleri İle Belirlenmesi, Prof. Dr. H. Wolf Jeodezi Sempozyumu, İstanbul, 1993, 171-193.
39. Caspary, W. and Sutor, T., Robust Time Series Analysis, A Tool For Deformations Studies, First Turkish International Symposium of Deformations, İstanbul, 1994, 249-257.
40. Hekimoğlu, Ş., Redundansların Denkleştirilmesi (Eşredundanslı Tasarım), Eşredundanslı M-Kestirim ve Redundansları Denkleştiren Genelleştirilmiş M-Kestirimi, Türk Haritacılığının 100. Yılı Kutlamaları Sempozyumu, Ankara, Mayıs 1995, 437-456.
41. Kıracı, A., Robust Regression And Applications, Master Thesis, The Institute of Economics and Social Sciences, Bilkent University, Ankara, 1996.
42. Oğuz, H., Uyuşumsuz Ölçü Testleri ve Robust Kestirim Üzerine bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1996.

43. Pilgrim, L., Robust Estimation Applied to Surface Matching, ISPRS Journal of Photogrammetry And Remote Sensing, 51, 1996, 243-257.
44. Yaşayan, A. ve Atasoy, V., İki Ölçü Kümesinin Bütünleşmesinde Noktaların Sağlam Kestirim Yöntemi İle Ayıklanması, Türkiye 3. Bilimsel ve Teknik Harita Kurultayı, Ocak 1991, Ankara, 450-463.
45. Ayan, T., Hekimoğlu Ş. and Özlüdemir, M. T., Analysis of Landslide Deformation Measurements by Robust Estimation Methods, First Turkish International Symposium of Deformations, İstanbul, 1994, 284-296.
46. Yaşayan, A., Robust Kestirim Kavramı, İlkesi ve Uygulamaları Üzerine İrdelemeler, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, 72, 1992, 56-66.
47. Ayhan, E. ve Aksoy, Z. N., Robust Kestirim ve Kaba Hatalı Ölçülerin Belirlenmesi, Harita Dergisi, 106, 1991, 22-39.
48. Karanfil, S., Bulanık Kümeler ve Bulanık Mantığın Temelleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1994.
49. Shi, Y., Ebenhart, R. and Chen, Y., Implementaion of Evolutionary Fuzzy Systems, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 7-2, 1999, 109-119.
50. Dilaver, A. ve Konak, H., Jeodezik Ağlarda Uyuşumsuz Ölçülerin Yerelleştirilmesinde Kullanılan Yöntemlerin Davranışları –II Fuzzy Logic (Bulanık Mantık) Yaklaşımı, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, 85, 1998, 91-109.
51. Stefanatis, E., Vazirgiannis, M. and Selis, T., Incorporating Fuzzy Set Methodologies in a DBMS Repository For The Application Domain of GIS, Geographical Information Science, 13-7, 1999, 657-675.
52. Metternicht, G., Change Detection Assessment Using Fuzzy Sets and Remotely Sensed Data: An Application of Topographic Map Revision, ISPRS Journal of Photogrammetry And Remote Sensing, 54, 1999, 221-233.
53. Karanfil, S., Fuzzy Lojik Problemlerinde Üyelik Fonksiyonunun Belirlenmesinde Deneysel Verilere Dayanarak Bir Yöntem Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.
54. Yazıcıoğlu, H., Bulanık Mantık Teorisi ve Yeni Bir Kontrolör Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.
55. Konak H., Dilaver, A. ve Kurt, O., Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi Sürecinde Fuzzy Logic (Bulanık Mantık) Yaklaşımı, Türkiye 7. Bilimsel ve Teknik Harita Kurultayı, Mart 1999, Ankara, 213-228.
56. Aliosmanoğlu Ş. and Akyılmaz, O., A Comparison Between Statistical and Fuzzy Techniques in Outlier Detection, IAG 2001 Scientific Assembly, 2-7 September 2001, 105-112.

57. Cantu, M., Delphi 3, Dr. Cahit Akın, Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul, 1998.
58. Karagülle, İ. ve Pala, Z., Delphi 3, Türkmen Kitabevi, İstanbul, 1998.



7. EKLER

Ek Tablo 1. Data-Snooping yöntemi için program sonuçları

NN	W _i DEĞERLERİ						SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	
101	13.587	22.005	5.953	0.122	0.472	0.187	Uyuşumlu
	37.226	39.578	11.339	1.509	1.667	0.025	Uyuşumlu
	21.354	22.986	23.275	23.534	0.213	0.271	Uyuşumlu
	13.587	22.005	5.953	0.122	0.472	0.187	Uyuşumlu
	37.226	39.578	11.339	1.509	1.667	0.025	Uyuşumlu
	21.354	22.986	23.275	23.534	0.213	0.271	Uyuşumlu
105	20.086	0.820	6.432	0.221	0.474	0.436	Uyuşumlu
	34.594	3.185	19.241	1.259	1.727	0.629	Uyuşumlu
	24.353	25.030	24.962	25.813	0.227	0.323	Uyuşumlu
	20.086	0.820	6.432	0.221	0.474	0.436	Uyuşumlu
	34.594	3.185	19.241	1.259	1.727	0.629	Uyuşumlu
	24.353	25.030	24.962	25.813	0.227	0.323	Uyuşumlu
106	2.200	17.985	9.300	0.875	0.835	0.180	Uyuşumlu
	15.150	2.633	16.567	1.046	1.352	0.749	Uyuşumlu
	31.279	32.507	31.559	32.326	0.294	0.234	Uyuşumlu
	2.200	17.985	9.300	0.875	0.835	0.180	Uyuşumlu
	15.150	2.633	16.567	1.046	1.352	0.749	Uyuşumlu
	31.279	32.507	31.559	32.326	0.294	0.234	Uyuşumlu
108	33.179	45.724	12.468	1.050	-	-	Uyuşumlu
	15.998	13.410	12.076	0.374	-	-	Uyuşumlu
	215.427	213.524	215.948	215.439	-	-	Uyuşumsuz
	33.179	45.724	12.468	1.050	-	-	Uyuşumlu
	15.998	13.410	12.076	0.374	-	-	Uyuşumlu
	215.427	213.524	215.948	215.439	-	-	Uyuşumsuz
126	27.725	6.252	4.100	0.494	0.260	0.908	Uyuşumlu
	10.154	26.712	14.411	1.431	1.707	0.270	Uyuşumlu
	19.898	20.660	20.723	21.232	0.641	0.563	Uyuşumlu
	27.725	6.252	4.100	0.494	0.260	0.908	Uyuşumlu
	10.154	26.712	14.411	1.431	1.707	0.270	Uyuşumlu
	19.898	20.660	20.723	21.232	0.641	0.563	Uyuşumlu
129	78.846	27.869	0.456	0.316	0.238	0.027	Uyuşumlu
	3.506	36.381	16.573	2.172	2.497	0.267	Uyuşumlu
	7.042	5.709	5.392	6.120	0.243	0.131	Uyuşumlu
	78.846	27.869	0.456	0.316	0.238	0.027	Uyuşumlu
	3.506	36.381	16.573	2.172	2.497	0.267	Uyuşumlu
	7.042	5.709	5.392	6.120	0.243	0.131	Uyuşumlu
130	76.091	33.320	0.449	-	-	-	Uyuşumlu
	268.388	225.965	225.151	-	-	-	Uyuşumsuz
	10.786	9.097	8.291	-	-	-	Uyuşumlu
	76.091	33.320	0.449	-	-	-	Uyuşumlu
	268.388	225.965	225.151	-	-	-	Uyuşumsuz
	10.786	9.097	8.291	-	-	-	Uyuşumlu

Ek Tablo 1. Data-Snooping yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	W _i DEĞERLERİ						SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	
133	77.176	41.176	1.444	1.084	0.695	0.176	Uyuşumlu
	50.435	2.564	22.987	2.407	2.927	0.203	Uyuşumlu
	11.694	9.533	8.262	9.519	0.574	0.706	Uyuşumlu
	77.176	41.176	1.444	1.084	0.695	0.176	Uyuşumlu
	50.435	2.564	22.987	2.407	2.927	0.203	Uyuşumlu
	11.694	9.533	8.262	9.519	0.574	0.706	Uyuşumlu
135	58.481	5.379	0.376	0.455	0.246	0.523	Uyuşumlu
	39.495	53.343	12.178	2.056	2.241	0.402	Uyuşumlu
	11.528	11.520	11.841	12.209	2.470	2.385	Uyuşumlu
	58.481	5.379	0.376	0.455	0.246	0.523	Uyuşumlu
	39.495	53.343	12.178	2.056	2.241	0.402	Uyuşumlu
	11.528	11.520	11.841	12.209	2.470	2.385	Uyuşumlu
142	46.955	9.617	2.311	0.409	0.280	0.830	Uyuşumlu
	4.143	23.105	16.554	1.723	2.072	0.103	Uyuşumlu
	14.729	14.611	14.539	15.213	0.417	0.515	Uyuşumlu
	46.955	9.617	2.311	0.409	0.280	0.830	Uyuşumlu
	4.143	23.105	16.554	1.723	2.072	0.103	Uyuşumlu
	14.729	14.611	14.539	15.213	0.417	0.515	Uyuşumlu
144	54.949	8.828	1.090	0.430	0.188	0.582	Uyuşumlu
	17.801	38.812	14.158	1.706	1.984	0.025	Uyuşumlu
	11.153	11.111	11.432	11.919	0.024	0.119	Uyuşumlu
	54.949	8.828	1.090	0.430	0.188	0.582	Uyuşumlu
	17.801	38.812	14.158	1.706	1.984	0.025	Uyuşumlu
	11.153	11.111	11.432	11.919	0.024	0.119	Uyuşumlu
204	143.951	64.076	7.601	0.352	0.163	0.152	Uyuşumlu
	19.841	64.504	16.699	3.030	3.307	0.931	Uyuşumlu
	11.098	15.132	16.010	15.203	0.360	0.511	Uyuşumlu
	143.951	64.076	7.601	0.352	0.163	0.152	Uyuşumlu
	19.841	64.504	16.699	3.030	3.307	0.931	Uyuşumlu
	11.098	15.132	16.010	15.203	0.360	0.511	Uyuşumlu
211	106.725	46.236	3.432	0.277	0.036	0.095	Uyuşumlu
	0.348	41.680	17.770	2.498	2.842	0.459	Uyuşumlu
	0.936	1.679	2.371	1.512	0.750	0.620	Uyuşumlu
	106.725	46.236	3.432	0.277	0.036	0.095	Uyuşumlu
	0.348	41.680	17.770	2.498	2.842	0.459	Uyuşumlu
	0.936	1.679	2.371	1.512	0.750	0.620	Uyuşumlu
304	149.313	22.568	11.172	0.626	1.045	0.063	Uyuşumlu
	182.184	167.129	2.101	1.632	1.233	0.121	Uyuşumlu
	19.309	21.811	22.124	22.199	1.214	1.133	Uyuşumlu
	149.313	22.568	11.172	0.626	1.045	0.063	Uyuşumlu
	182.184	167.129	2.101	1.632	1.233	0.121	Uyuşumlu
	19.309	21.811	22.124	22.199	1.214	1.133	Uyuşumlu
306	97.372	1.080	4.399	0.229	0.221	0.240	Uyuşumlu
	152.817	134.138	0.202	1.369	1.015	0.077	Uyuşumlu
	4.348	5.384	6.166	6.153	0.277	0.228	Uyuşumlu
	97.372	1.080	4.399	0.229	0.221	0.240	Uyuşumlu
	152.817	134.138	0.202	1.369	1.015	0.077	Uyuşumlu
	4.348	5.384	6.166	6.153	0.277	0.228	Uyuşumlu

Ek Tablo 1. Data-Snooping yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	W _i DEĞERLERİ						SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	
377	107.266	30.044	4.387	0.258	0.130	0.327	Uyuşumlu
	61.798	80.267	10.611	2.259	2.357	0.509	Uyuşumlu
	3.946	5.750	5.830	5.412	0.187	0.081	Uyuşumlu
	107.266	30.044	4.387	0.258	0.130	0.327	Uyuşumlu
	61.798	80.267	10.611	2.259	2.357	0.509	Uyuşumlu
	3.946	5.750	5.830	5.412	0.187	0.081	Uyuşumlu
381	126.259	32.649	6.721	0.363	0.286	0.193	Uyuşumlu
	95.395	106.141	6.649	1.695	1.592	0.065	Uyuşumlu
	8.915	11.706	12.873	12.424	0.341	0.250	Uyuşumlu
	126.259	32.649	6.721	0.363	0.286	0.193	Uyuşumlu
	95.395	106.141	6.649	1.695	1.592	0.065	Uyuşumlu
	8.915	11.706	12.873	12.424	0.341	0.250	Uyuşumlu
382	112.321	19.255	5.805	0.022	0.198	0.236	Uyuşumlu
	112.244	112.890	4.451	1.521	1.394	0.069	Uyuşumlu
	8.720	10.342	10.512	10.333	0.963	1.048	Uyuşumlu
	112.321	19.255	5.805	0.022	0.198	0.236	Uyuşumlu
	112.244	112.890	4.451	1.521	1.394	0.069	Uyuşumlu
	8.720	10.342	10.512	10.333	0.963	1.048	Uyuşumlu
388	2299.885	-	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	95.597	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	4.692	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	2299.885	-	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	95.597	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	4.692	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
426	49.137	28.591	1.006	0.310	0.404	0.443	Uyuşumlu
	143.648	115.256	0.103	1.156	0.862	0.106	Uyuşumlu
	7.540	8.689	8.876	8.669	0.261	0.229	Uyuşumlu
	49.137	28.591	1.006	0.310	0.404	0.443	Uyuşumlu
	143.648	115.256	0.103	1.156	0.862	0.106	Uyuşumlu
	7.540	8.689	8.876	8.669	0.261	0.229	Uyuşumlu
433	68.881	18.568	1.402	0.149	0.001	0.229	Uyuşumlu
	151.777	125.737	0.644	1.216	0.876	0.108	Uyuşumlu
	1.624	1.888	1.637	1.502	0.581	0.618	Uyuşumlu
	68.881	18.568	1.402	0.149	0.001	0.229	Uyuşumlu
	151.777	125.737	0.644	1.216	0.876	0.108	Uyuşumlu
	1.624	1.888	1.637	1.502	0.581	0.618	Uyuşumlu
451	25.809	34.192	3.501	0.057	0.384	0.112	Uyuşumlu
	110.271	88.185	3.076	1.079	0.950	0.187	Uyuşumlu
	13.945	15.975	16.770	16.584	0.118	0.157	Uyuşumlu
	25.809	34.192	3.501	0.057	0.384	0.112	Uyuşumlu
	110.271	88.185	3.076	1.079	0.950	0.187	Uyuşumlu
	13.945	15.975	16.770	16.584	0.118	0.157	Uyuşumlu
454	51.828	16.244	0.452	0.306	0.142	0.062	Uyuşumlu
	103.867	91.281	4.241	1.259	1.192	0.091	Uyuşumlu
	6.873	7.981	8.982	8.866	0.017	0.043	Uyuşumlu
	51.828	16.244	0.452	0.306	0.142	0.062	Uyuşumlu
	103.867	91.281	4.241	1.259	1.192	0.091	Uyuşumlu
	6.873	7.981	8.982	8.866	0.017	0.043	Uyuşumlu

Ek Tablo 1. Data-Snooping yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	W _i DEĞERLERİ						SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	
456	61.995	18.073	0.725	0.075	0.017	0.129	Uyuşumlu
	134.054	112.815	1.097	1.194	0.956	0.133	Uyuşumlu
	3.771	4.391	4.656	4.519	0.193	0.238	Uyuşumlu
	61.995	18.073	0.725	0.075	0.017	0.129	Uyuşumlu
	134.054	112.815	1.097	1.194	0.956	0.133	Uyuşumlu
	3.771	4.391	4.656	4.519	0.193	0.238	Uyuşumlu
458	75.284	2.924	1.555	0.007	0.430	0.475	Uyuşumlu
	87.876	87.696	6.725	1.699	1.727	0.226	Uyuşumlu
	1.019	1.196	2.279	2.300	0.317	0.401	Uyuşumlu
	75.284	2.924	1.555	0.007	0.430	0.475	Uyuşumlu
	87.876	87.696	6.725	1.699	1.727	0.226	Uyuşumlu
	1.019	1.196	2.279	2.300	0.317	0.401	Uyuşumlu
460	87.263	3.131	-	-	-	-	Uyuşumlu
	2278.923	2296.450	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	2.173	2.680	-	-	-	-	Uyuşumlu
	87.263	3.131	-	-	-	-	Uyuşumlu
	2278.923	2296.450	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	2.173	2.680	-	-	-	-	Uyuşumlu
466	77.980	0.625	2.266	0.221	0.197	0.319	Uyuşumlu
	102.084	97.304	5.104	1.573	1.542	0.143	Uyuşumlu
	0.051	0.260	1.385	1.333	0.181	0.101	Uyuşumlu
	77.980	0.625	2.266	0.221	0.197	0.319	Uyuşumlu
	102.084	97.304	5.104	1.573	1.542	0.143	Uyuşumlu
	0.051	0.260	1.385	1.333	0.181	0.101	Uyuşumlu
467	84.300	13.000	2.365	0.029	0.240	0.295	Uyuşumlu
	71.668	80.204	9.061	2.121	2.208	0.537	Uyuşumlu
	0.535	0.074	0.816	1.002	0.330	0.236	Uyuşumlu
	84.300	13.000	2.365	0.029	0.240	0.295	Uyuşumlu
	71.668	80.204	9.061	2.121	2.208	0.537	Uyuşumlu
	0.535	0.074	0.816	1.002	0.330	0.236	Uyuşumlu
468	69.049	10.334	1.745	0.426	0.196	0.071	Uyuşumlu
	121.373	106.891	2.591	1.254	1.101	0.113	Uyuşumlu
	1.853	2.287	2.925	2.818	0.148	0.208	Uyuşumlu
	69.049	10.334	1.745	0.426	0.196	0.071	Uyuşumlu
	121.373	106.891	2.591	1.254	1.101	0.113	Uyuşumlu
	1.853	2.287	2.925	2.818	0.148	0.208	Uyuşumlu
471	52.717	11.476	0.514	0.326	0.186	0.053	Uyuşumlu
	88.496	82.011	6.128	1.470	1.480	0.072	Uyuşumlu
	7.052	8.065	9.194	9.144	0.065	0.134	Uyuşumlu
	52.717	11.476	0.514	0.326	0.186	0.053	Uyuşumlu
	88.496	82.011	6.128	1.470	1.480	0.072	Uyuşumlu
	7.052	8.065	9.194	9.144	0.065	0.134	Uyuşumlu
472	75.035	13.119	4.090	2.793	2.655	-	Uyuşumlu
	6.426	10.102	40.519	50.237	50.103	-	Uyuşumsuz
	1.501	0.851	1.167	1.538	2.280	-	Uyuşumlu
	75.035	13.119	4.090	2.793	2.655	-	Uyuşumlu
	6.426	10.102	40.519	50.237	50.103	-	Uyuşumsuz
	1.501	0.851	1.167	1.538	2.280	-	Uyuşumlu

Ek Tablo 1. Data-Snooping yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	W _i DEĞERLERİ						SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	
480	8.825	40.414	5.668	0.045	0.519	0.044	Uyuşumlu
	94.349	73.769	4.828	1.276	1.201	0.005	Uyuşumlu
	19.721	22.216	22.917	22.783	0.014	0.019	Uyuşumlu
	8.825	40.414	5.668	0.045	0.519	0.044	Uyuşumlu
	94.349	73.769	4.828	1.276	1.201	0.005	Uyuşumlu
	19.721	22.216	22.917	22.783	0.014	0.019	Uyuşumlu
4761	6.504	53.828	4.927	0.439	0.539	0.205	Uyuşumlu
	135.993	98.830	1.002	0.010	0.194	1.062	Uyuşumlu
	16.372	20.048	22.133	21.586	0.452	0.479	Uyuşumlu
	6.504	53.828	4.927	0.439	0.539	0.205	Uyuşumlu
	135.993	98.830	1.002	0.010	0.194	1.062	Uyuşumlu
	16.372	20.048	22.133	21.586	0.452	0.479	Uyuşumlu
5020	157.532	39.298	10.552	0.366	1.055	0.158	Uyuşumlu
	142.157	144.140	2.685	2.108	1.734	0.289	Uyuşumlu
	18.173	22.638	25.491	24.945	0.737	0.814	Uyuşumlu
	157.532	39.298	10.552	0.366	1.055	0.158	Uyuşumlu
	142.157	144.140	2.685	2.108	1.734	0.289	Uyuşumlu
	18.173	22.638	25.491	24.945	0.737	0.814	Uyuşumlu
5182	40.150	11.607	2.457	0.123	0.011	0.355	Uyuşumlu
	60.561	61.312	9.324	1.764	1.818	0.227	Uyuşumlu
	13.109	13.767	13.745	13.986	0.321	0.382	Uyuşumlu
	40.150	11.607	2.457	0.123	0.011	0.355	Uyuşumlu
	60.561	61.312	9.324	1.764	1.818	0.227	Uyuşumlu
	13.109	13.767	13.745	13.986	0.321	0.382	Uyuşumlu
5268	37.963	70.521	11.524	0.654	1.329	0.463	Uyuşumlu
	96.827	62.554	3.510	0.633	0.518	0.520	Uyuşumlu
	34.557	39.127	39.961	39.688	0.282	0.280	Uyuşumlu
	37.963	70.521	11.524	0.654	1.329	0.463	Uyuşumlu
	96.827	62.554	3.510	0.633	0.518	0.520	Uyuşumlu
	34.557	39.127	39.961	39.688	0.282	0.280	Uyuşumlu
5270	107.861	0.507	5.249	0.639	0.361	0.248	Uyuşumlu
	171.259	148.491	1.919	1.413	0.911	0.091	Uyuşumlu
	5.766	7.662	9.713	9.585	0.516	0.481	Uyuşumlu
	107.861	0.507	5.249	0.639	0.361	0.248	Uyuşumlu
	171.259	148.491	1.919	1.413	0.911	0.091	Uyuşumlu
	5.766	7.662	9.713	9.585	0.516	0.481	Uyuşumlu

Ek Tablo 2. Tau-testi yöntemi için program sonuçları

NN	T _i DEĞERLERİ							SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	7. ADIM	
101	0.042	0.095	0.187	0.005	0.090	0.401	0.525	Uyuşumlu
	0.116	0.172	0.355	0.066	0.317	0.054	0.007	Uyuşumlu
	0.067	0.100	0.730	1.037	0.040	0.583	0.415	Uyuşumlu
	0.042	0.095	0.187	0.005	0.090	0.401	0.525	Uyuşumlu
	0.116	0.172	0.355	0.066	0.317	0.054	0.007	Uyuşumlu
	0.067	0.100	0.730	1.037	0.040	0.583	0.415	Uyuşumlu

Ek Tablo 2. Tau-testi yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	T _i DEĞERLERİ							SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	7. ADIM	
105	0.063	0.004	0.202	0.010	0.090	0.936	1.190	Uyuşumlu
	0.108	0.014	0.603	0.055	0.329	1.353	1.542	Uyuşumlu
	0.076	0.109	0.783	1.137	0.043	0.694	0.393	Uyuşumlu
	0.063	0.004	0.202	0.010	0.090	0.936	1.190	Uyuşumlu
	0.108	0.014	0.603	0.055	0.329	1.353	1.542	Uyuşumlu
	0.076	0.109	0.783	1.137	0.043	0.694	0.393	Uyuşumlu
106	0.007	0.078	0.292	0.039	0.159	0.387	0.524	Uyuşumlu
	0.047	0.011	0.519	0.046	0.257	1.609	1.841	Uyuşumlu
	0.098	0.141	0.989	1.424	0.056	0.502	0.995	Uyuşumlu
	0.007	0.078	0.292	0.039	0.159	0.387	0.524	Uyuşumlu
	0.047	0.011	0.519	0.046	0.257	1.609	1.841	Uyuşumlu
	0.098	0.141	0.989	1.424	0.056	0.502	0.995	Uyuşumlu
108	0.104	0.198	0.391	0.046	-	-	-	Uyuşumlu
	0.050	0.058	0.379	0.016	-	-	-	Uyuşumlu
	0.673	0.926	6.770	9.490	-	-	-	Uyuşumsuz
	0.104	0.198	0.391	0.046	-	-	-	Uyuşumlu
	0.050	0.058	0.379	0.016	-	-	-	Uyuşumlu
	0.673	0.926	6.770	9.490	-	-	-	Uyuşumsuz
126	0.087	0.027	0.129	0.022	0.050	1.951	2.384	Uyuşumlu
	0.032	0.116	0.452	0.063	0.325	0.581	0.634	Uyuşumlu
	0.062	0.090	0.650	0.935	0.122	1.210	1.775	Uyuşumlu
	0.087	0.027	0.129	0.022	0.050	1.951	2.384	Uyuşumlu
	0.032	0.116	0.452	0.063	0.325	0.581	0.634	Uyuşumlu
	0.062	0.090	0.650	0.935	0.122	1.210	1.775	Uyuşumlu
129	0.246	0.121	0.014	0.014	0.045	0.059	0.140	Uyuşumlu
	0.011	0.158	0.520	0.096	0.475	0.574	0.728	Uyuşumlu
	0.022	0.025	0.169	0.270	0.046	0.282	0.685	Uyuşumlu
	0.246	0.121	0.014	0.014	0.045	0.059	0.140	Uyuşumlu
	0.011	0.158	0.520	0.096	0.475	0.574	0.728	Uyuşumlu
	0.022	0.025	0.169	0.270	0.046	0.282	0.685	Uyuşumlu
130	0.238	0.144	0.014	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.838	0.980	7.058	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	0.034	0.039	0.260	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.238	0.144	0.014	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.838	0.980	7.058	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	0.034	0.039	0.260	-	-	-	-	Uyuşumlu
133	0.241	0.179	0.045	0.048	0.132	0.378	0.362	Uyuşumlu
	0.157	0.011	0.721	0.106	0.557	0.437	0.580	Uyuşumlu
	0.037	0.041	0.259	0.419	0.109	1.517	1.333	Uyuşumlu
	0.241	0.179	0.045	0.048	0.132	0.378	0.362	Uyuşumlu
	0.157	0.011	0.721	0.106	0.557	0.437	0.580	Uyuşumlu
	0.037	0.041	0.259	0.419	0.109	1.517	1.333	Uyuşumlu
135	0.183	0.023	0.012	0.020	0.047	1.124	-	Uyuşumlu
	0.123	0.231	0.382	0.091	0.426	0.865	-	Uyuşumlu
	0.036	0.050	0.371	0.538	0.470	5.127	-	Uyuşumsuz
	0.183	0.023	0.012	0.020	0.047	1.124	-	Uyuşumlu
	0.123	0.231	0.382	0.091	0.426	0.865	-	Uyuşumlu
	0.036	0.050	0.371	0.538	0.470	5.127	-	Uyuşumsuz

Ek Tablo 2. Tau-testi yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	T _i DEĞERLERİ							SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	7. ADIM	
142	0.147	0.042	0.072	0.018	0.053	1.785	2.195	Uyuşumlu
	0.013	0.100	0.519	0.076	0.394	0.222	0.210	Uyuşumlu
	0.046	0.063	0.456	0.670	0.079	1.107	0.957	Uyuşumlu
	0.147	0.042	0.072	0.018	0.053	1.785	2.195	Uyuşumlu
	0.013	0.100	0.519	0.076	0.394	0.222	0.210	Uyuşumlu
	0.046	0.063	0.456	0.670	0.079	1.107	0.957	Uyuşumlu
144	0.172	0.038	0.034	0.019	0.036	1.250	1.550	Uyuşumlu
	0.056	0.168	0.444	0.075	0.377	0.054	0.018	Uyuşumlu
	0.035	0.048	0.358	0.525	0.005	0.257	0.009	Uyuşumlu
	0.172	0.038	0.034	0.019	0.036	1.250	1.550	Uyuşumlu
	0.056	0.168	0.444	0.075	0.377	0.054	0.018	Uyuşumlu
	0.035	0.048	0.358	0.525	0.005	0.257	0.009	Uyuşumlu
204	0.449	0.278	0.238	0.016	0.031	0.327	0.312	Uyuşumlu
	0.062	0.280	0.523	0.133	0.629	2.001	2.406	Uyuşumlu
	0.035	0.066	0.502	0.670	0.068	1.099	0.973	Uyuşumlu
	0.449	0.278	0.238	0.016	0.031	0.327	0.312	Uyuşumlu
	0.062	0.280	0.523	0.133	0.629	2.001	2.406	Uyuşumlu
	0.035	0.066	0.502	0.670	0.068	1.099	0.973	Uyuşumlu
211	0.333	0.200	0.108	0.012	0.007	0.204	0.320	Uyuşumlu
	0.001	0.181	0.557	0.110	0.541	0.987	1.213	Uyuşumlu
	0.003	0.007	0.074	0.067	0.143	1.333	1.955	Uyuşumlu
	0.333	0.200	0.108	0.012	0.007	0.204	0.320	Uyuşumlu
	0.001	0.181	0.557	0.110	0.541	0.987	1.213	Uyuşumlu
	0.003	0.007	0.074	0.067	0.143	1.333	1.955	Uyuşumlu
304	0.466	0.098	0.350	0.028	0.199	0.135	0.187	Uyuşumlu
	0.569	0.725	0.066	0.072	0.235	0.260	0.299	Uyuşumlu
	0.060	0.095	0.694	0.978	0.231	2.436	2.905	Uyuşumlu
	0.466	0.098	0.350	0.028	0.199	0.135	0.187	Uyuşumlu
	0.569	0.725	0.066	0.072	0.235	0.260	0.299	Uyuşumlu
	0.060	0.095	0.694	0.978	0.231	2.436	2.905	Uyuşumlu
306	0.304	0.005	0.138	0.010	0.042	0.517	0.590	Uyuşumlu
	0.477	0.582	0.006	0.060	0.193	0.165	0.184	Uyuşumlu
	0.014	0.023	0.193	0.271	0.053	0.490	0.637	Uyuşumlu
	0.304	0.005	0.138	0.010	0.042	0.517	0.590	Uyuşumlu
	0.477	0.582	0.006	0.060	0.193	0.165	0.184	Uyuşumlu
	0.014	0.023	0.193	0.271	0.053	0.490	0.637	Uyuşumlu
377	0.335	0.130	0.138	0.011	0.025	0.703	0.781	Uyuşumlu
	0.193	0.348	0.333	0.099	0.448	1.094	1.326	Uyuşumlu
	0.012	0.025	0.183	0.238	0.036	0.174	0.438	Uyuşumlu
	0.335	0.130	0.138	0.011	0.025	0.703	0.781	Uyuşumlu
	0.193	0.348	0.333	0.099	0.448	1.094	1.326	Uyuşumlu
	0.012	0.025	0.183	0.238	0.036	0.174	0.438	Uyuşumlu
381	0.394	0.142	0.211	0.016	0.054	0.415	0.445	Uyuşumlu
	0.298	0.460	0.208	0.075	0.303	0.139	0.152	Uyuşumlu
	0.028	0.051	0.404	0.547	0.065	0.537	0.805	Uyuşumlu
	0.394	0.142	0.211	0.016	0.054	0.415	0.445	Uyuşumlu
	0.298	0.460	0.208	0.075	0.303	0.139	0.152	Uyuşumlu
	0.028	0.051	0.404	0.547	0.065	0.537	0.805	Uyuşumlu

Ek Tablo 2. Tau-testi yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	T _i DEĞERLERİ							SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	7. ADIM	
382	0.351	0.083	0.182	0.001	0.038	0.507	0.563	Uyuşumlu
	0.350	0.489	0.140	0.067	0.265	0.148	0.164	Uyuşumlu
	0.027	0.045	0.330	0.455	0.183	2.253	2.552	Uyuşumlu
	0.351	0.083	0.182	0.001	0.038	0.507	0.563	Uyuşumlu
	0.350	0.489	0.140	0.067	0.265	0.148	0.164	Uyuşumlu
	0.027	0.045	0.330	0.455	0.183	2.253	2.552	Uyuşumlu
388	7.180	-	-	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	0.298	-	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.015	-	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	7.180	-	-	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	0.298	-	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.015	-	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
426	0.153	0.124	0.032	0.014	0.077	0.951	1.114	Uyuşumlu
	0.448	0.500	0.003	0.051	0.164	0.227	0.243	Uyuşumlu
	0.024	0.038	0.278	0.382	0.050	0.493	0.658	Uyuşumlu
	0.153	0.124	0.032	0.014	0.077	0.951	1.114	Uyuşumlu
	0.448	0.500	0.003	0.051	0.164	0.227	0.243	Uyuşumlu
	0.024	0.038	0.278	0.382	0.050	0.493	0.658	Uyuşumlu
433	0.215	0.081	0.044	0.007	0.000	0.491	0.565	Uyuşumlu
	0.474	0.545	0.020	0.054	0.167	0.232	0.256	Uyuşumlu
	0.005	0.008	0.051	0.066	0.111	1.328	1.526	Uyuşumlu
	0.215	0.081	0.044	0.007	0.000	0.491	0.565	Uyuşumlu
	0.474	0.545	0.020	0.054	0.167	0.232	0.256	Uyuşumlu
	0.005	0.008	0.051	0.066	0.111	1.328	1.526	Uyuşumlu
451	0.081	0.148	0.110	0.003	0.073	0.241	0.261	Uyuşumlu
	0.344	0.382	0.096	0.048	0.181	0.403	0.441	Uyuşumlu
	0.044	0.069	0.526	0.731	0.023	0.336	0.266	Uyuşumlu
	0.081	0.148	0.110	0.003	0.073	0.241	0.261	Uyuşumlu
	0.344	0.382	0.096	0.048	0.181	0.403	0.441	Uyuşumlu
	0.044	0.069	0.526	0.731	0.023	0.336	0.266	Uyuşumlu
454	0.162	0.070	0.014	0.013	0.027	0.132	0.126	Uyuşumlu
	0.324	0.396	0.133	0.055	0.227	0.195	0.202	Uyuşumlu
	0.021	0.035	0.282	0.391	0.003	0.093	0.034	Uyuşumlu
	0.162	0.070	0.014	0.013	0.027	0.132	0.126	Uyuşumlu
	0.324	0.396	0.133	0.055	0.227	0.195	0.202	Uyuşumlu
	0.021	0.035	0.282	0.391	0.003	0.093	0.034	Uyuşumlu
456	0.194	0.078	0.023	0.003	0.003	0.277	0.306	Uyuşumlu
	0.418	0.489	0.034	0.053	0.182	0.286	0.317	Uyuşumlu
	0.012	0.019	0.146	0.199	0.037	0.512	0.522	Uyuşumlu
	0.194	0.078	0.023	0.003	0.003	0.277	0.306	Uyuşumlu
	0.418	0.489	0.034	0.053	0.182	0.286	0.317	Uyuşumlu
	0.012	0.019	0.146	0.199	0.037	0.512	0.522	Uyuşumlu
458	0.235	0.013	0.049	0.000	0.082	1.021	1.174	Uyuşumlu
	0.274	0.380	0.211	0.075	0.328	0.486	0.604	Uyuşumlu
	0.003	0.005	0.071	0.101	0.060	0.863	0.853	Uyuşumlu
	0.235	0.013	0.049	0.000	0.082	1.021	1.174	Uyuşumlu
	0.274	0.380	0.211	0.075	0.328	0.486	0.604	Uyuşumlu
	0.003	0.005	0.071	0.101	0.060	0.863	0.853	Uyuşumlu

Ek Tablo 2. Tau-testi yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	T _i DEĞERLERİ							SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	7. ADIM	
460	0.272	0.014	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	7.114	9.956	-	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	0.007	0.012	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.272	0.014	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	7.114	9.956	-	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	0.007	0.012	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
466	0.243	0.003	0.071	0.010	0.037	0.686	0.780	Uyuşumlu
	0.319	0.422	0.160	0.069	0.293	0.308	0.388	Uyuşumlu
	0.000	0.001	0.043	0.059	0.034	0.218	0.407	Uyuşumlu
	0.243	0.003	0.071	0.010	0.037	0.686	0.780	Uyuşumlu
	0.319	0.422	0.160	0.069	0.293	0.308	0.388	Uyuşumlu
	0.000	0.001	0.043	0.059	0.034	0.218	0.407	Uyuşumlu
467	0.263	0.056	0.074	0.001	0.046	0.633	0.706	Uyuşumlu
	0.224	0.348	0.284	0.093	0.420	1.154	1.400	Uyuşumlu
	0.002	0.000	0.026	0.044	0.063	0.507	0.811	Uyuşumlu
	0.263	0.056	0.074	0.001	0.046	0.633	0.706	Uyuşumlu
	0.224	0.348	0.284	0.093	0.420	1.154	1.400	Uyuşumlu
	0.002	0.000	0.026	0.044	0.063	0.507	0.811	Uyuşumlu
468	0.216	0.045	0.055	0.019	0.037	0.153	0.211	Uyuşumlu
	0.379	0.463	0.081	0.055	0.209	0.243	0.267	Uyuşumlu
	0.006	0.010	0.092	0.124	0.028	0.447	0.421	Uyuşumlu
	0.216	0.045	0.055	0.019	0.037	0.153	0.211	Uyuşumlu
	0.379	0.463	0.081	0.055	0.209	0.243	0.267	Uyuşumlu
	0.006	0.010	0.092	0.124	0.028	0.447	0.421	Uyuşumlu
471	0.165	0.050	0.016	0.014	0.035	0.115	0.100	Uyuşumlu
	0.276	0.356	0.192	0.065	0.282	0.154	0.215	Uyuşumlu
	0.022	0.035	0.288	0.403	0.012	0.288	0.170	Uyuşumlu
	0.165	0.050	0.016	0.014	0.035	0.115	0.100	Uyuşumlu
	0.276	0.356	0.192	0.065	0.282	0.154	0.215	Uyuşumlu
	0.022	0.035	0.288	0.403	0.012	0.288	0.170	Uyuşumlu
472	0.234	0.057	0.128	0.123	0.505	-	-	Uyuşumlu
	0.020	0.044	1.270	2.213	9.532	-	-	Uyuşumsuz
	0.005	0.004	0.037	0.068	0.434	-	-	Uyuşumlu
	0.234	0.057	0.128	0.123	0.505	-	-	Uyuşumlu
	0.020	0.044	1.270	2.213	9.532	-	-	Uyuşumsuz
	0.005	0.004	0.037	0.068	0.434	-	-	Uyuşumlu
480	0.028	0.175	0.178	0.002	0.099	0.095	0.086	Uyuşumlu
	0.295	0.320	0.151	0.056	0.228	0.012	0.034	Uyuşumlu
	0.062	0.096	0.718	1.004	0.003	0.041	0.120	Uyuşumlu
	0.028	0.175	0.178	0.002	0.099	0.095	0.086	Uyuşumlu
	0.295	0.320	0.151	0.056	0.228	0.012	0.034	Uyuşumlu
	0.062	0.096	0.718	1.004	0.003	0.041	0.120	Uyuşumlu
4761	0.020	0.233	0.154	0.019	0.103	0.441	0.512	Uyuşumlu
	0.425	0.428	0.031	0.000	0.037	2.283	2.681	Uyuşumlu
	0.051	0.087	0.694	0.951	0.086	1.031	1.139	Uyuşumlu
	0.020	0.233	0.154	0.019	0.103	0.441	0.512	Uyuşumlu
	0.425	0.428	0.031	0.000	0.037	2.283	2.681	Uyuşumlu
	0.051	0.087	0.694	0.951	0.086	1.031	1.139	Uyuşumlu

Ek Tablo 2. Tau-testi yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	T _i DEĞERLERİ							SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	7. ADIM	
5020	0.492	0.170	0.331	0.016	0.201	0.340	0.446	Uyuşumlu
	0.444	0.625	0.084	0.093	0.330	0.621	0.739	Uyuşumlu
	0.057	0.098	0.799	1.099	0.140	1.750	2.001	Uyuşumlu
	0.492	0.170	0.331	0.016	0.201	0.340	0.446	Uyuşumlu
	0.444	0.625	0.084	0.093	0.330	0.621	0.739	Uyuşumlu
	0.057	0.098	0.799	1.099	0.140	1.750	2.001	Uyuşumlu
5182	0.125	0.050	0.077	0.005	0.002	0.763	0.953	Uyuşumlu
	0.189	0.266	0.292	0.078	0.346	0.487	0.624	Uyuşumlu
	0.041	0.060	0.431	0.616	0.061	0.821	0.749	Uyuşumlu
	0.125	0.050	0.077	0.005	0.002	0.763	0.953	Uyuşumlu
	0.189	0.266	0.292	0.078	0.346	0.487	0.624	Uyuşumlu
	0.041	0.060	0.431	0.616	0.061	0.821	0.749	Uyuşumlu
5268	0.119	0.306	0.361	0.029	0.253	0.995	1.166	Uyuşumlu
	0.302	0.271	0.110	0.028	0.099	1.117	1.267	Uyuşumlu
	0.108	0.170	1.253	1.748	0.054	0.602	0.896	Uyuşumlu
	0.119	0.306	0.361	0.029	0.253	0.995	1.166	Uyuşumlu
	0.302	0.271	0.110	0.028	0.099	1.117	1.267	Uyuşumlu
	0.108	0.170	1.253	1.748	0.054	0.602	0.896	Uyuşumlu
5270	0.337	0.002	0.165	0.028	0.069	0.533	0.614	Uyuşumlu
	0.535	0.644	0.060	0.062	0.173	0.195	0.222	Uyuşumlu
	0.018	0.033	0.304	0.422	0.098	1.034	1.251	Uyuşumlu
	0.337	0.002	0.165	0.028	0.069	0.533	0.614	Uyuşumlu
	0.535	0.644	0.060	0.062	0.173	0.195	0.222	Uyuşumlu
	0.018	0.033	0.304	0.422	0.098	1.034	1.251	Uyuşumlu

Ek Tablo 3. t-testi yöntemi için program sonuçları

NN	t _i DEĞERLERİ							SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	7. ADIM	
101	0.042	0.095	0.186	0.005	0.089	0.399	0.522	Uyuşumlu
	0.116	0.171	0.354	0.066	0.315	0.054	0.007	Uyuşumlu
	0.066	0.099	0.726	1.031	0.040	0.580	0.412	Uyuşumlu
	0.042	0.095	0.186	0.005	0.089	0.399	0.522	Uyuşumlu
	0.116	0.171	0.354	0.066	0.315	0.054	0.007	Uyuşumlu
	0.066	0.099	0.726	1.031	0.040	0.580	0.412	Uyuşumlu
105	0.062	0.004	0.201	0.010	0.090	0.931	1.183	Uyuşumlu
	0.107	0.014	0.600	0.055	0.327	1.346	1.533	Uyuşumlu
	0.076	0.108	0.779	1.131	0.043	0.690	0.391	Uyuşumlu
	0.062	0.004	0.201	0.010	0.090	0.931	1.183	Uyuşumlu
	0.107	0.014	0.600	0.055	0.327	1.346	1.533	Uyuşumlu
	0.076	0.108	0.779	1.131	0.043	0.690	0.391	Uyuşumlu
106	0.007	0.078	0.290	0.038	0.158	0.385	0.520	Uyuşumlu
	0.047	0.011	0.517	0.046	0.256	1.600	1.831	Uyuşumlu
	0.097	0.140	0.984	1.417	0.056	0.499	0.989	Uyuşumlu
	0.007	0.078	0.290	0.038	0.158	0.385	0.520	Uyuşumlu
	0.047	0.011	0.517	0.046	0.256	1.600	1.831	Uyuşumlu
	0.097	0.140	0.984	1.417	0.056	0.499	0.989	Uyuşumlu

Ek Tablo 3. t-testi yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	t _i DEĞERLERİ							SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	7. ADIM	
108	0.103	0.197	0.389	0.046	-	-	-	Uyuşumlu
	0.050	0.058	0.377	0.016	-	-	-	Uyuşumlu
	0.669	0.921	6.735	9.440	-	-	-	Uyuşumsuz
	0.103	0.197	0.389	0.046	-	-	-	Uyuşumlu
	0.050	0.058	0.377	0.016	-	-	-	Uyuşumlu
	0.669	0.921	6.735	9.440	-	-	-	Uyuşumsuz
126	0.086	0.027	0.128	0.022	0.049	1.940	2.370	Uyuşumlu
	0.032	0.115	0.449	0.063	0.323	0.577	0.630	Uyuşumlu
	0.062	0.089	0.646	0.930	0.121	1.203	1.765	Uyuşumlu
	0.086	0.027	0.128	0.022	0.049	1.940	2.370	Uyuşumlu
	0.032	0.115	0.449	0.063	0.323	0.577	0.630	Uyuşumlu
	0.062	0.089	0.646	0.930	0.121	1.203	1.765	Uyuşumlu
129	0.245	0.120	0.014	0.014	0.045	0.058	0.139	Uyuşumlu
	0.011	0.157	0.517	0.095	0.472	0.571	0.724	Uyuşumlu
	0.022	0.025	0.168	0.268	0.046	0.280	0.681	Uyuşumlu
	0.245	0.120	0.014	0.014	0.045	0.058	0.139	Uyuşumlu
	0.011	0.157	0.517	0.095	0.472	0.571	0.724	Uyuşumlu
	0.022	0.025	0.168	0.268	0.046	0.280	0.681	Uyuşumlu
130	0.236	0.144	0.014	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.834	0.975	7.022	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.034	0.039	0.259	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.236	0.144	0.014	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.834	0.975	7.022	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.034	0.039	0.259	-	-	-	-	Uyuşumlu
133	0.240	0.178	0.045	0.048	0.132	0.376	0.359	Uyuşumlu
	0.157	0.011	0.717	0.105	0.554	0.435	0.577	Uyuşumlu
	0.036	0.041	0.258	0.417	0.109	1.509	1.326	Uyuşumlu
	0.240	0.178	0.045	0.048	0.132	0.376	0.359	Uyuşumlu
	0.157	0.011	0.717	0.105	0.554	0.435	0.577	Uyuşumlu
	0.036	0.041	0.258	0.417	0.109	1.509	1.326	Uyuşumlu
135	0.182	0.023	0.012	0.020	0.047	1.118	-	Uyuşumlu
	0.123	0.230	0.380	0.090	0.424	0.860	-	Uyuşumlu
	0.036	0.050	0.369	0.535	0.467	5.098	-	Uyuşumsuz
	0.182	0.023	0.012	0.020	0.047	1.118	-	Uyuşumlu
	0.123	0.230	0.380	0.090	0.424	0.860	-	Uyuşumlu
	0.036	0.050	0.369	0.535	0.467	5.098	-	Uyuşumsuz
142	0.146	0.041	0.072	0.018	0.053	1.775	2.182	Uyuşumlu
	0.013	0.100	0.516	0.075	0.392	0.221	0.209	Uyuşumlu
	0.046	0.063	0.453	0.667	0.079	1.101	0.951	Uyuşumlu
	0.146	0.041	0.072	0.018	0.053	1.775	2.182	Uyuşumlu
	0.013	0.100	0.516	0.075	0.392	0.221	0.209	Uyuşumlu
	0.046	0.063	0.453	0.667	0.079	1.101	0.951	Uyuşumlu
144	0.171	0.038	0.034	0.019	0.036	1.243	1.541	Uyuşumlu
	0.055	0.167	0.442	0.075	0.375	0.054	0.018	Uyuşumlu
	0.035	0.048	0.357	0.522	0.005	0.255	0.009	Uyuşumlu
	0.171	0.038	0.034	0.019	0.036	1.243	1.541	Uyuşumlu
	0.055	0.167	0.442	0.075	0.375	0.054	0.018	Uyuşumlu
	0.035	0.048	0.357	0.522	0.005	0.255	0.009	Uyuşumlu

Ek Tablo 3. t-testi yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	t _i DEĞERLERİ							SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	7. ADIM	
144	0.171	0.038	0.034	0.019	0.036	1.243	1.541	Uyuşumlu
	0.055	0.167	0.442	0.075	0.375	0.054	0.018	Uyuşumlu
	0.035	0.048	0.357	0.522	0.005	0.255	0.009	Uyuşumlu
	0.171	0.038	0.034	0.019	0.036	1.243	1.541	Uyuşumlu
	0.055	0.167	0.442	0.075	0.375	0.054	0.018	Uyuşumlu
	0.035	0.048	0.357	0.522	0.005	0.255	0.009	Uyuşumlu
204	0.447	0.276	0.237	0.015	0.031	0.325	0.310	Uyuşumlu
	0.062	0.278	0.521	0.133	0.626	1.990	2.392	Uyuşumlu
	0.034	0.065	0.499	0.666	0.068	1.092	0.968	Uyuşumlu
	0.447	0.276	0.237	0.015	0.031	0.325	0.310	Uyuşumlu
	0.062	0.278	0.521	0.133	0.626	1.990	2.392	Uyuşumlu
	0.034	0.065	0.499	0.666	0.068	1.092	0.968	Uyuşumlu
211	0.332	0.199	0.107	0.012	0.007	0.203	0.318	Uyuşumlu
	0.001	0.180	0.554	0.109	0.538	0.981	1.205	Uyuşumlu
	0.003	0.007	0.074	0.066	0.142	1.325	1.943	Uyuşumlu
	0.332	0.199	0.107	0.012	0.007	0.203	0.318	Uyuşumlu
	0.001	0.180	0.554	0.109	0.538	0.981	1.205	Uyuşumlu
	0.003	0.007	0.074	0.066	0.142	1.325	1.943	Uyuşumlu
304	0.464	0.097	0.348	0.027	0.198	0.134	0.186	Uyuşumlu
	0.566	0.721	0.066	0.072	0.233	0.259	0.298	Uyuşumlu
	0.060	0.094	0.690	0.973	0.230	2.422	2.888	Uyuşumlu
	0.464	0.097	0.348	0.027	0.198	0.134	0.186	Uyuşumlu
	0.566	0.721	0.066	0.072	0.233	0.259	0.298	Uyuşumlu
	0.060	0.094	0.690	0.973	0.230	2.422	2.888	Uyuşumlu
306	0.303	0.005	0.137	0.010	0.042	0.514	0.587	Uyuşumlu
	0.475	0.579	0.006	0.060	0.192	0.164	0.183	Uyuşumlu
	0.014	0.023	0.192	0.270	0.053	0.487	0.633	Uyuşumlu
	0.303	0.005	0.137	0.010	0.042	0.514	0.587	Uyuşumlu
	0.475	0.579	0.006	0.060	0.192	0.164	0.183	Uyuşumlu
	0.014	0.023	0.192	0.270	0.053	0.487	0.633	Uyuşumlu
377	0.333	0.130	0.137	0.011	0.025	0.699	0.777	Uyuşumlu
	0.192	0.346	0.331	0.099	0.446	1.088	1.318	Uyuşumlu
	0.012	0.025	0.182	0.237	0.035	0.173	0.435	Uyuşumlu
	0.333	0.130	0.137	0.011	0.025	0.699	0.777	Uyuşumlu
	0.192	0.346	0.331	0.099	0.446	1.088	1.318	Uyuşumlu
	0.012	0.025	0.182	0.237	0.035	0.173	0.435	Uyuşumlu
381	0.392	0.141	0.210	0.016	0.054	0.412	0.443	Uyuşumlu
	0.296	0.458	0.207	0.074	0.301	0.138	0.151	Uyuşumlu
	0.028	0.050	0.402	0.544	0.065	0.534	0.800	Uyuşumlu
	0.392	0.141	0.210	0.016	0.054	0.412	0.443	Uyuşumlu
	0.296	0.458	0.207	0.074	0.301	0.138	0.151	Uyuşumlu
	0.028	0.050	0.402	0.544	0.065	0.534	0.800	Uyuşumlu
382	0.349	0.083	0.181	0.001	0.037	0.504	0.560	Uyuşumlu
	0.349	0.487	0.139	0.067	0.264	0.147	0.163	Uyuşumlu
	0.027	0.045	0.328	0.453	0.182	2.241	2.537	Uyuşumlu
	0.349	0.083	0.181	0.001	0.037	0.504	0.560	Uyuşumlu
	0.349	0.487	0.139	0.067	0.264	0.147	0.163	Uyuşumlu
	0.027	0.045	0.328	0.453	0.182	2.241	2.537	Uyuşumlu

Ek Tablo 3. t-testi yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	t _i DEĞERLERİ							SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	7. ADIM	
381	0.392	0.141	0.210	0.016	0.054	0.412	0.443	Uyuşumlu
	0.296	0.458	0.207	0.074	0.301	0.138	0.151	Uyuşumlu
	0.028	0.050	0.402	0.544	0.065	0.534	0.800	Uyuşumlu
	0.392	0.141	0.210	0.016	0.054	0.412	0.443	Uyuşumlu
	0.296	0.458	0.207	0.074	0.301	0.138	0.151	Uyuşumlu
	0.028	0.050	0.402	0.544	0.065	0.534	0.800	Uyuşumlu
382	0.349	0.083	0.181	0.001	0.037	0.504	0.560	Uyuşumlu
	0.349	0.487	0.139	0.067	0.264	0.147	0.163	Uyuşumlu
	0.027	0.045	0.328	0.453	0.182	2.241	2.537	Uyuşumlu
	0.349	0.083	0.181	0.001	0.037	0.504	0.560	Uyuşumlu
	0.349	0.487	0.139	0.067	0.264	0.147	0.163	Uyuşumlu
	0.027	0.045	0.328	0.453	0.182	2.241	2.537	Uyuşumlu
388	7.145	-	-	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	0.297	-	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.015	-	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	7.145	-	-	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	0.297	-	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.015	-	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
426	0.153	0.123	0.031	0.014	0.076	0.946	1.107	Uyuşumlu
	0.446	0.497	0.003	0.051	0.163	0.226	0.242	Uyuşumlu
	0.023	0.037	0.277	0.380	0.049	0.491	0.654	Uyuşumlu
	0.153	0.123	0.031	0.014	0.076	0.946	1.107	Uyuşumlu
	0.446	0.497	0.003	0.051	0.163	0.226	0.242	Uyuşumlu
	0.023	0.037	0.277	0.380	0.049	0.491	0.654	Uyuşumlu
433	0.214	0.080	0.044	0.007	0.000	0.489	0.562	Uyuşumlu
	0.472	0.542	0.020	0.053	0.166	0.230	0.254	Uyuşumlu
	0.005	0.008	0.051	0.066	0.110	1.320	1.517	Uyuşumlu
	0.214	0.080	0.044	0.007	0.000	0.489	0.562	Uyuşumlu
	0.472	0.542	0.020	0.053	0.166	0.230	0.254	Uyuşumlu
	0.005	0.008	0.051	0.066	0.110	1.320	1.517	Uyuşumlu
451	0.080	0.148	0.109	0.003	0.073	0.239	0.260	Uyuşumlu
	0.343	0.380	0.096	0.047	0.180	0.400	0.438	Uyuşumlu
	0.043	0.069	0.523	0.727	0.022	0.335	0.264	Uyuşumlu
	0.080	0.148	0.109	0.003	0.073	0.239	0.260	Uyuşumlu
	0.343	0.380	0.096	0.047	0.180	0.400	0.438	Uyuşumlu
	0.043	0.069	0.523	0.727	0.022	0.335	0.264	Uyuşumlu
454	0.161	0.070	0.014	0.013	0.027	0.132	0.125	Uyuşumlu
	0.323	0.394	0.132	0.055	0.226	0.194	0.201	Uyuşumlu
	0.021	0.034	0.280	0.388	0.003	0.092	0.034	Uyuşumlu
	0.161	0.070	0.014	0.013	0.027	0.132	0.125	Uyuşumlu
	0.323	0.394	0.132	0.055	0.226	0.194	0.201	Uyuşumlu
	0.021	0.034	0.280	0.388	0.003	0.092	0.034	Uyuşumlu
456	0.193	0.078	0.023	0.003	0.003	0.275	0.304	Uyuşumlu
	0.416	0.487	0.034	0.052	0.181	0.284	0.315	Uyuşumlu
	0.012	0.019	0.145	0.198	0.036	0.509	0.519	Uyuşumlu
	0.193	0.078	0.023	0.003	0.003	0.275	0.304	Uyuşumlu
	0.416	0.487	0.034	0.052	0.181	0.284	0.315	Uyuşumlu
	0.012	0.019	0.145	0.198	0.036	0.509	0.519	Uyuşumlu

Ek Tablo 3. t-testi yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	t _i DEĞERLERİ							SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	7. ADIM	
456	0.193	0.078	0.023	0.003	0.003	0.275	0.304	Uyuşumlu
	0.416	0.487	0.034	0.052	0.181	0.284	0.315	Uyuşumlu
	0.012	0.019	0.145	0.198	0.036	0.509	0.519	Uyuşumlu
	0.193	0.078	0.023	0.003	0.003	0.275	0.304	Uyuşumlu
	0.416	0.487	0.034	0.052	0.181	0.284	0.315	Uyuşumlu
	0.012	0.019	0.145	0.198	0.036	0.509	0.519	Uyuşumlu
458	0.234	0.013	0.049	0.000	0.081	1.015	1.168	Uyuşumlu
	0.273	0.378	0.210	0.074	0.327	0.483	0.600	Uyuşumlu
	0.003	0.005	0.071	0.101	0.060	0.858	0.848	Uyuşumlu
	0.234	0.013	0.049	0.000	0.081	1.015	1.168	Uyuşumlu
	0.273	0.378	0.210	0.074	0.327	0.483	0.600	Uyuşumlu
	0.003	0.005	0.071	0.101	0.060	0.858	0.848	Uyuşumlu
460	0.271	0.014	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	7.080	9.907	-	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	0.007	0.012	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	0.271	0.014	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
	7.080	9.907	-	-	-	-	-	Uyuşumsuz
	0.007	0.012	-	-	-	-	-	Uyuşumlu
466	0.242	0.003	0.071	0.010	0.037	0.683	0.776	Uyuşumlu
	0.317	0.420	0.159	0.069	0.292	0.306	0.386	Uyuşumlu
	0.000	0.001	0.043	0.058	0.034	0.216	0.404	Uyuşumlu
	0.242	0.003	0.071	0.010	0.037	0.683	0.776	Uyuşumlu
	0.317	0.420	0.159	0.069	0.292	0.306	0.386	Uyuşumlu
	0.000	0.001	0.043	0.058	0.034	0.216	0.404	Uyuşumlu
467	0.262	0.056	0.074	0.001	0.045	0.630	0.702	Uyuşumlu
	0.223	0.346	0.283	0.093	0.418	1.148	1.392	Uyuşumlu
	0.002	0.000	0.025	0.044	0.062	0.504	0.806	Uyuşumlu
	0.262	0.056	0.074	0.001	0.045	0.630	0.702	Uyuşumlu
	0.223	0.346	0.283	0.093	0.418	1.148	1.392	Uyuşumlu
	0.002	0.000	0.025	0.044	0.062	0.504	0.806	Uyuşumlu
468	0.215	0.045	0.054	0.019	0.037	0.152	0.210	Uyuşumlu
	0.377	0.461	0.081	0.055	0.208	0.241	0.265	Uyuşumlu
	0.006	0.010	0.091	0.123	0.028	0.444	0.419	Uyuşumlu
	0.215	0.045	0.054	0.019	0.037	0.152	0.210	Uyuşumlu
	0.377	0.461	0.081	0.055	0.208	0.241	0.265	Uyuşumlu
	0.006	0.010	0.091	0.123	0.028	0.444	0.419	Uyuşumlu
471	0.164	0.050	0.016	0.014	0.035	0.114	0.099	Uyuşumlu
	0.275	0.354	0.191	0.064	0.280	0.153	0.214	Uyuşumlu
	0.022	0.035	0.287	0.401	0.012	0.287	0.169	Uyuşumlu
	0.164	0.050	0.016	0.014	0.035	0.114	0.099	Uyuşumlu
	0.275	0.354	0.191	0.064	0.280	0.153	0.214	Uyuşumlu
	0.022	0.035	0.287	0.401	0.012	0.287	0.169	Uyuşumlu
472	0.233	0.057	0.128	0.122	0.502	-	-	Uyuşumlu
	0.020	0.044	1.264	2.201	9.480	-	-	Uyuşumsuz
	0.005	0.004	0.036	0.067	0.431	-	-	Uyuşumlu
	0.233	0.057	0.128	0.122	0.502	-	-	Uyuşumlu
	0.020	0.044	1.264	2.201	9.480	-	-	Uyuşumsuz
	0.005	0.004	0.036	0.067	0.431	-	-	Uyuşumlu

Ek Tablo 3. t-testi yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	t _i DEĞERLERİ							SONUÇ
	1. ADIM	2. ADIM	3. ADIM	4. ADIM	5. ADIM	6. ADIM	7. ADIM	
480	0.027	0.174	0.177	0.002	0.098	0.095	0.085	Uyuşumlu
	0.293	0.318	0.151	0.056	0.227	0.012	0.033	Uyuşumlu
	0.061	0.096	0.715	0.998	0.003	0.041	0.119	Uyuşumlu
	0.027	0.174	0.177	0.002	0.098	0.095	0.085	Uyuşumlu
	0.293	0.318	0.151	0.056	0.227	0.012	0.033	Uyuşumlu
	0.061	0.096	0.715	0.998	0.003	0.041	0.119	Uyuşumlu
4761	0.020	0.232	0.154	0.019	0.102	0.439	0.509	Uyuşumlu
	0.422	0.426	0.031	0.000	0.037	2.270	2.665	Uyuşumlu
	0.051	0.086	0.690	0.946	0.085	1.025	1.132	Uyuşumlu
	0.020	0.232	0.154	0.019	0.102	0.439	0.509	Uyuşumlu
	0.422	0.426	0.031	0.000	0.037	2.270	2.665	Uyuşumlu
	0.051	0.086	0.690	0.946	0.085	1.025	1.132	Uyuşumlu
5020	0.489	0.170	0.329	0.016	0.200	0.339	0.443	Uyuşumlu
	0.442	0.622	0.084	0.092	0.328	0.617	0.735	Uyuşumlu
	0.056	0.098	0.795	1.093	0.139	1.741	1.990	Uyuşumlu
	0.489	0.170	0.329	0.016	0.200	0.339	0.443	Uyuşumlu
	0.442	0.622	0.084	0.092	0.328	0.617	0.735	Uyuşumlu
	0.056	0.098	0.795	1.093	0.139	1.741	1.990	Uyuşumlu
5182	0.125	0.050	0.077	0.005	0.002	0.759	0.947	Uyuşumlu
	0.188	0.264	0.291	0.077	0.344	0.484	0.621	Uyuşumlu
	0.041	0.059	0.429	0.613	0.061	0.817	0.745	Uyuşumlu
	0.125	0.050	0.077	0.005	0.002	0.759	0.947	Uyuşumlu
	0.188	0.264	0.291	0.077	0.344	0.484	0.621	Uyuşumlu
	0.041	0.059	0.429	0.613	0.061	0.817	0.745	Uyuşumlu
5268	0.118	0.304	0.359	0.029	0.251	0.989	1.159	Uyuşumlu
	0.301	0.270	0.109	0.028	0.098	1.111	1.259	Uyuşumlu
	0.107	0.169	1.246	1.739	0.053	0.598	0.890	Uyuşumlu
	0.118	0.304	0.359	0.029	0.251	0.989	1.159	Uyuşumlu
	0.301	0.270	0.109	0.028	0.098	1.111	1.259	Uyuşumlu
	0.107	0.169	1.246	1.739	0.053	0.598	0.890	Uyuşumlu
5270	0.335	0.002	0.164	0.028	0.068	0.530	0.610	Uyuşumlu
	0.532	0.641	0.060	0.062	0.172	0.193	0.221	Uyuşumlu
	0.018	0.033	0.303	0.420	0.098	1.028	1.244	Uyuşumlu
	0.335	0.002	0.164	0.028	0.068	0.530	0.610	Uyuşumlu
	0.532	0.641	0.060	0.062	0.172	0.193	0.221	Uyuşumlu
	0.018	0.033	0.303	0.420	0.098	1.028	1.244	Uyuşumlu

Ek Tablo 4. En küçük mutlak toplam yöntemi için program sonuçları

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
101	0.355	18.699	98.025	222.358	Uyuşumlu	105	0.246	35.962	491.934	91.229	Uyuşumlu
	0.130	0.882	8.985	15.276	Uyuşumlu		0.143	1.652	13.413	12.080	Uyuşumlu
	0.228	2.139	14.967	26.682	Uyuşumlu		0.206	2.038	19.356	37.153	Uyuşumlu
	0.355	18.699	98.025	222.358	Uyuşumlu		0.246	35.962	491.934	91.229	Uyuşumlu
	0.130	0.882	8.985	15.276	Uyuşumlu		0.143	1.652	13.413	12.080	Uyuşumlu
	0.228	2.139	14.967	26.682	Uyuşumlu		0.206	2.038	19.356	37.153	Uyuşumlu

Ek Tablo 4. En küçük mutlak toplam yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
106	2.239	2.370	46.079	41.689	Uyuşumlu	108	0.149	0.842	9.464	11.326	Uyuşumlu
	0.325	5.321	11.082	9.204	Uyuşumlu		0.308	2.384	5.436	4.567	Uyuşumlu
	0.160	1.310	5.021	6.173	Uyuşumlu		0.024	0.020	0.020	0.020	Uyuşumlu
	2.239	2.370	46.079	41.689	Uyuşumlu		0.149	0.842	9.464	11.326	Uyuşumlu
	0.325	5.321	11.082	9.204	Uyuşumlu		0.308	2.384	5.436	4.567	Uyuşumlu
	0.160	1.310	5.021	6.173	Uyuşumlu		0.024	0.020	0.020	0.020	Uyuşumlu
126	0.175	7.559	8.941	7.975	Uyuşumlu	129	0.061	0.684	8.295	12.472	Uyuşumlu
	0.477	2.155	24.098	99.415	Uyuşumlu		1.380	2.501	6.012	7.199	Uyuşumlu
	0.245	1.763	4.691	5.214	Uyuşumlu		0.695	6.550	24.408	22.277	Uyuşumlu
	0.175	7.559	8.941	7.975	Uyuşumlu		0.061	0.684	8.295	12.472	Uyuşumlu
	0.477	2.155	24.098	99.415	Uyuşumlu		1.380	2.501	6.012	7.199	Uyuşumlu
	0.245	1.763	4.691	5.214	Uyuşumlu		0.695	6.550	24.408	22.277	Uyuşumlu
130	0.064	0.739	9.714	15.560	Uyuşumlu	133	0.064	0.711	5.505	6.991	Uyuşumlu
	0.018	0.020	0.020	0.020	Uyuşumsuz		0.098	1.221	10.007	9.946	Uyuşumlu
	0.462	2.954	5.830	5.750	Uyuşumlu		0.438	10.782	9.003	9.208	Uyuşumlu
	0.064	0.739	9.714	15.560	Uyuşumlu		0.064	0.711	5.505	6.991	Uyuşumlu
	0.018	0.020	0.020	0.020	Uyuşumsuz		0.098	1.221	10.007	9.946	Uyuşumlu
	0.462	2.954	5.830	5.750	Uyuşumlu		0.438	10.782	9.003	9.208	Uyuşumlu
135	0.082	1.082	57.104	21.062	Uyuşumlu	142	0.103	1.720	14.085	10.565	Uyuşumlu
	0.121	0.792	4.513	5.722	Uyuşumlu		1.171	6.111	14.278	21.571	Uyuşumlu
	0.416	1.428	1.854	1.875	Uyuşumsuz		0.332	4.265	26.785	20.474	Uyuşumlu
	0.082	1.082	57.104	21.062	Uyuşumlu		0.103	1.720	14.085	10.565	Uyuşumlu
	0.121	0.792	4.513	5.722	Uyuşumlu		1.171	6.111	14.278	21.571	Uyuşumlu
	0.416	1.428	1.854	1.875	Uyuşumsuz		0.332	4.265	26.785	20.474	Uyuşumlu
144	0.088	1.217	42.624	19.479	Uyuşumlu	204	0.034	0.338	4.717	7.269	Uyuşumlu
	0.271	1.470	9.051	13.308	Uyuşumlu		0.246	1.141	2.920	3.257	Uyuşumlu
	0.433	4.428	36.901	51.180	Uyuşumlu		0.463	2.468	5.233	6.419	Uyuşumlu
	0.088	1.217	42.624	19.479	Uyuşumlu		0.034	0.338	4.717	7.269	Uyuşumlu
	0.271	1.470	9.051	13.308	Uyuşumlu		0.246	1.141	2.920	3.257	Uyuşumlu
	0.433	4.428	36.901	51.180	Uyuşumlu		0.463	2.468	5.233	6.419	Uyuşumlu
211	0.046	0.482	7.394	12.474	Uyuşumlu	304	0.033	0.333	9.715	37.266	Uyuşumlu
	13.984	2.935	4.697	5.326	Uyuşumlu		0.027	0.231	3.037	4.766	Uyuşumlu
	5.341	13.121	10.914	9.157	Uyuşumlu		0.265	3.753	8.848	6.836	Uyuşumlu
	0.046	0.482	7.394	12.474	Uyuşumlu		0.033	0.333	9.715	37.266	Uyuşumlu
	13.984	2.935	4.697	5.326	Uyuşumlu		0.027	0.231	3.037	4.766	Uyuşumlu
	5.341	13.121	10.914	9.157	Uyuşumlu		0.265	3.753	8.848	6.836	Uyuşumlu
306	0.050	0.512	7.676	12.556	Uyuşumlu	377	0.045	0.453	5.094	7.119	Uyuşumlu
	0.032	0.268	4.075	7.198	Uyuşumlu		0.078	0.560	3.505	4.408	Uyuşumlu
	1.127	15.173	39.736	29.374	Uyuşumlu		1.230	8.672	47.931	283.664	Uyuşumlu
	0.050	0.512	7.676	12.556	Uyuşumlu		0.045	0.453	5.094	7.119	Uyuşumlu
	0.032	0.268	4.075	7.198	Uyuşumlu		0.078	0.560	3.505	4.408	Uyuşumlu
	1.127	15.173	39.736	29.374	Uyuşumlu		1.230	8.672	47.931	283.664	Uyuşumlu
381	0.038	0.382	5.757	9.317	Uyuşumlu	382	0.043	0.433	6.241	9.835	Uyuşumlu
	0.051	0.410	4.845	7.689	Uyuşumlu		0.043	0.353	4.630	7.663	Uyuşumlu
	0.550	4.920	56.223	139.227	Uyuşumlu		0.558	2.375	3.817	4.105	Uyuşumlu
	0.038	0.382	5.757	9.317	Uyuşumlu		0.043	0.433	6.241	9.835	Uyuşumlu
	0.051	0.410	4.845	7.689	Uyuşumlu		0.043	0.353	4.630	7.663	Uyuşumlu
	0.550	4.920	56.223	139.227	Uyuşumlu		0.558	2.375	3.817	4.105	Uyuşumlu

Ek Tablo 4. En küçük mutlak toplam yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
388	0.002	0.002	0.002	0.002	Uyuşumsuz	426	0.098	1.116	7.795	9.653	Uyuşumlu
	0.050	0.397	3.873	5.514	Uyuşumlu		0.034	0.282	4.737	9.186	Uyuşumlu
	1.027	7.569	38.689	79.295	Uyuşumlu		0.650	4.163	9.491	10.992	Uyuşumlu
	0.002	0.002	0.002	0.002	Uyuşumsuz		0.098	1.116	7.795	9.653	Uyuşumlu
	0.050	0.397	3.873	5.514	Uyuşumlu		0.034	0.282	4.737	9.186	Uyuşumlu
	1.027	7.569	38.689	79.295	Uyuşumlu		0.650	4.163	9.491	10.992	Uyuşumlu
433	0.070	0.765	9.952	15.374	Uyuşumlu	451	0.186	3.359	19.523	25.588	Uyuşumlu
	0.032	0.269	4.415	8.320	Uyuşumlu		0.044	0.359	6.526	14.655	Uyuşumlu
	3.015	16.416	9.994	9.526	Uyuşumlu		0.350	3.058	15.204	24.295	Uyuşumlu
	0.070	0.765	9.952	15.374	Uyuşumlu		0.186	3.359	19.523	25.588	Uyuşumlu
	0.032	0.269	4.415	8.320	Uyuşumlu		0.044	0.359	6.526	14.655	Uyuşumlu
	3.015	16.416	9.994	9.526	Uyuşumlu		0.350	3.058	15.204	24.295	Uyuşumlu
454	0.092	1.122	14.685	23.769	Uyuşumlu	456	0.078	0.880	12.471	20.633	Uyuşumlu
	0.046	0.376	5.599	10.318	Uyuşumlu		0.036	0.300	4.941	9.525	Uyuşumlu
	0.700	6.016	22.838	30.378	Uyuşumlu		1.287	17.315	79.241	50.214	Uyuşumlu
	0.092	1.122	14.685	23.769	Uyuşumlu		0.078	0.880	12.471	20.633	Uyuşumlu
	0.046	0.376	5.599	10.318	Uyuşumlu		0.036	0.300	4.941	9.525	Uyuşumlu
	0.700	6.016	22.838	30.378	Uyuşumlu		1.287	17.315	79.241	50.214	Uyuşumlu
458	0.064	0.662	5.455	6.898	Uyuşumlu	460	0.055	0.576	7.749	11.933	Uyuşumlu
	0.054	0.426	4.184	6.021	Uyuşumlu		0.002	0.002	0.002	0.002	Uyuşumsuz
	4.696	17.174	14.253	14.559	Uyuşumlu		2.234	15.236	54.629	74.690	Uyuşumlu
	0.064	0.662	5.455	6.898	Uyuşumlu		0.055	0.576	7.749	11.933	Uyuşumlu
	0.054	0.426	4.184	6.021	Uyuşumlu		0.002	0.002	0.002	0.002	Uyuşumsuz
	4.696	17.174	14.253	14.559	Uyuşumlu		2.234	15.236	54.629	74.690	Uyuşumlu
466	0.061	0.648	6.792	9.311	Uyuşumlu	467	0.057	0.594	6.163	8.411	Uyuşumlu
	0.047	0.376	4.228	6.411	Uyuşumlu		0.067	0.493	3.427	4.390	Uyuşumlu
	93.592	72.970	34.168	31.423	Uyuşumlu		8.953	27.012	20.736	18.346	Uyuşumlu
	0.061	0.648	6.792	9.311	Uyuşumlu		0.057	0.594	6.163	8.411	Uyuşumlu
	0.047	0.376	4.228	6.411	Uyuşumlu		0.067	0.493	3.427	4.390	Uyuşumlu
	93.592	72.970	34.168	31.423	Uyuşumlu		8.953	27.012	20.736	18.346	Uyuşumlu
468	0.070	0.791	19.840	66.919	Uyuşumlu	471	0.091	1.100	13.573	21.163	Uyuşumlu
	0.040	0.328	5.053	9.340	Uyuşumlu		0.054	0.428	5.050	8.026	Uyuşumlu
	2.603	97.732	50.908	44.456	Uyuşumlu		0.679	6.692	42.605	73.455	Uyuşumlu
	0.070	0.791	19.840	66.919	Uyuşumlu		0.091	1.100	13.573	21.163	Uyuşumlu
	0.040	0.328	5.053	9.340	Uyuşumlu		0.054	0.428	5.050	8.026	Uyuşumlu
	2.603	97.732	50.908	44.456	Uyuşumlu		0.679	6.692	42.605	73.455	Uyuşumlu
472	0.064	1.116	2.141	1.972	Uyuşumlu	480	0.546	9.160	35.569	39.962	Uyuşumlu
	0.745	0.105	0.094	0.094	Uyuşumsuz		0.051	0.408	5.950	10.904	Uyuşumlu
	3.201	2.358	2.077	2.091	Uyuşumlu		0.250	2.042	8.095	11.035	Uyuşumlu
	0.064	1.116	2.141	1.972	Uyuşumlu		0.546	9.160	35.569	39.962	Uyuşumlu
	0.745	0.105	0.094	0.094	Uyuşumsuz		0.051	0.408	5.950	10.904	Uyuşumlu
	3.201	2.358	2.077	2.091	Uyuşumlu		0.250	2.042	8.095	11.035	Uyuşumlu
4761	0.748	7.830	26.033	26.919	Uyuşumlu	5020	0.031	0.312	8.806	32.137	Uyuşumlu
	0.036	0.314	107.814	9.272	Uyuşumlu		0.035	0.285	3.015	4.305	Uyuşumlu
	0.308	2.971	30.054	1271.989	Uyuşumlu		0.280	1.678	3.651	4.222	Uyuşumlu
	0.748	7.830	26.033	26.919	Uyuşumlu		0.031	0.312	8.806	32.137	Uyuşumlu
	0.036	0.314	107.814	9.272	Uyuşumlu		0.035	0.285	3.015	4.305	Uyuşumlu
	0.308	2.971	30.054	1271.989	Uyuşumlu		0.280	1.678	3.651	4.222	Uyuşumlu

Ek Tablo 5. Andrews yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
144	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	204	0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
211	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	304	0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.995	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.995	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
306	0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	377	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.997	0.999	0.999	0.999	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.997	0.999	0.999	0.999	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
381	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	382	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
388	0.378	0.372	0.372	0.372	Uyuşumsuz	426	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.378	0.372	0.372	0.372	Uyuşumsuz		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
433	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	451	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.997	0.999	0.999	0.999	Uyuşumlu		0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.997	0.999	0.999	0.999	Uyuşumlu		0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
454	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	456	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
458	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	460	0.999	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	0.999	0.999	0.999	0.999	Uyuşumlu		0.387	0.376	0.376	0.376	Uyuşumsuz
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.999	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	0.999	0.999	0.999	0.999	Uyuşumlu		0.387	0.376	0.376	0.376	Uyuşumsuz
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu

Ek Tablo 5. Andrews yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
466	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	467	0.999	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.999	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
468	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	471	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.999	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.999	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
472	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	480	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
4761	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	5020	0.996	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.997	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.996	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.997	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
5182	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	5268	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
5270	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	0.996	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu						
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	0.996	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu						
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						

Ek Tablo 6. Beaton-Tukey yöntemi için program sonuçları

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
101	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	105	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.998	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.999	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.998	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.999	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu

Ek Tablo 6. Beaton-Tukey yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
106	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	108	0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.998	0.998	0.998	0.998	Kuşkulu		0.919	0.921	0.921	0.921	Kuşkulu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.998	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.998	0.998	0.998	0.998	Kuşkulu		0.919	0.921	0.921	0.921	Kuşkulu
126	0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	129	0.989	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.989	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
130	0.990	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	133	0.989	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.875	0.915	0.915	0.915	Kuşkulu		0.995	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.990	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.989	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.875	0.915	0.915	0.915	Kuşkulu		0.995	0.999	0.999	0.999	Kuşkulu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
135	0.994	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	142	0.996	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.994	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.996	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
144	0.995	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	204	0.963	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.995	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.963	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
211	0.980	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	304	0.960	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.941	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.980	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.960	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.941	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
306	0.983	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	377	0.980	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.959	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.993	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.983	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.980	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.959	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.993	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
381	0.972	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	382	0.978	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.984	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.978	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.972	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.978	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.984	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.978	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu

Ek Tablo 6. Beaton-Tukey yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
388	0.001	0.001	0.001	0.001	Uyuşumsuz	426	0.996	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.984	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.963	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.001	0.001	0.001	0.001	Uyuşumsuz		0.996	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.984	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.963	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
433	0.992	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	451	0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.959	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.978	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.992	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.999	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.959	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.978	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
454	0.995	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	456	0.993	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.981	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.968	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.995	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.993	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.981	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.968	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
458	0.990	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	460	0.986	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.986	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.001	0.001	0.001	0.001	Uyuşumsuz
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.990	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.986	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.986	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.001	0.001	0.001	0.001	Uyuşumsuz
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
466	0.989	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	467	0.987	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.981	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.991	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.989	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.987	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.981	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.991	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
468	0.991	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	471	0.995	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.974	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.986	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.991	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.995	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.974	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.986	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
472	0.990	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	480	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	0.997	0.997	0.997	Kuşkulu		0.984	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.990	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	0.997	0.997	0.997	Kuşkulu		0.984	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
4761	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	5020	0.956	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.967	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.964	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.956	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.967	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.964	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu

Ek Tablo 6. Beaton-Tukey yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
5182	0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	5268	0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.993	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.983	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.998	0.998	0.998	0.998	Kuşkulu
	0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.997	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.993	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.983	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.998	0.998	0.998	0.998	Kuşkulu
5270	0.979	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	0.948	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	0.979	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	0.948	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						

Ek Tablo 7. Huber yöntemi için program sonuçları

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
101	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	105	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.886	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.954	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.886	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.954	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
106	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	108	0.995	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.153	0.143	0.143	0.143	Uyuşumsuz
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.995	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.153	0.143	0.143	0.143	Uyuşumsuz
126	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	129	0.419	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.419	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
130	0.434	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	133	0.428	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.123	0.141	0.141	0.141	Uyuşumsuz		0.654	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.434	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.428	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.123	0.141	0.141	0.141	Uyuşumsuz		0.654	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
135	0.564	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	142	0.703	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.836	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.564	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.703	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.836	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu

Ek Tablo 7. Huber yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
144	0.601	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	204	0.229	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.601	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.229	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
211	0.309	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	304	0.221	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.181	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.309	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.221	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.181	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
306	0.339	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	377	0.308	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.216	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.534	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.339	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.308	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.216	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.534	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
381	0.261	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	382	0.294	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.346	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.294	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.261	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.294	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.346	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.294	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
388	0.014	0.014	0.014	0.014	Uyuşumsuz	426	0.672	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.345	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.230	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.014	0.014	0.014	0.014	Uyuşumsuz		0.672	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.345	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.230	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
433	0.479	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	451	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.217	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.299	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.479	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.217	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.299	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
454	0.637	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	456	0.532	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.318	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.246	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.637	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.532	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.318	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.246	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
458	0.438	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	460	0.378	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.376	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.014	0.014	0.014	0.014	Uyuşumsuz
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.438	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.378	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.376	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.014	0.014	0.014	0.014	Uyuşumsuz
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu

Ek Tablo 7. Huber yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
466	0.423	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	467	0.391	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.323	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.460	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.423	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.391	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.323	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.460	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
468	0.478	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	471	0.626	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.272	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.373	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.478	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.626	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.272	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.373	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
472	0.440	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	480	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	0.717	0.682	0.682	Uyuşumsuz		0.350	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.440	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	0.717	0.682	0.682	Uyuşumsuz		0.350	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
4761	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	5020	0.209	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.243	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.232	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.209	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.243	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.232	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
5182	0.822	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	5268	0.869	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.545	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.341	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.955	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.822	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.869	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.545	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.341	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.955	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
5270	0.306	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	0.193	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	0.306	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	0.193	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						

Ek Tablo 8. Danimarka yöntemi için program sonuçları

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
101	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	105	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.886	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.954	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.886	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.954	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu

Ek Tablo 8. Danimarka yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
106	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	108	0.995	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.153	0.143	0.143	0.143	Uyuşumsuz
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.995	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.153	0.143	0.143	0.143	Uyuşumsuz
126	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	129	0.419	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.419	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
130	0.434	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	133	0.428	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.123	0.141	0.141	0.141	Uyuşumsuz		0.654	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.434	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.428	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.123	0.141	0.141	0.141	Uyuşumsuz		0.654	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
135	0.564	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	142	0.703	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.836	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.564	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.703	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.836	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
144	0.601	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	204	0.229	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.601	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.229	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
211	0.309	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	304	0.221	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.181	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.309	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.221	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.181	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
306	0.339	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	377	0.308	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.216	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.534	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.339	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.308	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.216	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.534	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
381	0.261	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	382	0.294	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.346	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.294	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.261	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.294	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.346	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.294	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu

Ek Tablo 8. Danimarka yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
388	0.014	0.014	0.014	0.014	Uyuşumsuz	426	0.672	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.345	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.230	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.014	0.014	0.014	0.014	Uyuşumsuz		0.672	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.345	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.230	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
433	0.479	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	451	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.217	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.299	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.479	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.217	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.299	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
454	0.637	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	456	0.532	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.318	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.246	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.637	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.532	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.318	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.246	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
458	0.438	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	460	0.378	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.376	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.014	0.014	0.014	0.014	Uyuşumsuz
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.438	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.378	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.376	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.014	0.014	0.014	0.014	Uyuşumsuz
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
466	0.423	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	467	0.391	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.323	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.460	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.423	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.391	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.323	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.460	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
468	0.478	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	471	0.626	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.272	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.373	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.478	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.626	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.272	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.373	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
472	0.440	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	480	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	0.717	0.682	0.682	Uyuşumsuz		0.350	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.440	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	0.717	0.682	0.682	Uyuşumsuz		0.350	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
4761	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	5020	0.209	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.243	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.232	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.209	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.243	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.232	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu

Ek Tablo 8. Danimarka yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ	NN	1.	2.	3.	4.	SONUÇ
5182	0.822	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu	5268	0.869	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.545	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.341	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.955	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.822	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.869	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	0.545	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.341	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu		0.955	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu
5270	0.306	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	0.193	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	0.306	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	0.193	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						
	1.000	1.000	1.000	1.000	Uyuşumlu						

Ek Tablo 9. Fuzzy mantık yöntemi için program sonuçları

NN	μ_M	SONUÇ	NN	μ_M	SONUÇ	NN	μ_M	SONUÇ	NN	μ_M	SONUÇ
101	0.000	Uyuşumlu	105	0.000	Uyuşumlu	106	0.000	Uyuşumlu	108	0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.110	Uyuşumsuz
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.110	Uyuşumsuz
126	0.000	Uyuşumlu	129	0.000	Uyuşumlu	130	0.000	Uyuşumlu	133	0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.025	Uyuşumsuz		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.025	Uyuşumsuz		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
135	0.000	Uyuşumlu	142	0.000	Uyuşumlu	144	0.000	Uyuşumlu	204	0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
211	0.000	Uyuşumlu	304	0.000	Uyuşumlu	306	0.000	Uyuşumlu	377	0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.029	Uyuşumsuz		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.029	Uyuşumsuz		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu

Ek Tablo 9. Fuzzy mantık yöntemi için program sonuçları (devam)

NN	μ_M	SONUÇ	NN	μ_M	SONUÇ	NN	μ_M	SONUÇ	NN	μ_M	SONUÇ
381	0.000	Uyuşumlu	382	0.000	Uyuşumlu	388	$2 \cdot 10^{-5}$	Uyuşumsuz	426	0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		$2 \cdot 10^{-5}$	Uyuşumsuz		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
433	0.000	Uyuşumlu	451	0.000	Uyuşumlu	454	0.000	Uyuşumlu	456	0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
458	0.000	Uyuşumlu	460	0.000	Uyuşumlu	466	0.000	Uyuşumlu	467	0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		$7 \cdot 10^{-5}$	Uyuşumsuz		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		$7 \cdot 10^{-5}$	Uyuşumsuz		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
468	0.000	Uyuşumlu	471	0.000	Uyuşumlu	472	0.000	Uyuşumlu	480	0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
4761	0.000	Uyuşumlu	5020	0.000	Uyuşumlu	5182	0.000	Uyuşumlu	5268	0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
5270	0.000	Uyuşumlu	5270	0.000	Uyuşumlu	5270	0.000	Uyuşumlu	5270	0.000	Uyuşumlu
	0.008	Uyuşumsuz		0.008	Uyuşumsuz		0.008	Uyuşumsuz		0.008	Uyuşumsuz
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu
	0.008	Uyuşumsuz		0.008	Uyuşumsuz		0.008	Uyuşumsuz		0.008	Uyuşumsuz
	0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu		0.000	Uyuşumlu

8. ÖZGEÇMİŞ

1972 yılında Trabzon'da dünyaya geldi. İlk ve Orta öğrenimini Trabzon'da tamamladı.

1988 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümüne girdi. 1992 yılında bu bölümden mezun oldu. Aynı yıl adı geçen bölümde başladığı Yüksek Lisans eğitimini 1995 yılında tamamladı. 1995 yılında aynı bölümde doktora eğitimine başladı.

Haziran 1993 – Kasım 1997 tarihleri arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. Aralık 1997 – Mart 2002 tarihleri arasında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığında Mühendis olarak çalıştı ve Nisan 2002 tarihinde Tapu ve Kadastro X. Bölge Müdürlüğüne tayin oldu. Halen bu görevini yürütmektedir. Evli ve bir çocuk annesidir.

Samsun, Mayıs 2003

Yasemin UZUN