

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TUSAGA-AKTİF (CORS-TR) NOKTALARI İÇİN FARKLI AMAÇ
FONKSİYONLARINA GÖRE BÖLGESEL DÖNÜŞÜM KATSAYILARININ
ELDE EDİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ülkü KIRICI

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

**NİSAN 2016
SAMSUN**



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TUSAGA-AKTİF (CORS-TR) NOKTALARI İÇİN FARKLI AMAÇ
FONKSİYONLARINA GÖRE BÖLGESEL DÖNÜŞÜM KATSAYILARININ
ELDE EDİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ülkü KIRICI
(13210044)

Tezin Savuma Tarihi : 08.04.2016

Tez Danışmanı : Doç.Dr.Yasemin ŞİŞMAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

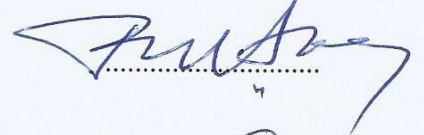
Harita Mühendisliği Anabilim Dalında

Ülkü Kırıcı Tarafından Hazırlanan

**TUSAGA-AKTİF (CORS-TR) NOKTALARI İÇİN FARKLI AMAÇ
FONKSİYONLARINA GÖRE BÖLGESEL DÖNÜŞÜM
KATSAYILARININ ELDE EDİLMESİ**

başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 08/04/2016 tarihinde yapılan sınav ile
YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

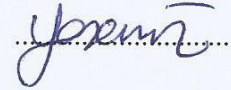
Başkan : Prof. Dr. Sebahattin BEKTAŞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Jüri Üyeleri : Doç.Dr.Ömer YILDIRIM
Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Doç.Dr.Yasemin ŞİŞMAN (Danışman)
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



.../.../2016

Prof. Dr. Hüseyin DEMİR

Enstitü Müdürü



Canım Aileme,

ÖNSÖZ

Tez sürecim boyunca bilgi birikimini, desteğini, anlayışını esirgemeyen ve deneyimleriyle çalışmamı yönlendiren, vizyonumun gelişmesini sağlayan ve hep daha iyisini yapabileceğim konusunda beni şevklendiren çok değerli danışmanım Doç.Dr.Yasemin ŞİŞMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam süresince manevi destekleri ve hoşgörüsüyle yanımda olan mesai arkadaşlarım Arş.Gör. Rıdvan Ertuğrul YILDIRIM, Arş.Gör. Azize UYAR, Arş.Gör. Erdi PAKEL ve Suhacan ÖZGÜLTEKİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Veri temini konusunda bana yardımcı olan desteğini her zaman hissettiğim babam İller Bankası Harita Teknikeri Zafer KIRICI'ya, Harita Mühendisleri Burcu ÇELİK ve Yaşar KÖMPE'ye, Samsun Tapu ve Kadastro Müdürlüğünde Harita Mühendisleri Bilge ERDEDE ve Nihat SAMSUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak da bugünlere gelmemde hertürlü fedakarlığı gösteren ve hep yanımda olan canım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nisan 2016

Ülkü Kırıcı
Harita Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR	xii
TUSAGA-AKTİF (CORS-TR)NOKTALARI İÇİN FARKLI AMAÇ FONKSİYONLARINA GÖRE BÖLGESEL DÖNÜŞÜM KATSAYILARININ ELDE EDİLMESİ.....	xiii
ÖZET.....	xiii
DETERMINING REGIONAL TRANSFORMATION PARAMETERS ACCORDING TO DIFFERENT AIM FUNCTIONS FOR CORS-TR POINTS	xiv
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Tanımı	2
1.2. Literatür Tarama.....	2
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Jeodezik Datum.....	5
2.1.1. Yatay datum	7
2.1.2. Düşey datum	7
2.2. Koordinat Sistemleri	8
2.2.1. Matematikte koordinat sistemleri.....	8
2.2.1.1. Dik koordinat sistemi	8
2.2.1.2. Kutupsal koordinat sistemi.....	9
2.2.2. Jeodezik koordinat sistemleri.....	9
2.2.2.1. Yersel koordinat sistemleri	10
2.2.2.2. Göksel koordinat sistemleri.....	14
2.2.2.3. Orbital (yörüngesel) koordinat sistemleri	18
2.3. Dünya'daki Koordinat Sistemleri	19
2.3.1. ED-50	19
2.3.2. NAD 27-83.....	21
2.3.3. GRS-80.....	22
2.3.4. WGS-84	23
2.3.5. ITRF	23
2.3.6. ETRS-89.....	27
2.3.7. GCS-02	27
2.3.8. SAD-69	28
2.4. Türkiye'de Koordinat Sistemleri.....	28
2.4.1. TUD-54	28

2.4.2.	ED-50	29
2.4.3.	ITRF	31
3.	MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	34
3.1.	Dengeleme Hesabı Ve Dolaylı Ölçüler Dengelemesi	34
3.1.1.	Dengeleme hesabı	34
3.1.1.1.	En küçük kareler yöntemi	35
3.1.1.2.	En küçük mutlak toplam yöntemi	36
3.2.	Koordinat Dönüşüm Modelleri	36
3.2.1.	İki boyutlu dönüşümler	37
3.2.1.1.	Benzerlik (Helmert) dönüşümü.....	37
3.2.1.2.	Afin dönüşümü.....	40
3.2.1.3.	Projektif dönüşüm	41
3.2.2.	Üç boyutlu dönüşümler	43
3.2.2.1.	Üç boyutlu benzerlik dönüşümü	43
3.2.2.2.	Üç boyutlu afin dönüşümü	44
3.2.3.	Polinomsal dönüşüm	45
4.	BULGULAR.....	48
4.1.	Türkiye’de Güncel Konum Belirleme TUSAGA-Aktif (CORS-TR)	48
4.1.1.	TUSAGA-Aktif istasyonları	52
4.1.2.	TUSAGA-Aktif çalışma prensibi.....	57
4.1.2.1.	FKP alan düzeltme tekniği	58
4.1.2.2.	VRS tekniği.....	58
4.1.2.3.	MAC tekniği	59
4.2.	Uygulama Çalışması	61
4.2.1.	İki boyutlu benzerlik ve afin dönüşümü.....	61
4.2.1.1.	Uygulama alanı	62
4.2.1.2.	Yapılan uygulama	63
4.2.2.	Üç boyutlu benzerlik dönüşümü	65
4.2.3.	Polinomsal dönüşüm	69
4.2.3.1.	TUSAGA-Aktif noktalarında polinomsal dönüşüm	69
4.2.3.2.	Samsun bölgesinde polinomsal dönüşüm	70
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
	KAYNAKÇA	76
	ÖZGEÇMİŞ.....	80

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Datum ve elipsoidleri	6
Çizelge 2.2 ED-50 datumunun bilgileri	20
Çizelge 2.3 NAD-27'nin tanımlanan özellikleri	21
Çizelge 2.4 NAD-83'ün tanımlanan özellikleri	22
Çizelge 2.5 GRS-80'in tanımlanan özellikleri	23
Çizelge 2.6 ETRS-89'ün parametreleri	27
Çizelge 2.7 SAD-69 elipsoidi parametreleri	28
Çizelge 2.8 ED-50'nin teknik verileri	30
Çizelge 2.9 ITRF tanımlama elemanları	32
Çizelge 4.1 Okunan noktaya en yakın noktalar	64
Çizelge 4.2 Benzerlik dönüşümü dönüşüm parametreleri	64
Çizelge 4.3 Benzerlik dönüşümü düzeltme değerleri	64
Çizelge 4.4 Afın dönüşümü dönüşüm parametreleri	65
Çizelge 4.5 Afın dönüşümü düzeltme değerleri	65
Çizelge 4.6 Çalışma alanı içindeki noktalar	66
Çizelge 4.7 Dönüşüm yapılan noktalar	67
Çizelge 4.8 Dönüşüm parametreleri	67
Çizelge 4.9 Bulunan düzeltme değerleri	67
Çizelge 4.10 Seçilen noktalar	68
Çizelge 4.11 Dönüşüm parametreleri	68
Çizelge 4.12 Bulunan düzeltme değerleri	68
Çizelge 4.13 Uygulamada kullanılan noktaların koordinatları	69
Çizelge 4.14 Polinomsal dönüşümü bilinmeyenleri ve düzeltme değerleri	70
Çizelge 4.15 Çalışma alanı kapsamındaki noktalar	71
Çizelge 4.16. Polinomsal dönüşüm bilinmeyenleri ve düzeltme değerleri	72
Çizelge 5.1 Polinomsal dönüşüm sonuçları	74
Çizelge 5.2 İki boyutlu benzerlik dönüşümü sonuçları	74
Çizelge 5.3 İki boyutlu afın dönüşümü sonuçları	75
Çizelge 5.4 Üç boyutlu benzerlik dönüşümü sonuçları	75

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Yatay ve düşey datum.....	5
Şekil 2.2 Dönel elipsoid (Gürses, 2011)	6
Şekil 2.3 Yatay datum (Düzgün, 2010).....	7
Şekil 2.4 Dik ve kutupsal koordinatlar.....	9
Şekil 2.5. Doğal dik ve eğri koordinat sistemi (Üstün, 1996).....	11
Şekil 2.6 Yerel doğal dik ve kutupsal koordinat sistemleri (Üstün, 1996)	12
Şekil 2.7 Elipsoidal dik ve eğri koordinat sistemleri	13
Şekil 2.8 Elipsoidal yerel dik ve kutupsal koordinatlar (Üstün, 1996).	14
Şekil 2.9 Ekliptik koordinat sistemi	15
Şekil 2.10 Ekliptik enlem, boylam ve ilkbahar noktası	15
Şekil 2.11 Açılım koordinat sistemi.....	16
Şekil 2.12 Saat açısı koordinat sistemi.....	17
Şekil 2.13 Ufuk koordinat sistemi.....	18
Şekil 2.14 Orbital (yörüngesel) koordinat sistemleri	19
Şekil 2.15 ED-50'nin kullanıldığı bölge	21
Şekil 2.16 NAD-27 ve NAD-83 arasındaki datum kayması	22
Şekil 2.17 VLBI (Very Long Baseline Interferometry)	24
Şekil 2.18 SLR (Satellite Laser Ranging)	24
Şekil 2.19 GPS (Global Positioning System).....	25
Şekil 2.20 DORIS (Doppler Ranging Integrated on Satellite).....	25
Şekil 2.21 Güncel ITRF ağının dayanak noktaları.....	25
Şekil 2.22 Türkiye ulusal nirengi ağı	29
Şekil 3.1 Dönüşüm yapılacak iki dik koordinat sistemi.....	38
Şekil 3.2 Afın dönüşümü	40
Şekil 3.3 Bursa-Wolf modeli.....	43
Şekil 3.4 Elipsoidal ortometrik yükseklik.....	46
Şekil 4.1 CORS-TR kapsamı (75 km yarıçap).....	49
Şekil 4.2 60 km mesafeli CORS istasyonları ve RTK kapsamı (30 km yarıçap)	50
Şekil 4.3 100 km mesafeli CORS istasyonları ve RTK kapsamı (50 km yarıçap)	50
Şekil 4.4 150 km mesafeli CORS istasyonları ve RTK kapsamı (75 km yarıçap)	51
Şekil 4.5 CORS-TR istasyonları (146 istasyon, 80-100 km mesafelerde).....	52
Şekil 4.6 146 adet CORS-TR istasyonu.....	55
Şekil 4.7 TUSAGA-Aktif istasyon yerleri.....	55
Şekil 4.8 TUSAGA-Aktif tesis örnekleri	56
Şekil 4.9 GPS ölçüleri ve ufuk açıklığı.....	57
Şekil 4.10 CORS-TR iletişim altyapısı	58
Şekil 4.11 CORS cihazında bağlantı kurma.....	59
Şekil 4.12 CORS cihazında yeni dosya açma	60
Şekil 4.13 CORS cihazı dosya aktarma	61
Şekil 4.14 İş akış diyagramı	62
Şekil 4.15 Uygulama alanı	63

Şekil 4.16 Uygulamada kullanılan TUSAGA-Aktif noktaları.....	69
--	----



KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ADSL	: Asymmetric Digital Subscriber Line
BIH	: Bureau International de l'Heure
BÖHHÜY	: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
CORS-TR	: Continuously Operating Reference Stations-Türkiye
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
DGPS	: Differential Global Positioning System
DORIS	: Doppler Ranging Integrated on Satellite
ED-50	: European Datum 1950
EDGE	: Enhanced Data For GSM Evolution
EGM-96	: Earth Gravitational Model 1996
EKK	: En Küçük Kareler Yöntemi
EKMT	: En Küçük Mutlak Toplam
ETRS-89	: European Terrestrial Reference System 1989
FKP	: Flächen Korrektur Parameter
GCH-02	: Restrictions on Geographic Data in China
GNSS	: Global Navigation Satellite System
GPRS	: General Package Radio Service
GPS	: Global Positioning System
GRS-80	: Geodetic Reference System
GUI	: Guide User Interface
HGK	: Harita Genel Komutanlığı
IERS	: International Earth Rotation and Reference Systems Service
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame
ITRS	: Uluslararası Yersel Referans Sistemi
IUGG	: Jeodezi ve Jeofizik Uluslararası Birliği
İKÜ	: İstanbul Kültür Üniversitesi
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
K.K.T.C.	: Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
MAC	: Master Auxiliary Concept
MATLAB	: Matrix Laboratory
MÖ	: Milattan Önce
NAVD-88	: North American Vertical Datum of 1988
NGVD-29	: National Geodetic Vertical Datum of 1929
RTCM	: The Radio Technical Commission For Maritime Services
RTK	: Gerçek Zamanlı Kinematik
SAD-69	: South American Datum 1969
SLR	: Satellite Laser Ranging
TCG	: Geocentric Coordinate Time
TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TUD-54	: Türkiye Ulusal Datumu 1954
TUTGA	: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
VLBI	: Very Long Baseline Interferometry
VRS	: Virtual Reference Stations
WGS	: World Geodetic System

TUSAGA-AKTİF (CORS-TR)NOKTALARI İÇİN FARKLI AMAÇ FONKSİYONLARINA GÖRE BÖLGESEL DÖNÜŞÜM KATSAYILARININ ELDE EDİLMESİ

ÖZET

Koordinat sistemi nesne ya da bir noktanın yüzeyindeki konumunun sayısal olarak belirlemek için oluşturulur. Tarihsel gelişimde Dünya’da ve ülkemizde farklı koordinat sistemleri vardır. Bir koordinat sistemindeki koordinatlar datum olarak adlandırılan bir referans yüzeyine göre tanımlanmış ve kullanılmıştır.

Farklı koordinat sistemlerinde oluşturulan nokta koordinatlarının çalışmalarda birarada kullanılabilmesi için tanımladıkları koordinat sistemlerinin birbirleriyle ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bu işleme koordinat dönüşümü (transformasyonu) denir. Türkiye Ulusal Koordinat Sistemi 2000’li yıllara kadar ölçümleri Avrupa Datumu-50’de yapılıyordu. Uydu jeodezisi ve Global Konum Belirleme Sistemlerinin harita mühendisliğinde ulusal koordinat sistemi olarak belirlenmesi ve kullanımının artması ile ulusal olarak oluşturulan koordinatların tümü International Terrestrial Reference Frame (ITRF) olmaya başlamıştır. Böylece koordinat dönüşümü ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Koordinat dönüşümü yapılabilmesi için her iki koordinat sisteminde de koordinatı bilinen ortak nokta koordinatlarına ihtiyaç duyulur. Ortak noktalar kullanılarak iki sistem arasındaki geometrik ilişki ve koordinat dönüşüm parametreleri tanımlanır. Diğer noktaların koordinatları ise bu koordinat dönüşüm parametreleri kullanılarak bulunur.

Bu çalışmada Dünya’da ve Türkiye’de tanımlanmış ve sıklıkla kullanılan koordinat sistemleri açıklanmıştır. Ayrıca iki , üç boyutlu benzerlik, afin, projektif dönüşüm yöntemleri teorik olarak açıklanmış ve bu yöntemlerden iki boyutlu iki boyutlu benzerlik, afin ve üç boyutlu benzerlik benzerlik dönüşüm yöntemleri için seçilen Orta Karadeniz Bölgesi çalışma alanında Matlab programlama dilinde oluşturulan programlar kullanılarak çözüm yapılmıştır.

Ayrıca yükseklikler arasındaki ilişkiyi kurmak için polinomsal dönüşüm teorik olarak açıklanmış ve jeoid ondülasyonları için 3.derece polinom yazılan program kullanılarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler:Koordinat Sistemleri,Koordinat Dönüşümü, Polinomsal Dönüşüm

DETERMINING REGIONAL TRANSFORMATION PARAMETERS ACCORDING TO DIFFERENT AIM FUNCTIONS FOR CORS-TR POINTS

ABSTRACT

Coordinate systems are for determining of the location of any point or any object surface as numerically/digitally. It is available a number of different coordinate system around the world and our country. The coordinates on any coordinate system are defined and used based on the reference level namely as datum.

The coordinate systems are required to be related each other for integrated using of the coordinates of the point/object that is defined in different coordinate systems. This is called as coordinate transformation. National Coordinate System of Turkey (Turkish National Coordinate System) was based on the European Datum-50. Since the determination and increasing used of the Satellite Geodesy and Global Positioning Systems as national coordinate systems in Geomatics Engineering (Surveying Engineering), all the national coordinates are used/transformed/defined based on the International Terrestrial Reference Frame (ITRF).

For enabling any coordinate transformation, it is required to fixed point that is defined in both coordinate systems. The parameters of transformation and the relation between the current coordinate systems are determined by using these fixed points. The coordinates of any other points/objects are calculated using by these transformation parameters.

In this study, a number of coordinates systems that is used around the world and in Turkey were highlighted/emphasized/determined. Additionally the 3D similarity transformation, Affine, projective transformation methods are explained with theoretically. And also for case study in Central Black Sea Region, these transformation methods were used integrated with Matlab Programming codes.

Furthermore, the polynomial transformation was explained with theoretically to enable the relation among the elevations and the 3rd order polynomial of the geoid undulations were calculated by using these Matlab programming codes.

Key Words: Coordinate Systems, Coordinate Transformation, Polynomial Transformation

1. GİRİŞ

Yeryüzündeki bir nesne tek, iki ve üç boyutlu olarak koordinat sisteminde tanımlanarak sayısal hale dönüştürülür. Bu işlem için dünyada tek anlamlı tanımlanmış koordinat sistemine ihtiyaç duyulur. Bu koordinat sisteminin temelini bir yüzey oluşturur ve bu yüzey jeodezik koordinat sistemlerinde jeoid yada elipsoiddir. Yeryüzünün modeli olarak bu yüzeylerden birisinin kesin olarak alınamamasının nedeni yeryüzünün şeklinin homojen ve düzenli olmamasıdır. Bu şekilde elde edilecek anlamlı koordinat sistemi kullanılarak yeryüzünde tüm nesnelerin koordinatları elde edilebilir. Tanımlanan koordinat sistemleri tanımlanma şekillerine, orjinlerine, eksen sayılarına göre farklılık gösterebilir. Dünyada ve ülkemizde çeşitli zamanlarda farklı çalışmalarda farklı koordinat sistemleri tanımlanmış ve kullanılmıştır. Bu koordinat sistemlerinin birbirleriyle ilişkilendirilmesi ve farklı sistemlere dönüştürülmesi gerekebilir. Elde edilen koordinat değerleriyle yapılan işleme koordinat dönüşümü yada transformasyonu denir. Koordinat dönüşümü tek, iki ve üç boyutlu koordinatlar için yapılabilir. Bu çalışmada koordinat sistemlerinin tanımlanması için gereken adımlar açıklandıktan sonra Dünya’da ve Türkiye’de kullanılmış ve kullanılmakta olan koordinat sistemleri açıklanmıştır. Ayrıca tek boyutlu yükseklik dönüşümü için polinomsal dönüşüm, iki ve üç boyutlu koordinatlar için benzerlik, afin ve projektif dönüşüm ile ilgili bilgiler verilmiştir. Uygulamada ise uydu jeodezisi yöntemlerinin kullanımının artması ile ortaya çıkan International Terrestrial Reference Frame (ITRF) koordinat sistemi ve Türkiye’de uzun yıllar kullanılan Avrupa Datumu-50 (ED-50) koordinat sistemleri arasındaki koordinat dönüşümü problemine Orta Karadeniz Bölgesi için iki boyutlu benzerlik, afin, üç boyutlu benzerlik ve 3.dereceden polinomsal dönüşüm yapılmıştır. TUSAGA-Aktif (CORS-TR) için bu dönüşüm parametrelerinin sunulması önerilmiştir.

1.1.Problemin Tanımı

Türkiye’de ülke nirengi ağı oluşturma işlemleri 1930’lu yıllarda başlamış ve yapılan çalışmalar 1950 yıllarında Avrupa Datumuna dönüştürülmüştür. Tüm noktalar ve paftalar ED-50 koordinat sistemine göre üretilmiştir. Teknolojik gelişmeler, ülkemizin tektonik hareketlerden etkilenen bir coğrafyada olması, tahribat ve çeşitli deformasyonlar nedeniyle ED-50 koordinat sisteminde üretilen ülke nokta koordinatlarının yenilenmesi gereksinimi ortaya çıkmıştır. Bu amaçla Türkiye Ulusal GPS ağı (TUTGA) oluşturulmuştur. TUTGA noktaların bir kısmında sürekli ölçü yapan sabit GPS istasyonları tesis edilerek TUSAGA-Aktif (CORS-TR) sistemi oluşturulmuş ve tüm haritacılık çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır. Haritacılık çalışmaları kaçınılmaz olarak daha önce koordinatı belirlenmiş dayanak noktalarına göre oluşturulmaktadır. Dayanak noktalarının koordinatlarının eski sistem ED-50’de türetilmiş olması, yeni nokta koordinatlarının ise yeni sistem ITRF koordinat sisteminde türetilmesi sebebiyle bir koordinat dönüşümü gereksinimi oluşmuştur. CORS-TR noktalarının gezici alıcılara gönderdiği düzeltmeler arasında koordinat dönüşüm parametreleri bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı; sürekli ölçü yapan CORS-TR noktalarının gezici alıcılara bölgesel olarak türetilen koordinat dönüşüm parametrelerine gönderebilmesini sağlamaktır. Bu işlem için çalışma bölgesindeki daha önceden koordinatı belirlenmiş noktalar kullanılarak 2 boyutlu benzerlik, afin, 3 boyutlu benzerlik ve yükseklik için polinomsal dönüşüm katsayılarının bir program yardımıyla hesaplanarak kullanıcıya gönderilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışma ile dönüşüm parametrelerinin farklı amaç fonksiyonlarına göre hesaplanması sağlanmış ve bu parametrelerin CORS-TR alıcıları ile kullanıcılara gönderilmesi önerilmiştir.

1.2.Literatür Tarama

Koordinat sistemi tanımlama ve koordinat sistemleri arasında dönüşüm için ulusal ve uluslararası birçok yayın yapılmıştır. Burada son yıllarda yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Aydın Üstün (1996), Datum Dönüşümleri isimli Yüksek Lisans Tezinde; Ülkesel ve bölgesel anlamda jeodezik çalışmalarda farklı referans sistemleri temel olarak alınmıştır. Yeryuvarının bir hesap yüzeyi olarak kullanılamaması yardımcı yüzeyleri gerektirmiş, farklı bölgelere ya da genel olarak yeryuvarına uyan dönel elipsoit boyutları belirlenmeye çalışılmıştır. Elipsoidin boyutlarının belirlenmesi kadar çalışma

amacına göre yeryuvarına bağı olarak konumlandırılmasıyla datum problemi ortaya çıkmıştır. Bu nedenle üretilen verilerde seçilen sistemlerin datumlarını taşırlar. Farklı veriler birarada incelenmek istendiğinde sistemlerin birbirlerine dönüştürülmesi gerekir. Bu çalışmada da çeşitli koordinat sistemleri ve aralarındaki datum modelleri incelenmiş, referans yüzeyleri olarak jeoid ve elipsoid üzerinde durulmuş ve sayısal uygulama yapılmıştır. Sayısal uygulamada üç boyutlu benzerlik ve afin ve iki boyutlu benzerlik ve afin dönüşümü incelenmiştir.

E. Grafarend ve F. Okeke (1998), Yerel Datum WGS-84'den Mercator Projeksiyonuna Koordinat Dönüşümü; adlı çalışmada bir kitle sorunu olan WGS-84 ile Mercator Projeksiyonu arasındaki koordinat dönüşümü incelenmiştir. Global Positioning System (GPS) ölçüsü ile elde edilen koordinatlar World Geodetic System (WGS-84)'dür. Çalışmanın devamında ve sonucunda WGS-84 ve Mercator Projeksiyonu arasındaki dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır.

Joseph L. Awange ve Erik W. Grafarend (2002), En Küçük Kareler ve Doğrusal Olmayan Gauss_Jacobi Kombinasyonunda Uygulanan 7 Parametrelilik Datum Dönüşümü Problemi; adlı çalışmada doğrusal olan En Küçük Kareler ve doğrusal olmayan Gauss_Jacobi arasındaki 7 parametrelilik birleştirici çözüm sunulmuştur. Hem yerel hem de WGS-84 koordinat sisteminde 7 parametrelilik koordinat dönüşümü için kullanılmıştır. Dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır. Dönüştürülen koordinatlar arasındaki fark WGS-84'e eklenmiştir. Yapılan hesaplamalardan varılan sonuç Gauss_jacobi'nin En Küçük Kareler yöntemine göre daha iyi bir sonuç verdiğiidir.

Mehmet Ümit Demirtaş (2006), Bölgesel Koordinat Dönüşümleri isimli Yüksek Lisans Tezinde; Türkiye'de kullanılan datumlarda ve bölgesel koordinat dönüşümü çalışmalarında farklı koordinat sistemleri arasında ki koordinat dönüşümü işleminden bahsedilmiştir. Bu amaçla BÖHHBÜY'ye uyarak bir çalışma yapılmış ve bölgesel koordinat dönüşümü çalışmalarında kullanılabilecek değişik koordinat dönüşümü yöntemleri incelenmiştir.

Yasin Kaplan (2010), Jeosantrik Dik ve Coğrafi Koordinat Dönüşüm Yöntemleri isimli Yüksek Lisans Tezinde; Yerin jeoide en yakın olan biçimi olan geometrik olarak tanımlanabilen elipsoidin jeoide göre konumunun tanımlanması açıklanmıştır. Bu işlem için kartezyen dik koordinatlardan (x,y,z)'den elipsoidal koordinatlar (B,L,h)'a geçimesi gerekir. Bu çalışmada özetle enlemin hesaplanmasında en hassas sonucu Pollard, yüksekliğin hesaplanmasında en hassas

sonucu Feltens, en kısa işlem zamanına sahip olan yöntemin Paul ve Sjöberg (16 milisaniye), algoritmaların programlamasının kolaylığı açısından Pollard ve Sjöberg yöntemlerinin ön plana çıktığı söylenmiştir.

Ahmet İlvan (2014), Mersin İli Toroslar İlçesi Örneğinde Lokal Datum Dönüşüm Parametrelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma isimli Yüksek Lisans Tezinde; Mersin İli Toroslar Belediyesi sınırları içinde kullanılan imar koordinat sisteminden kadastroda kullanılan ED-50 koordinat sistemine geçiş için sağlıklı dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır. Seçilen ortak noktaların homojen ve sayısının BÖHHBÜY'ye uygun olmasına dikkat edilmiştir. Bu çalışmada iki boyutlu benzerlik dönüşümü ve iki katsayılı polinomlarla dönüşüm kullanılmıştır.

Berkant Konakoğlu (2014), Jeodezik Dönüşümlerin İncelenmesi ve Yazılımların Geliştirilmesi isimli Yüksek Lisans Tezinde; mühendislik uygulamalarında sıkça kullanılan dönüşüm yöntemleri incelenmiştir. Bu dönüşüm modelleri iki ve üç boyutlu koordinat dönüşümü yöntemleri, kartezyen ve coğrafi koordinatlar arasında dönüşüm, dilim dönüşümleri, epok kaydırma işlemi, hızı ve koordinatı bilinen noktalardan başka bir noktanın hızını hesaplama, elipsoid yüksekliklerinden ortometrik yüksekliklere dönüşümdür. Ayrıca bu çalışmada Matlab GUI (Guide User Interface)'de mühendislik çalışmalarında kolay kullanıma sahip programlar geliştirmiştir. Yapılan bu program NetCAD yazılımı ile karşılaştırılmıştır ve programın kapasitesi test edilmiştir.

Yiğit Sertaç Subaşı (2014), Nokta Konum Doğruluğunun İki ve Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümüne Etkisi isimli Yüksek Lisans Tezinde; iki boyutlu dönüşümlerde nokta konum doğruluğunu dikkate almadan Helmert transformasyonu (Benzerlik dönüşümü) yöntemi seçilmiş ve çalışma yapılmıştır. Çalışmada nokta konum doğruluğunda klasik yöntem yerine en küçük kareler yöntemi uygulanmıştır ve farklı iki yöntem kullanılmıştır. İki boyutlu olarak yapılan bu çalışmada nokta doğruluklarının koordinat dönüşümüne etkisinin az olduğu belirlenmiş, yöntemler matlab programında incelenmiştir.

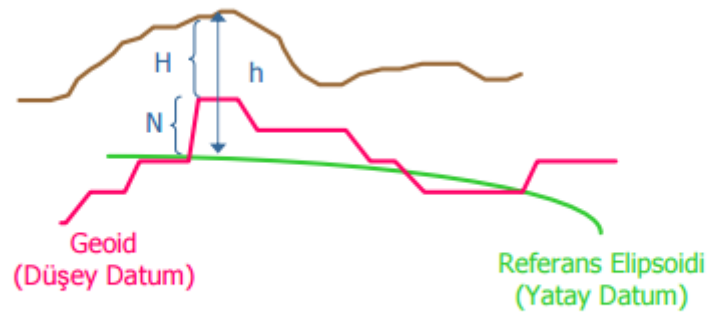
2. GENEL BİLGİLER

2.1.Jeodezik Datum

Herhangibir noktanın yatay ve düşey olarak yeryüzünde konumunu belirleyebilmek için referans olarak alınan yüzey datum yüzeyidir. Datum yüzeyi aynı zamanda referans sistemini de tanımlamaktadır. Jeodezik datum yüzeyiyatay datum ve düşey datum olarak ikiye ayrılmıştır.

Yatay datum yatay koordinatlar için alınan referans yüzeyidir.

Düşey datum yükseklikler için alınan referans yüzeyidir. (Şekil 2.1)

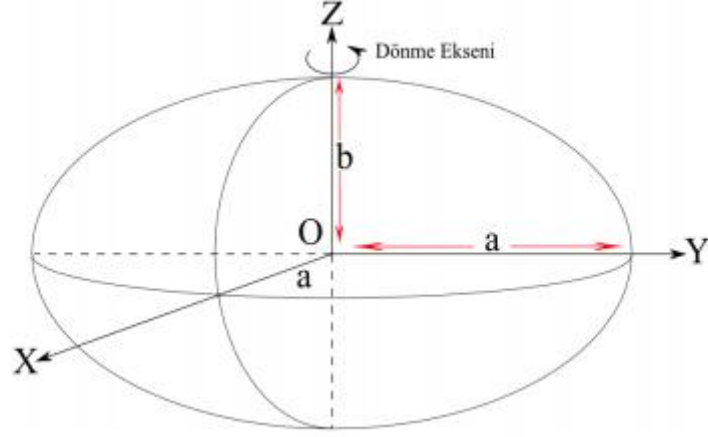


Şekil 2.1Yatay ve düşey datum

Jeodezik çalışmalarda yatay koordinatlar için datum yüzeyi olarak dön elipsoid alınırken ortometrik yükseklik için ise datum yüzeyi jeoiddir. Elipsoid deyimini merkezi üç boyutlu bir dik koordinat sisteminin (X,Y,Z) orjininde, X ekseni yönünde yarı eksen uzunluğu a, Y ekseni yönünde yarı eksen uzunluğu c ve Z ekseni yönünde yarı eksen uzunluğu b olan ve denklemi aşağıdaki gibi olan kapalı düzgün bir şekildir.

$$1 = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{c^2} + \frac{z^2}{b^2} \quad \text{Genel Elipsoid Denklemi} \quad (2.1)$$

Jeodezide kullanılan dönel elipsoid ise ( ekil 2.2), bir elipsin düşey Z eksenini (küçük yarı eksenini) etrafında 180  döndürülmesiyle elde edilen , X ve Y eksenleri boyunca yarı eksen uzunlukları birbirine eşit olan ($a=c$)  ekildir (Bektaş, 2009).



Şekil 2.2D nel elipsoid(Gürses, 2011)

Dönel elipsoid, meridyen elipsinin verilmesiyle tanımlanır. Meridyen elipsi de a büyük yarı eksen, b küçük yarı eksen değerlerinin verilmesiyle belirlenebilir. Yarı eksen uzunluklarının her ikisinin de verilmesiyle elipsoidin b y kl  u ve şekli belirlenmiş olur (Bektaş, 2009).

Jeoid durgun deniz yüzeylerinin karaların altından da devam ettiği düşünülen kapalı yüzeydir. Jeoid her noktada çekül doğrusuna diktir. Jeoidin merkezi dünyanın merkezi ile  akı ıktır ve dünyanın matematik şekli olarak kabul görür. Son yıllarda GPS'in yaygın kullanımı ile birlikte elde edilen elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliklere dönüşümünde kilit rol oynayan jeoidin rolu de bu sayede artmıştır (Gürses, 2011).

Yatay datum; elipsoid, fiziksel bir orjin ve enlem-boylam çizgileriyle tanımlanır.

Çizelge 2.1Datum ve elipsoidleri

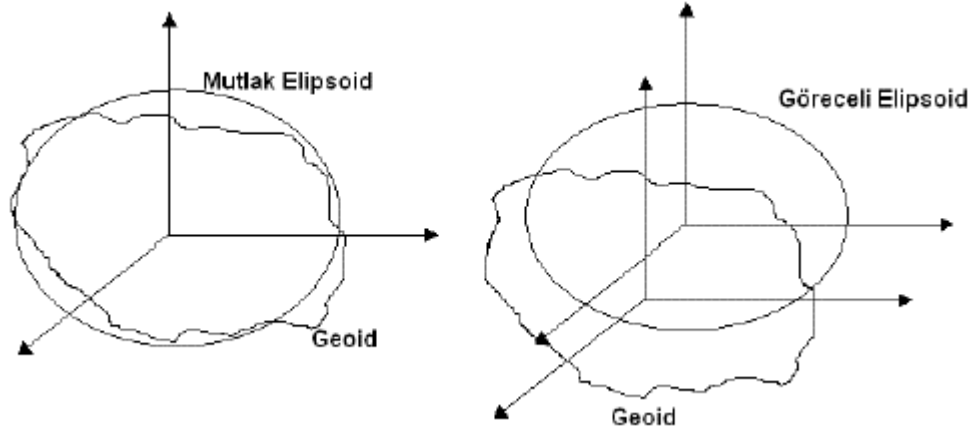
Datum	Alan	Başlangıç Noktası	Elipsoidi	Basıklık
NAD 27	Kuzey Amerika	294,9786982	Clarke 1866	294,9786982
ED 50	Avrupa, Orta Doğu, Kuzey Afrika	Postdam,Helmert Tower	International	297,0
WGS 84	Global	Yerin Kütle Merkezi	WGS 84	289,257222101
ITRF	Global	Yerin Kütle Merkezi	GRS 80	298,257223563

2.1.1. Yatay datum

Yatay datumun tanımlanabilmesi için dört adet temel şartı sağlaması gerekmektedir.

- Matematiksel Model: Yerin gerçek şekline en yakın olan yüzeyi tanımlamak (elipsoid)
- Fiziksel Model I: Model olarak seçilen elipsoidin kütesinin yerin kütesine eşit olması
- Fiziksel Model II: Model olarak seçilen elipsoidin dönme eksenini yerin dönme eksenine çakırtmak
- Geometrik Model: Model olarak seçilen elipsoidin ağırlık merkezinin yerin ağırlık merkeziyle çakışması

İki temel yatay datum vardır. Bunlar Mutlak (dört temel şartı da sağlayan), Göreceli (dört temel koşuldan fiziksel model II'nin sağlanmaması durumudur.)'dir (Düzgün, 2010).



Şekil 2.3 Yatay datum (Düzgün, 2010).

2.1.2. Düşey datum

Düşey datumu jeoid yani ortalama deniz seviyesi oluşturur. Yeryüzündeki yükseltiler haritalanacak bölge için oluşturulan ortalama deniz seviyesine bağlı olarak bulunur. Ülkemizde haritalarda şuanda kullanılan düşey datum 1936-1970 yılları arasında yapılan ölçümlerin ortalaması ile, 1936 yılında Antalya'da kurulmuş deniz seviyesi ölçme (mareograf) istasyonunda belirlenmiştir (Düzgün, 2010).

2.2.Koordinat Sistemleri

Harita modern ve gelişmiş toplumlarda yaşayanların yerin kullanımı ve planlanması için kullanmaları zorunlu olan bir araçtır. Dünyada haritacılığın gelişimi İlkçağ, ortaçağ ve yeniçağ olarak üç aşamada incelenmektedir. İlkçağ haritacılığının MÖ 4000 yıllarında başladığı düşünülmektedir. Babil kentinin bu dönemden kalan tablet üzerine çizilmiş bir haritası bulunmuştur. Ortaçağ haritacılığında ise Hristiyan topografyası ve kozmoponisis yer almaktadır. Yeniçağların başında ise yeni keşifler ve modern kıtalar haritacılık için daha sağlıklı çizimler yapılmasını sağlamıştır.

Yeryüzündeki noktaların tanımlanabilmesi için kullanılan referans koordinat sisteminde kabul edilen başlangıca datum denilmektedir. Arazi veya harita üzerindeki bir noktanın yerini bulmak için referans koordinat sistemi tanımlanır. Bunun devamında dünyanın şekline en uygun elipsoit ve datum seçilir. Seçilen bu datuma ED-50 , ITRF, WGS-84 gibi kısa isimler verilir.

Yeryüzündeki bir nokta ancak bir koordinat sisteminde tanımlanabilir. nboyutlu uzayda sıralı n tane sayı ile noktanın konumu belirlenebilmektedir ve bu sayılarda noktanın koordinatı adı verilir. Sıralı olan her sayı tek bir noktayı göstermektedir (Uzun, 2003).

Klasik ya da uydu ölçmeleriyle elde edilen koordinat bilgileri yardımıyla nokta, sistemin başlangıç noktasından geçen düzlemlere göre, ya düzlemlere olan dik uzaklıklarla ya da noktayı orjine bağlayan doğrultuda uzunluk ve bu doğrultunun düzlemlerle yapmış olduğu açılarla gösterilir(Üstün, 1996).

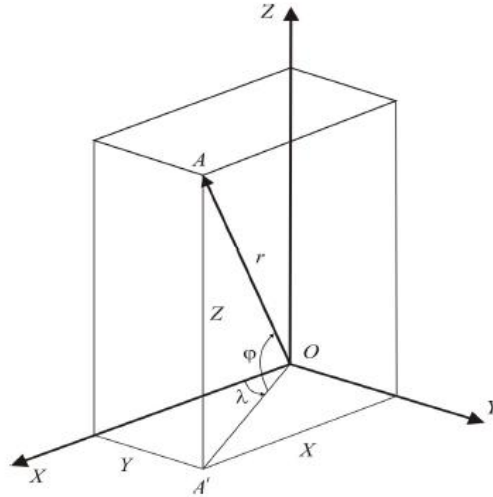
2.2.1. Matematikte koordinat sistemleri

Matematiksel anlamda koordinat sistemleri kutupsal ve dik koordinat sistemleri olarak iki grupta incelenmektedir.

2.2.1.1.Dik koordinat sistemi

Dik (Kartezyen,rectangular) koordinat sistemi basit olması nedeniyle oldukça fazla kullanılmaktadır. (Uzun, 2003) Birbirine dik iki eksen ve bu düzleme dik bir tane daha eksenden oluşmaktadır. Bu üç eksenin kesiştiği yere orjin denilmektedir. Böyle bir sistemin yaratılması için öncelikle orjin seçilmelidir. Eksenler pozitif yönde büyürler ve bir nokta X,Y,Z şeklinde tanımlanır. X,Y,Z Kartezyen (dik) koordinatları

Aşağıdaki şekilde A noktasının koordinatı kutupsal koordinat sisteminde φ, λ, r , dik koordinatları ise X,Y,Z dir.



Şekil 2.4Dik ve kutupsal koordinatlar

2.2.1.2.Kutupsal koordinat sistemi

Bu sistem başlangıç olarak seçilen bir orjin noktası ve bu orjin noktasında birleşen dik koordinat eksenlerinden oluşur. Kutupsal koordinat sisteminde orjin aynı zamanda dik koordinat sisteminin de başlangıcı olarak kabul edilir. X ekseninin pozitif yönü de yarı doğru olarak alınmaktadır. Bu koordinat sisteminde başlangıç noktası kutup, yarı doğru da kutup eksenidir. Düzlemde herhangi bir A noktası düşündüğümüzde bu OA doğru parçasının uzunluğu bize r 'yi ve kutu eksenini ile arasında yaptığı açı φ 'dir. Bu tanımlamalar dikkate alındığında A noktasının kutupsal koordinatı (φ, λ, r) olur.

Kısacası kutupsal koordinat sisteminde önce bir orjin ve bir eksen seçilir. Noktanın yeri o noktanın orjine birleştiren doğrunun uzunluğu ve bu doğrunun eksenler yaptığı açıyla tanımlanır (Şekil2.4.) (Ürüşan,2010).

2.2.2. Jeodezik koordinat sistemleri

Yeryuvarı uzayda diğer gök cisimleriyle beraber hareket etmektedir ve bunlar arasındaki ilişkide jeodezik koordinat sistemleriyel tanımlanır.

Bir koordinat sisteminin tanımlanabilmesi için orjinin konumunun ve koordinat eksenlerinin tanımlanmış olmaları gerekmektedir (URL – 1).

Jeodezik koordinat sistemleri tanımlandıkları yer ve amaçlarına göre üç grup altında toplanmışlardır. Bunlar;

- Yersel Koordinat Sistemleri
- Göksel Koordinat Sistemleri
- Orbital (Yörüngesel) Koordinat Sistemleridir.

2.2.2.1.Yersel koordinat sistemleri

Yeryüzü ile ilgili çalışmaların yapılabilmesi için yeryüzünün şeklinin tanımlanması gerekmektedir. Yeryüzü şekli için de en uygun şeklin jeoid olduğuna karar verilmiştir. Jeoid, dalgalanmayan ortalama deniz yüzeyi ile çakışık nivo yüzeyi olarak tanımlanabilir. Jeoidin tam olarak tanımlanamıyor olması ölçmelerde ve hesaplamalarda kullanılan koordinat sistemlerinde fark olmasına neden olmuştur. Bu da jeodezik gözlemler ve ölçmeler, ölçme problemlerinin açıklanması için doğal koordinat sistemleri, hesaplamaların yapılması, depolanması ve sergilenmesi için referans koordinat sistemleri ayrımı yapılmıştır (Uzun, 2003).

- Doğal Koordinat Sistemleri
- Referans Koordinat Sistemleri

2.2.2.1.1. Doğal koordinat sistemleri

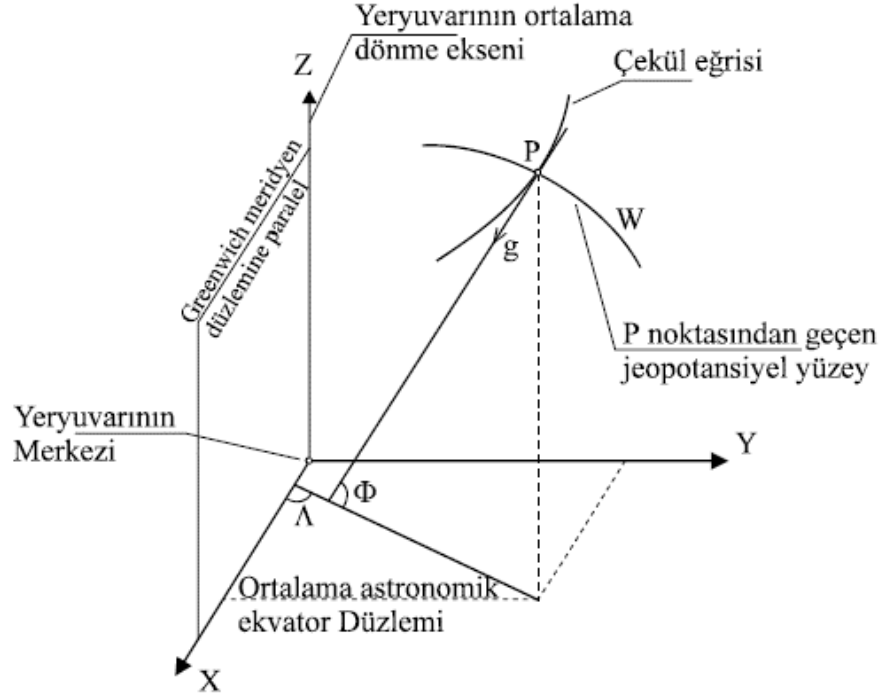
Doğal koordinat sistemleri fiziksel bir anlamı olan ve üzerinde ölçü yapılan yeryüzünde bir noktanın başlangıç kabul edildiği üç boyutlu dik koordinat sistemleridir. Jeodezik ölçmeler bu koordinat sistemleri ile direk ilişkilidir (Üstün, 1996).

Doğal koordinat sistemleri orjinlerinin konumuna ve tanımlı kullanılmasında kullanılan parametrelerin özelliklerine bağlı olarak dört gruba ayrılmaktadırlar.

- Doğal Dik Koordinat Sistemi (X,Y,Z)

Bu sistemin orjini yeryuvarının merkezidir. Z eksenini yeryuvarının dönme eksenidir ve kuzeye doğru pozitif olarak artmaktadır. X eksenini dönme eksenine ve yeryuvarının ağırlık merkezine diktir. Y eksenini ise X ekseninden ekvator düzleminde 90° olarak doğruya doğru açılan bir doğrultudur (Üstün, 1996).

Aşağıdaki şekilde koordinat sistemi ayrıntılı bir şekilde gösterilmektedir.



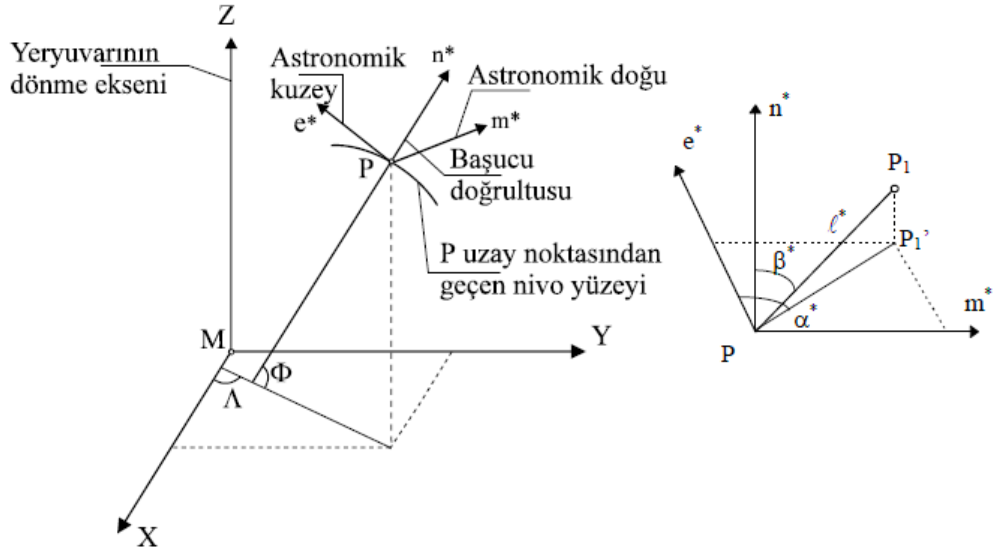
Şekil 2.5 Doğal dik ve eğri koordinat sistemi (Üstün, 1996)

- Doğal Eğri Koordinat Sistemi (Φ, Λ, W)

Herhangibir P noktasının dik eğri koordinatları astronomik enlem Φ , astronomik boylam Λ bu ekvator düzleminde doğu yönünde artmaktadır ve üçüncü bileşende W potansiyel yüzeyi yada H^* ortometrik yükseklik değeridir.

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

Bu koordinat sisteminde n^* eksenini P noktasının başucu yönünü pozitif kabul eden bir doğru veya P noktasından geçen nivo yüzeyinin yüzey normali olarak alınmaktadır. m^* eksenini noktanın gravite vektörünü ve n^* eksenini dik ve kuzeye doğru artan bir yönlü doğru parçasıdır. e^* eksenini ise P noktasından geçen ve sol el sistemine uyup bu iki sistemde dik olan eksendir (Uzun, 2003).



Şekil 2.6 Yerel doğal dik ve kutupsal koordinat sistemleri (Üstün, 1996)

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

α^* astronomik azimut; yatay düzlemdeki astronomik kuzey doğrultusu ile hedefdeki doğrultunun yataydaki izdüşümü arasındaki açıdır. β^* zenit uzaklığı; başucu doğrultusu ile başlangıç noktasını hedefe bağlayan doğrultu arasındaki açıdır. l^* ise başlangıç noktası ile hedef arasındaki uzunluktur (Üstün, 1996).

2.2.2.1.2. Referans koordinat sistemleri

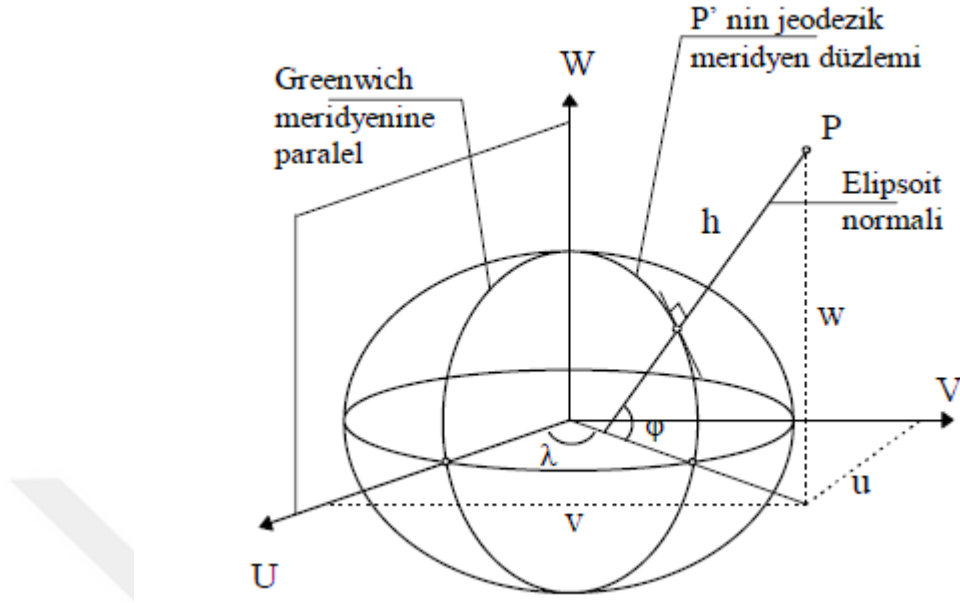
Yeryüzünde gerçekleşen doğa olaylarının yeryüzüne etkisi dünyanın şeklinin homojen olmamasından dolayı doğal koordinatlarla matematiksel olarak ifade etmek oldukça zordur. Bu zorluk hem yeryuvarına çok benzeyen hemde matematiksel olarak ifade edilebilebilen bir yüzeyle çözülebilir. Yapılan araştırmalar sonucunda yeryuvarı için kutuplardan basık, ekvatorun şişik olan dönel elipsoidin kullanılmasının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Böyle bir dönel elipsoid referans elipsoidi olarak adlandırılır. Referans elipsoidi düşünsel bir yüzeydir. Bu nedenle referans elipsoidi ile tanımlanan koordinat sistemleride düşünsel sistemlerdir (Uzun,2003).

Bunları dört başlık altında inceleyebiliriz.

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

Referans dik koordinat sistemi doğal dik koordinat sistemine karşılık olarak tanımlanmıştır ve orijini yerin ağırlık merkezidir. W elipsoidin küçük yarı eksenini yani dönme eksenini, U eksenini elipsoidin $\lambda=0^\circ$ meridyen düzleminin $\varphi=0^\circ$ ekvator

düzlemiyle arakesit doğrusu, V eksenine ise orjinden diğer iki eksene dik olan ve sağ el sistemine uyan eksendir (Uzun, 2003).



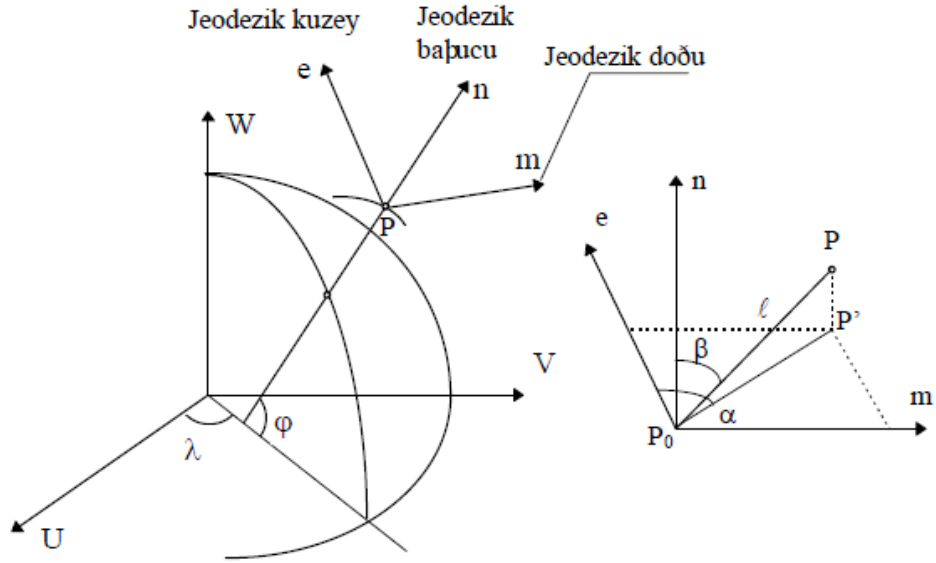
Şekil 2.7Elipsoidal dik ve eğri koordinat sistemleri

- Referans Eğri Koordinat Sistemleri (ϕ, λ, h)

P noktasından geçen elipsoid normalinin P'nin jeodezik meridyen düzlemi içinde ekvator düzlemi ile yapmış olduğu ϕ açısına jeodezik enlem, jeodezik boylam λ ise P'den geçen meridyen düzleminin Greenwich'e karşılık gelen meridyen düzlemiyle U ekseninden itibaren doğuya doğru yaptığı ekvatorial açı ve üçüncü olarak h uzunluğu yani elipsoidal yükseklik P noktası ile normalin yüzeyi deldiği nokta arasındaki uzunluktur (Üstün,1996).

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

Doğal yerel dik koordinat sistemine karşı oluşturulmuş bir sol sistemdir. P noktasından geçen elipsoid normalinin elipsoidin dışına doğru uzanan jeodezik başucu doğrultusuna n eksenine denir. P'nin jeodezik meridyen düzlemi ile P'de elipsoid normaline dik düzlemin arakesiti e eksendir. e ekseninin yönü jeodezik kuzey doğrultusudur. n ve e eksenine dik olan doğrultu ise m eksendir (Üstün,1996).



Şekil 2.8 Elipsoidal yerel dik ve kutupsal koordinatlar (Üstün, 1996).

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

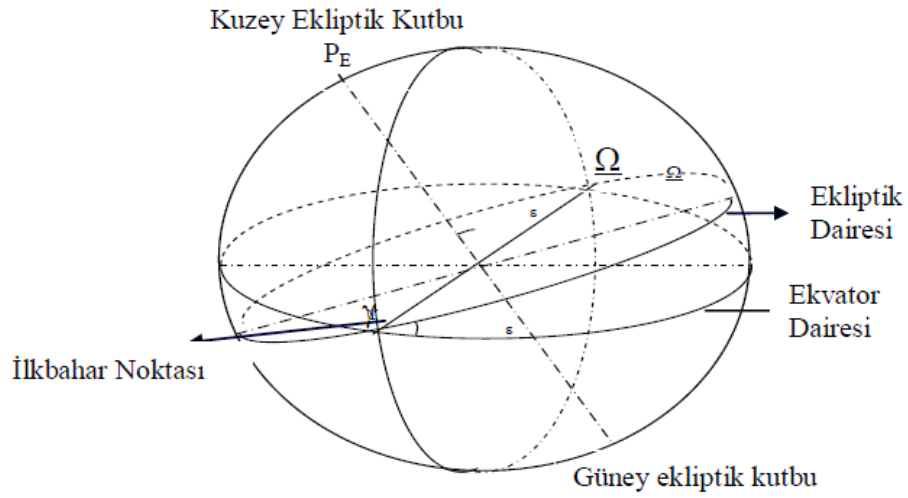
Bu sistem m, e, n eksenleri esas alınarak tanımlanan bir koordinat sistemidir. Bu sistemde α, β, l bileşenleri doğrudan ölçülememektedir. Çünkü bu değerler düşünsel hesap yüzeyi olan referans elipsoidiyle tanımlanmaktadır. Bu değerler yerel astronomik kutupsal koordinat sistemi bileşenlerinin indirgenmesi sonucu elde edilebilirler (Uzun, 2003).

2.2.2.2. Göksel koordinat sistemleri

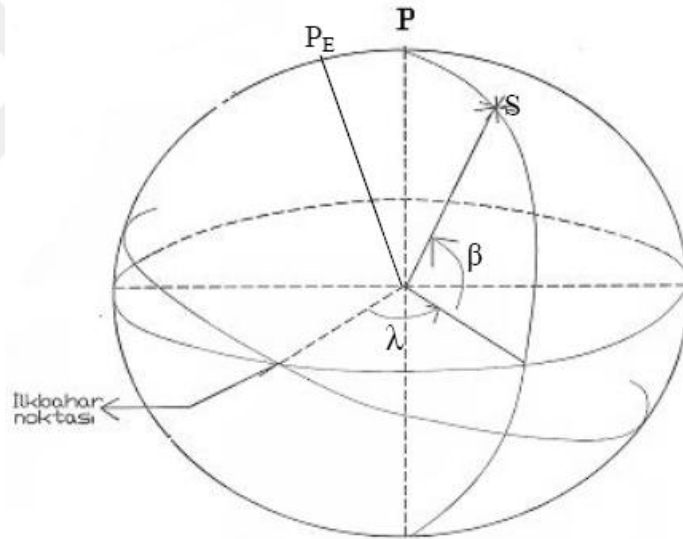
Göksel koordinat sistemleri uzaydaki cisimlerin koordinatlarını belirlemek için kullanılır. Astronomik olarak gözlem yapılan gök cisimlerinin sonsuz uzaklıkta bulunmaları nedeniyle bu cisimlerin uzaklıkları değil de birim yarıçaplı küre yani gök küresi üzerindeki izdüşümleri esas alınır (URL – 1). Göksel koordinat sistemlerinde konum parametreleri olarak doğrultular kullanılır.

Göksel koordinat sistemleri genel olarak dörde ayrılır.

2.2.2.2.1. Ekliptik koordinat sistemleri



Şekil 2.9 Ekliptik koordinat sistemi



Şekil 2.10 Ekliptik enlem, boylam ve ilkbahar noktası

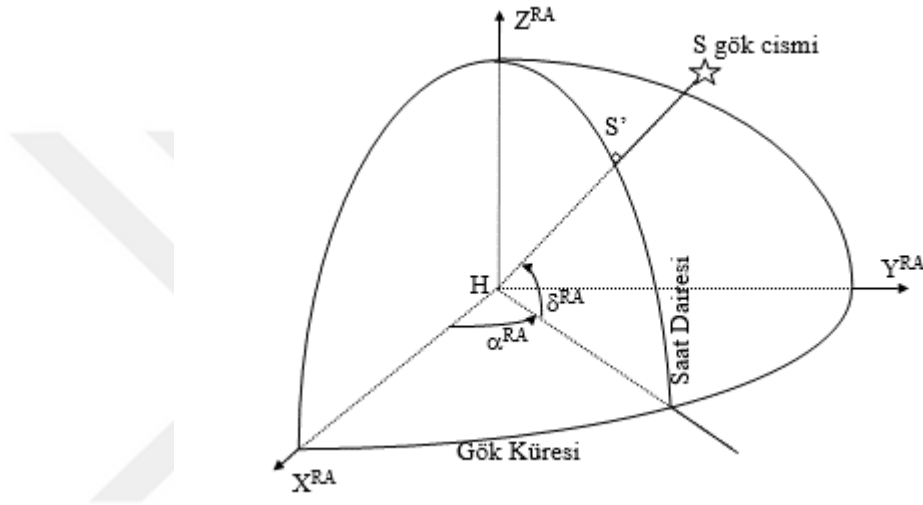
Bu sistemin orjini güneşin ağırlık merkezidir. Koordinat sisteminin birinci ana düzlemi dünyanın yörünge düzlemi olan ekliptik düzlemdir. Z^E eksen, güneşin merkezinde ekliptik düzlemine dik olan pozitif yönü ekliptikten dışa gök küresinin kuzey gök kutbuna dönüktür. X^E eksen, güneşin merkezinde Z^E eksenine dik ve γ -ilkbahar noktasına yöneliktir. Y^E eksen ise sağ el kuralına göre bu iki eksene dik olarak yer alır.

Ekliptik koordinat sistemi göksel koordinat sistemlerindendir. Yıldızlara göre hareketsiz olduğu kabul edilir aslında çok az bir dönme hareketi vardır ancak

hesaplamalarda bu dikkate alınmamaktadır (Uzun,2003). Bir gök cisminin konumu ekliptik boylam (λ) ve ekliptik enlem (β) ile belirlenir.

2.2.2.2.2. Açılım koordinat sistemleri

Yeryuvarının kendi eksenini ve güneş etrafındaki hareketinden ekvator ve ekliptik dairelerinin ve bunların kesim noktası olan ilkbahar noktasının gök küredeki yerinin değişmediği düşünülerek tanımlanmış bir koordinat sistemidir. Gök cisminin yeri α ve δ ile belirtilir (URL-1). Yersel, göksel ve yörüngesel koordinat sistemleri arasındaki geçişi sağladığı için çok önemli bir koordinat sistemidir.



Şekil 2.11 Açılım koordinat sistemi

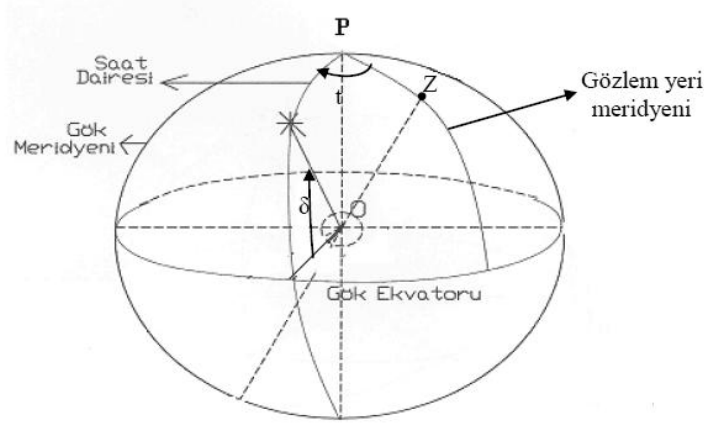
Rektezansiyon (Açılım açısı) (α) ve Deklinasyon (Yükselim açısı) (δ) bir gök cisminin konumu ile belirlenir. Orjini dünya olarak alınırsa II.ekvator koordinat sisteminden elde edilir.

Orjini güneşin ağırlık merkezi olan bir sistemdir. Z^{RA} eksenini, dünyanın dönme eksenine paralel olarak kuzey gök kutbu yönündedir. X^{RA} eksenini, gök ekvatoru ile dünyanın üzerinde hareket ettiği ekliptiğin arakesit noktalarından γ -ilkbahar noktasına yöneliktir ve Z^{RA} eksenine diktir. Y^{RA} eksenini ise sağ el kuralına göre bu iki eksene dik olarak yer alır (Uzun, 2003).

2.2.2.2.3. Saat açısı koordinat sistemleri

Bu koordinat sisteminin daha anlaşılır olması için orjin noktasına bağlı olarak iki farklı şekilde düşünülerek tanımlanmıştır. Bunlardan ilki orjini güneşin ağırlık merkezinde olan saat açısı koordinat sistemidir, ikincisi ise orjini dünyanın ağırlık merkezinde olan 1.ekvator koordinat sistemidir.

Her iki koordinat sistemindedir X^{HA} eksen, gök ekvatoru ile gözlem yerinin astronomik meridyeninin oluşturduğu arakesit doğrusudur. Z^{HA} eksen, 1. Ekvator koordinat sistemi için dünyanın dönme eksen, 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.

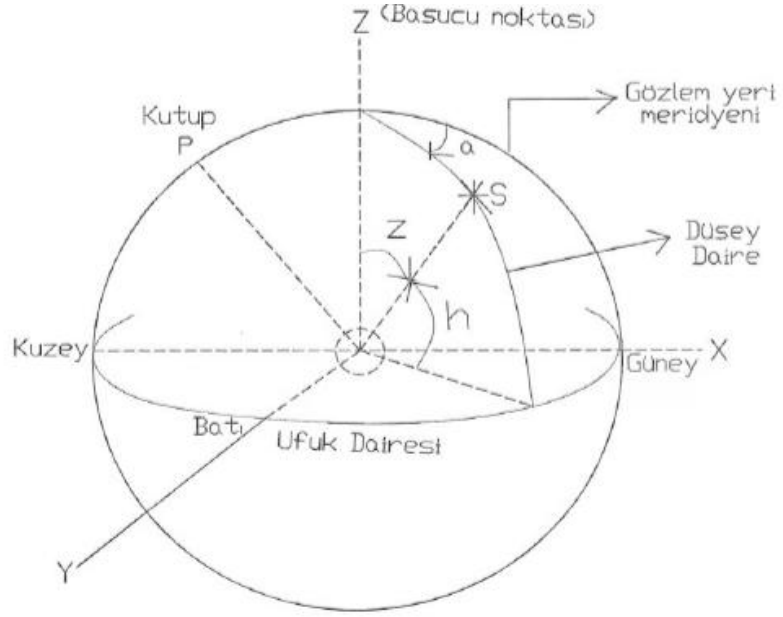


Şekil 2.12 Saat açısı koordinat sistemi

Saat Açısı (t): Bir gök cisminin konumu ve deklinasyon açısı (δ) ile belirlenir. Saat ibresi yönünde S gök cisminin ait saat ($0^h < t < 24^h$) arasındadır.

2.2.2.2.4. Ufuk koordinat sistemleri

Orjini güneşin ağırlık merkezidir. Bu koordinat sistemi için birinci kutup noktası gözlem yerine ait gravite ekseninin gök küresini deldiği zenit noktasıdır. Orjinden ve zenit noktasından geçen doğrultu Z^H eksenidir ve artı yönü zenit noktasıdır. X^H eksen, gözlem noktasından geçen meridyen düzlemi içindeki ve artış yönü kuzey kutup noktasına dönüktür. Y^H eksen, orjin noktasında her iki eksene dik olan ve sol el kuralına uyan eksendir (Uzun, 2003).



Şekil 2.13Ufuk koordinat sistemi

Astronomik azimut(a) :Bir gök cisminin konumu ve başucu açısı (z) ile belirlenir.

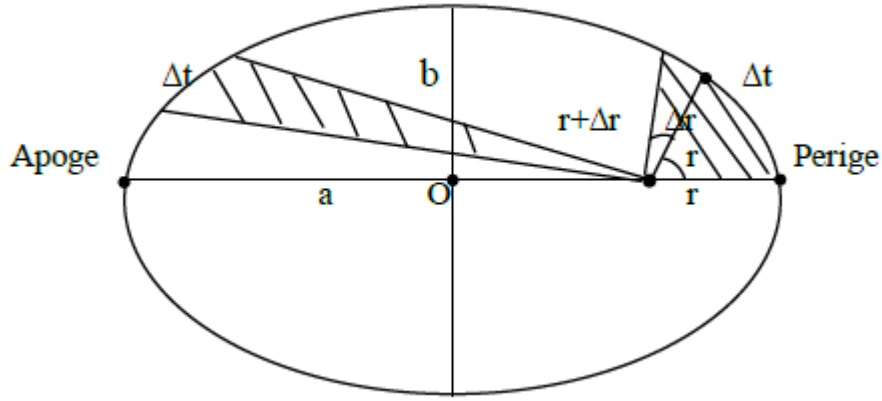
2.2.2.3.Orbital (yörüngesel) koordinat sistemleri

Bu koordinat sistemi yörüngede dolaşan uyduların koordinatlarının tanımlanması için kullanılmaktadır. Orjini dünyanın ağırlık yada 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 çakışiktır ve artı yönü perige noktasına dönüktür. Y^{ORB} eksenini ise bu iki eksene dik olan ve sağ el kuralına uyan eksenidir (Uzun, 2003).

Yapay uydular uzaya fırlatıldıktan sonra yerçekiminin etkisiyle dönmeye başlarlar. Bu uyduların yeryüzü etrafındaki hareketleri kepler kurallarına göre açıklanmaktadır.

1.Kepler Kuralı: Uydunun hareket ettiği yörünge, odaklarından birinde yeryuvarının ağırlık merkezi bulunan bir düzlem elips biçimindedir.Yörünge'nin ,yeryuvarının ağırlık merkezine (odak noktasına) en yakın noktasına PERİGE, en uzak noktasına APOGE denir.

2.Kepler Kuralı: Uydunun yörüngedeki hızı, uydu ile odak noktası arasındaki yarıçap vektörü eşit zamanda eşit alan süpürecek şekilde değişir. Buna göre, uydu Perige yakınında daha hızlı, Perigeden uzaklaştıkça daha yavaş hareket eder.



Şekil 2.14 Orbital (yörüngesel) koordinat sistemleri

1.Kepler Kuralı: Uydunun yörüngesinin büyük yarı ekseninin küpünün dönüş periyodunun karesine oranı sabittir.

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{k^2}{4\pi^2} (M + m) \quad (2.2)$$

$$\frac{4\pi^2 a^3}{T^2} = k \cdot M$$

T: Dönüş periyodu

a: Büyük yarı eksen

M: Yerin kitlesi

m: Uydunun kitlesi

2.3.Dünya'daki Koordinat Sistemleri

Yeryüzünde herhangi bir şeklin konumunun tanımlanması için koordinat sistemine ihtiyaç vardır. Bu koordinat sistemlerinin temel olarak aldığı referans yüzeyleri farklı olabileceği gibi ülkeden ülkeye de farklılıklar gösterebilirler. Bu durumda Dünya'da birçok tanımlanmış ve kullanılmış koordinat sistemleri vardır. Bu koordinat sistemlerinden en yaygın olanları aşağıdaki şekilde verilebilir.

2.3.1. ED-50

Avrupa datumu (ED-50)II.Dünya Savaşından sonra tanımlanmıştır. II.Dünya Savaşı'nda bazı önemli savaşlar Almanya, Hollanda, Belçika ve Fransa sınırlarında olmuştur ve bu ülkelerin haritalarının konumlandırılmaları birbirlerinden uyumsuzdur. Batı Avrupa'da verilerde tutarlı bir eşleme olması için ED-50

kurulmuştur. Günümüzde Batı Avrupa’da Büyük Britanya, İrlanda, İsveç ve İsviçre dışındaki ülkelerde en çok kullanılan datumdur. (URL–2).

ED-50 Uluslararası 1924 (Hayford) Elipsoidini ve Greenwich meridyenini referans almaktadırlar. Orjini Postdam(Helmert Kulesi)’dir. (URL–3).

Çizelge 2.2ED-50 datumunun bilgileri

Adı	European Datum 1950
Kodu	6230
Kullanıldığı Alan	Avrupa, Kıbrıs’ın batısı, Faroe adaları, Fransa kıyıları, Almanya’nın kuzey denizi, Cebelitarık, İsrail açıkları, San Marino ve Vatikan şehirleri de dahil olmak üzere İtalya, İrlanda açıkları, Hollanda açıkları, Almanya, Yunanistan açıkları, Kuzey denizi, Norveç, Portekiz, İspanya, Türkiye, Birleşik Krallık açıkları, Mısır, Batı çölü (Western Desert), Irak açıkları, Ürdün
Kapsam	Topolojik haritalar, jeodezik araştırmalar
Tip	Jeodezik
Gerçekleştirildiği Epok	1950
Orjin	Potsdam (Helmert Tower)
Elipsoid	Uluslararası 1924 (Hayford)
Meridyen	Greenwich



Şekil 2.15 ED-50'nin kullanıldığı bölge

2.3.2. NAD 27-83

1901 yılında Amerika Birleşik Devletleri sahil ve jeodezi araştırmalarında 1866 Clarke elipsoidine dayalı Amerika Birleşik Devletleri Standart Datumu olarak isimlendirilen ulusal yatay referans noktası kabul edildi. Daha önce bölgesel datumlar için toplanan veriler kullanıldı. 1913 yılında Kanada ve Meksika bu datumu kabul ettiler ve datumun ismi NAD (North American Datum) olarak değiştirildi.

NAD-27 1901 yılında ortak bir referans noktasından seçildi çünkü Birleşik Devletlerin merkezine yakın olduğu için hesaplanabilirdi.

Çizelge 2.3 NAD-27'nin tanımlanan özellikleri

Elipsoid	Clarke 1866
a	6 378 206.4 m
b	6 356 583.8 m

Amerika Birleşik Devletleri birçok jeodezik araştırmaları NAD-27'ye dayandırmıştır ve birçok proje NAD-27'ye göre tanımlanmıştır. Böylece bu datumun birçok diğer datumlara göre önemli bir yeri olmuştur.

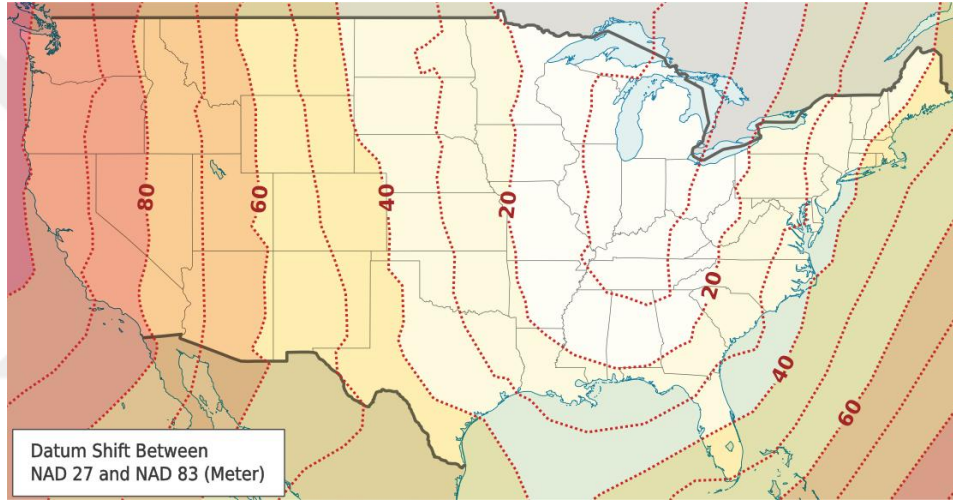
Dünya'nın şekli nedeniyle en uygun elipsoid bölgeden bölgeye değişmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda da Kuzey Amerika için en uygun olanların Clarke 1866 ile birlikte NAD-27'nin olduğu görülmüştür. Bu işlem yerel olarak en doğruyu veriyor olsa bile verilerin bölgesel olarak yayılmasını zorlaştırmıştır.

Uydu jeodezisi ve uzaktan algılama teknolojisiyle sivil kullanımlarda yüksek hassasiyete ulaşılmıştır. Tek bir küresel elipsoid ile bilgilere erişilmesi mümkün hale getirilmiştir. Bu nedenle GRS-80 elipsoidi tüm Dünya 'ya uygun olarak geliştirildi ve NAD-83'e temel oldu.

Çizelge 2.4NAD-83'ün tanımlanan özellikleri

Elipsoid	GRS-80
a	6 378 137 m
b	6 356 752.3141 m

NAD-83 en son 2010 yılında güncellenmiştir. Bu datum çok hassas olan GPS verilerinde de kullanılmak üzere geliştirilmiştir (URL-4).



Şekil 2.16NAD-27 ve NAD-83 arasındaki datum kayması

2.3.3. GRS-80

GRS (Geodetic Reference System) 1979 yılında Avustralya Canberra'da jeodezi ve Jeofizik Uluslararası Birliği (IUGG) tarafından kabul edilmiştir. GRS-80 referans sistemi başlangıçta WGS-84'de kullanılmıştır. Ancak şuanda WGS-84'ün referans elipsoidi farklıdır (URL-5).Ülkemizde 1988 Yönetmeliğinden farklı olarak 2005 yönetmeliğinde GRS-80 elipsoidi yatay datum olarak alınmıştır.

Çizelge 2.5GRS-80'in tanımlanan özellikleri

a (Büyük yarı eksen)	6 378 137 m
GM (Atmosfer kütlede dahil olmak üzere yermerkezli yerçekimi sabiti)	$3986005 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$
J_2 (Dinamik faktör)	108263×10^{-8}
W (Açısal dönme hızı)	$7292115 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1}$
b (Küçük yarı eksen)	6 356 752. 314 140 347 m
Ortalama yarıçap	6 371 008.7714 m

2.3.4. WGS-84

WGS (World Geodetic System) Global konum belirleme başta olmak üzere haritacılık, jeodezi ve navigasyonda kullanılmaktadır. WGS Dünya'daki standart koordinatları içermektedir.

WGS-84 en son versiyondur. 1984 yılında kurulmuştur, 2004 yılında yenilenmiştir. Daha önceki sistemler WGS-72, WGS-66, WGS-60'dır. WGS-84 GPS tarafından kullanılan referans koordinat sistemidir (URL-6).

WGS-84 koordinat kökeni Dünya kütlelerinin merkezinde bulunmak üzere tasarlanmıştır; hatanın 2 cm'den az olduğuna inanılmaktadır. Kraliyet Gözlemevinde Greenwich meridyeni sıfır boylamı, WGS-84 meridyeni ITRF referans meridyeni olan 5.31 yay saniye veya 102.5 metre doğusundadır. WGS-84 datum yüzeyi, kutuplardan basık ve ekvatorda ana (ekvatoryal) yarıçapı $a = 6.378.137 \text{ m}$ ile küresel (elips biçiminde) ve düzleştirme $f = 1 / 298,257223563$ olmaktadır.

Şu anda, WGS-84 2004 yılında gözden geçirilen EGM-96 (Dünya Yerçekimi Modeli 1996 - Earth Gravitational Model 1996) jeoidini kullanır. Bu jeoid (100 km yatay çözünürlük içerir) derecesi 360 olan bir küresel harmonik dizisi vasıtasıyla nominal deniz seviyesi yüzeyini tanımlar. WGS-84 referansından EGM-96 jeoidin sapmaları yaklaşık -105 m ve yaklaşık 85 m elipsoit aralığındadır. EGM-96 EGM-84 olarak anılacak esas WGS-84 jeoidinden farklıdır. (URL-7).

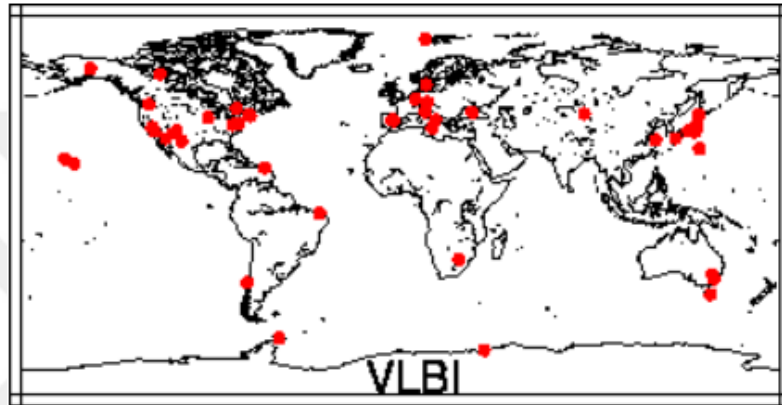
2.3.5. ITRF

ITRF IERS'nin (International Earth Rotation and Reference Systems Service) ürün servisinde oluşturulmuştur. Bu servis 1987'de kurulmuştur. Sistem daha sonra International Terrestrial Reference Frame olarak isimlendirilmiştir. ITRF Dünya'nın yüzeyinde veya yakınında ölçümler ile kullanımda uygun referans çerçeveleri

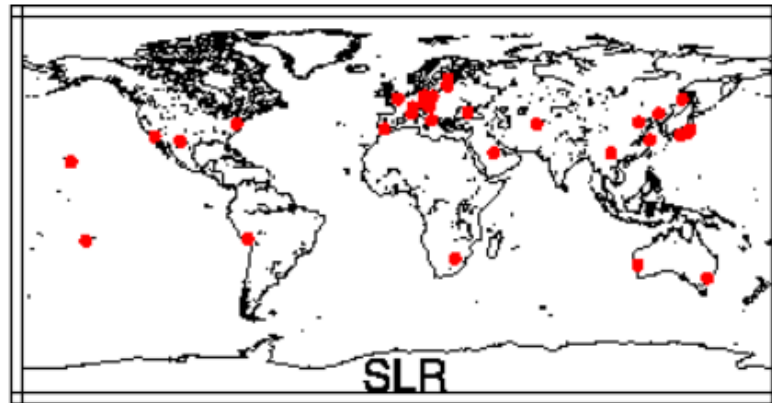
oluşturmak için prosedürler açıklamadır. Bu çok daha fazla fiziksel bir ölçüttür (URL–8).

Ülkemizde ED-50 sistemi 2001 yılına kadar Hayford elipsoidinde, ITRF koordinat sistemi ancak 2001 yılından sonra GRS 80 elipsoidinde kullanılmaya başlanmıştır.

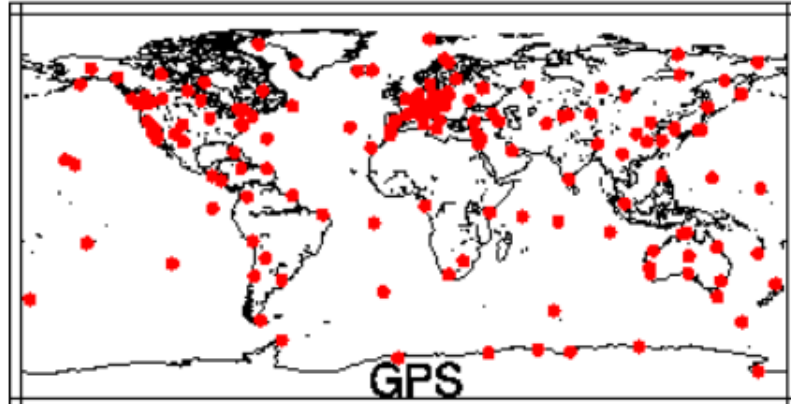
3 boyutlu koordinatlar yüksek duyarlıklı olarak yerleri ve hızları VLBI(Very Long Baseline Interferometry), SLR (Satellite Laser Ranging), GPS (Global Positioning System) and DORIS (Doppler Ranging Integrated on Satellite) sistemlerinin bağımsız çözümleriyle elde edilir.



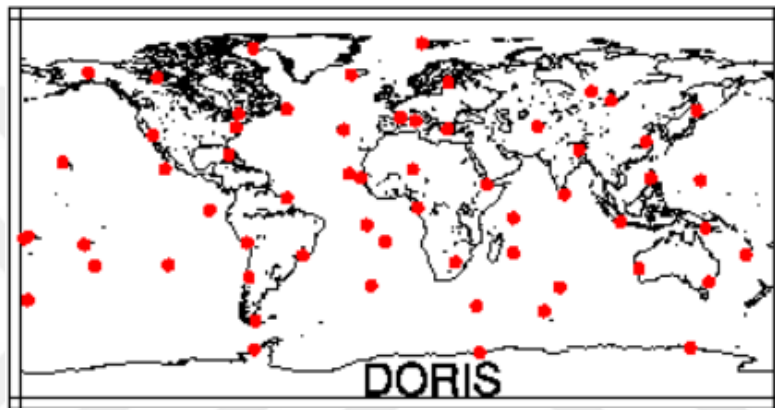
şekil 2.17VLBI (Very Long Baseline Interferometry)



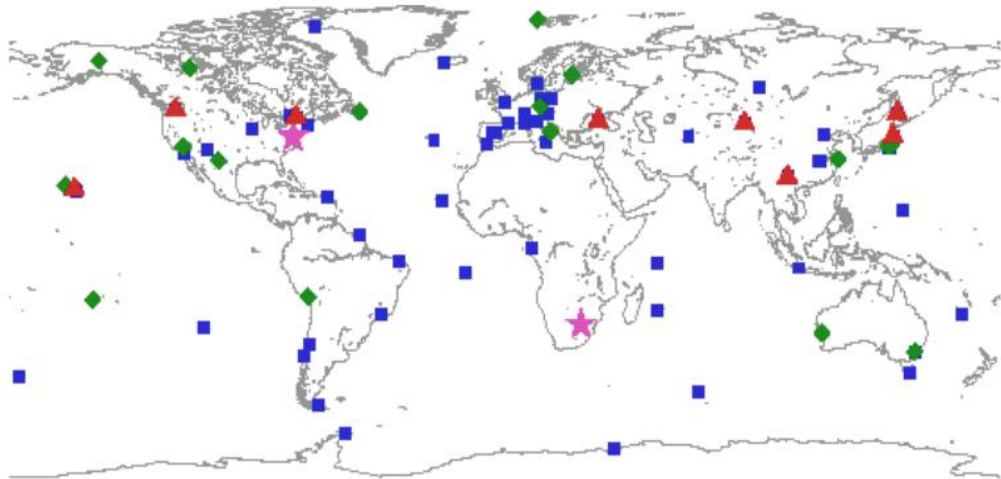
şekil 2.18SLR (Satellite Laser Ranging)



Şekil 2.19GPS (Global Positioning System)



Şekil 2.20DORIS (Doppler Ranging Integrated on Satellite)



Şekil 2.21Güncel ITRF ağının dayanak noktaları

Bu ağda 1.teknik (8 nokta) (▲),2.teknik (59 nokta)(■), 3.teknik (16 nokta)(◆),
4.teknik (2 nokta)(★) nokta vardır.

ITRF ağıнын;

Orjini: Tüm yerküre, okyanuslar ve atmosferik katmanların kütle ağırlık merkezi;**Uzunluk Birimi:** metre (SI), zaman sistemi TCG (Geocentric Coordinate Time) ile uyumlu;

Yöneltmesi: BIH (Bureau International de l'Heure) ile uyumlu (1984.0 epokunda);**Zaman Güncellemesi:** Yerin yatay tektonik hareketlerine göre modellenir ve güncellenir.

ABD Savunma Bakanlığı tarafından GPS konumlanmasında kullanılan yerselreferans sistemi WGS-84'dür. Bu sistemde GPS navigasyon mesajında bulunan yere bağımlı uydu konumları ifade edilmektedir (Fırat ve Lenk 2002).

ITRF ;Paris, Fransa'da Uluslararası Yer Dönme servisinin ürettiği WGS-84'e alternatif olarak hayata geçirilmiş bir sistemdir. WGS-84 Dünya çapında 500'den fazla istasyon, 290 site içermektedir. 4 farklı uzay pozisyon methodu katkıda bulunur . Belirli yıllarda güncelleştirilen ITRF versiyonlarında 1-2 cm. farklılık göstermektedir. ITRF güncelleme yapıldığı yıldan isim alır. (ITRFyy) ITRF88, ITRF89, ITRF91, ITRF92, ITRF93, ITRF94, ITRF96, ITRF97, ITRF2000, ITRF2005 ve ITRF2008.

ITRF'in her istasyonunda, ITRF 2000'in güncel versiyonu, ITRF 2000'in basit koordinat listesi (metre cinsinden X,Y ve Z) ve düzeltmeler (yıllık metre cinsinden dX, dY ve dZ) ITRF'in her versiyonunda yıllık verilir, bu değerlerin hatalarıyla birlikte verilir. Aynı istasyondaki farklı bir zamana ait koordinatlar istasyon düzeltmeleri eklenerek elde edilir. Böylece tektonik yer hareketinin koordinatlara etkisi elde edilebilir. ITRF 2000'e IERS internet sitesinden SINEX yazı formatı dosyası ile ulaşılabilir.

ITRF genellikle referans sistemi WGS 84 yerine ITRS (Uluslararası Yersel Referans Sistemi) olarak isimlendirilir. Bu iki sistem birbirlerinden farklı oluşturulmasına rağmen şuanda nerdeyse aynı amaca hizmet etmektedirler. ITRF askeri amaçlar için üretilmiş WGS-84'den daha yüksek niteliklere sahiptir, WGS-84'ün yerini artık ITRF alır. Bu nedenle ITRF daha önemli bir yersel referans sistemi haline gelmiştir.

Gelecekte ITRF çözümleri nokta konumlarının zaman serisine bağlı olarak günlük çözümler VLBI ile, haftalık çözümleri GPS, SLR, DORIS ile yapılacaktır.

2.3.6. ETRS-89

ETRS-89 (European Terrestrial Reference System 1989) Avrasyadaki jeodezik kartezyen referans çerçevesidir. Avrupa’da koordinatlar ve haritalar kıtasal sapma değişiklikleri olmadığı için ETRS-89’a dayandırılır.

ETRS-89 Avrupa’da araştırmalarda ve haritalarda kullanılan tek jeodezik datumdur. Kuzey Amerika için NAD-83 ile aynı rolü oynar Avrupa’da. (NAD-83 datumu haritalarda ve araştırmalarda kullanılır Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Meksika’da) ETRS-89 ve NAD-83 GRS-80 elipsoidine dayanır. GRS-80 referans elipsoidi aslen WGS-84 koordinat sisteminin elipsoididir (URL–9).

Çizelge 2.6ETRS-89’ün parametreleri

Adı	ETRS-89
Koordinat sistemi tipi	Coğrafi
Datum	European Terrestrial Referans System 1989
Elipsoid	GRS-80
a (Büyük yarı eksen)	6378137.000
b (Küçük yarı eksen)	6356752.314140
Meridyen	Greenwich

2.3.7. GCJ-02

GCJ-02 (Restrictions on Geographic Data in China) Çin Devlet Bürosu tarafından formüle edilmiş WGS-84’e dayanan bir datumdur. Ulusal güvenliği geliştirmek amacıyla bir şifreleme algoritması kullanır.

GCJ-02 koordinatları bir GCJ-02 haritasında doğru olarak görülürler. Ancak GCJ-02 haritasında GPS konumu gibi WGS-84 koordinatlarında yada tam tersinde 100-700 metre hata vermektedir. Google’ın kendi haritalarında 50-500 metre arasında hata vermektedir. Yahoo’nun uydu görüntüleriyle karşılaştırıldığında önemli hatalar vermektedir. Bunların yanında MapQuest ve OpenStreetMap ile karşılaştırıldığında bindirmeleri çok başarılıdır.

GCJ-02 şifreli ve gizli olmasına rağmen C#, C, Java, JavaScript, PHP, Python dahil birçok dilde GCJ-02 ile WGS-84 arasında datum dönüşümü yapılabilmektedir. Bir başka dönüşüm yöntemi olarak da uydu görüntülerinin koordinatlarına bağlı olarak enterpolasyon yapılmaktadır (URL–10).

2.3.8. SAD-69

SAD (South American Datum) Güney Amerika'nın bölgesel datumu olarak 1969 yılında kurulmuştur. Bu datum Brezilya jeodezik sistemini içermektedir ve jeodezik referans sisteminin elipsoidi (SGR-67) tarafından tanımlanan jeoid kullanılır. SGR-67 1967 yılında tanımlanmıştır (URL-11).

Çizelge 2.7SAD-69 elipsoidi parametreleri

Jeodezik Enlem	19° 45' 41.6527'' S
Astronomik enlem	19° 45' 41.34'' S
Jeodezik boylam	48° 06' 04.0639'' W
Astronomik boylam	48° 06' 07.80'' W
Jeodezik azimut	271° 30' 04.05''
Astronomik azimut	271° 30' 05.42''
Jeodezik dalgalanma	0.0 metre

2.4.Türkiye'de Koordinat Sistemleri

Osmanlıda haritacılık 16.yy'da kaydadeğer aşamalar katetmiştir. Piri Reis'in haritaları sadece Osmanlı için değil Batılılar ve denizciler için de önemli bir kaynak olmuştur.

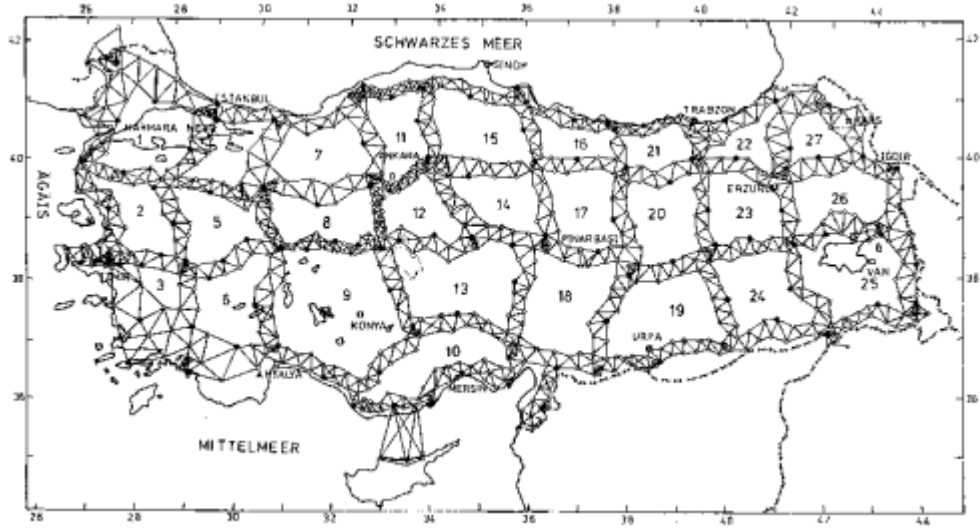
Türk haritacılığının gelişmesi ve modernize çalışmaları 1883 yılından sonra yavaş yavaş gelişmiştir. 1895 yılı hesaba dayalı Modern Türk Haritacılığının başlangıcı olarak Kabul edilmiştir. İlk çalışma Fransız ve Türk subaylarının beraber ufak bir arazi parçasının kadastrounu yapmalarıdır (URL-12).

Her ülke kendi çalışmasını durumuna en uygun datum ile yapar. Noktaların koordinatları bu seçilen datuma göre belirlenir. Bulunan koordinatlarda seçilen datumdan datuma farklılık gösterir(Demirtaş, 2003).

2.4.1. TUD-54

Türkiye Ulusal Nirengi Ağı çalışmaları 1900'lü yılların başlarına dayanmaktadır (Ulsoy 1982, Şerbetçi 1999, Ayan ve diğ. 2003). Türkiye Ulusal Datumu (TUD-54); Harita Genel Komutanlığı tarafından ülke genelinde 1934-1954 yılları arasında yürütülen yoğun jeodezik çalışmalar sonucunda oluşturulmuştur (Fırat ve Lenk 2002).

1954 yılında dengelenen Türkiye Ulusal Nirengi Ağı, ortalama 180 km (max. 272 km, min. 85 km) uzunluğunda 66 zincir ve 27 poligondan (kapalı) oluşmuştur. Poligonlar ortalama 1300 km (max. 2295 km, min. 612 km) dir. Poligon kapanmaları enlemde ortalama 7.2" (max. 11.0", min. 1.9") boylamda ortalama 0.7" (max. 1.4", min. 0.1") dir. Başlangıçta yüzey ağı olarak kurulmaya başlanan nirengi ağı, 1944 yılında mühendis ve subayların katıldığı bir toplantıda tartışılarak ABD örneği zincir sistemine geçilmiştir. Ayrıca 1944-46 arasında köşegenli dörtgenlerle kurulan bu zincirler daha sonra iş hızında % 25 artma sağladığı gerekçesi ile üçgen zincirlere dönüştürülmüştür. Üçgen kenarları 25-35 km dir (max. 55 km, min. 12 km)(URL-13).



Şekil 2.22Türkiye ulusal nirengi ağı

Türkiye Ulusal nirengi Ağı'nın teknik verilerine bakıldığında Avrupa Datumuna (ED50) bağlı bir ağ olduğu görülmektedir. 1954 yılındaki dengeleme öncesinde batıda 8 ortak noktayla yapılan gözlemlerle bu bağlantı sağlanmıştır(Ayan ve diğ. 2003).

2.4.2. ED-50

ED-50 datumunda; referans elipsoidi olarak Uluslararası 1924 Hayford Elipsoidi ($a=6378388m$; $b=6356911.9461m$; $f=1/297$; $e=0.08199188998$), başlangıç meridyeni olarak GreenwichMeridyeni alınmıştır. Bu sistemde elipsoit ile jeoidin çakışık, jeodezik ve astronomikkordinatlarının aynı varsayıldığı temel nokta Postdam/Almanya' daki Helmert noktasıdır. Bu sistemde kullanılanreferans elipsoidi

ile yerin ağırlık merkezi arasında birkaç yüz metreye varan bir kayıklık söz konusudur (Fırat ve Lenk 2002, Demirtaş, 2006).

Çizelge 2.8ED-50'nin teknik verileri

Datum	ED-50
Elipsoid	Uluslararası Hayford
Dengeleme	1954
Avrupa Ağında Ortak Nokta	8
I.Derece Poligon Sayısı	27
Astronomik Nokta	99
I ve II Derece Nokta	904+3320
I ve II Derece Nokta Sıklığı	185 km ²
III Derece Nokta	55000
I, II ve III Derece Nokta Sıklığı	13 km ²

ED-50 koordinat sisteminde her zaman üst dereceli ağ alt dereceli ağa koordinat vermektedir. Tasarımı aşamasında Türkiye'nin tektonik yapısı gözardı edilmiştir. Yani noktaların koordinatlarında değişme olmasına rağmen değişmez kabul edilmişlerdir. Ancak gerçekte özellikle tektonik hareketin fazla olduğu yerlerde ortalama 2 cm'lik bozulmalar olmuştur. Bu durum gereksinime cevap vermemesine neden olmuştur. (Altınar, 1999,Ayan ve diğ. 2003). 1954 yılında dengelenen bu ağın tektonik hareketler sonucunda oluşan hasarı kabaca tahmin edebiliriz (2 cm*49 yıl $\approx$ 88 cm). Özellikle deprem olan yerlerde bu değerin çok daha fazla üzerine çıkmaktadır (Aliosmanoğlu 2002, Aliosmanoğlu ve Çelik 2002, Çelik, 2002, Ayan ve diğ. 2003).

Türkiye'ye ait ülke triyagülasyon ağına altlık teşkil eden elipsoidinparametreleri Hayford Elipsoidi boyutları seçilmiştir.Bu elipsoid önce Ankara civarındaki I. Derece noktalardanMeşedağı'ndaçekül sapması sıfır kabul edilmek üzere ve Duatepenoktasına olan astronomik azimut Laplace azimutu kabul edilerekuzayda yerleştirilmiştir. Bu şekilde “ulusal datum” tanımlanmıştır.Ayrıca orta Avrupa’ da Helmert Kulesi noktasında çekülsapmasının doğu-batı bileşeni +1.78” ve kuzey-guney bileşeni+3.36”olacak şekilde boyutları Hayford Elipsoidi olacak şekildebaşka bir elipsoid oluşturulmuş ve elipsoidin bu konumuna “AvrupaDatumu 1950” denmiştir.

Bulgaristan ve Yunanistan’ daki sekiz adet noktadan hesap yapılarakTUD54'deki koordinatların ED-50'ye dönüştürülmüş değerleri hesaplanmıştır.

Uzay tabanlı konum belirleme sistemleri ve bunlara bağlı referans çerçevelerinin gelişmesinden önce, jeodezik noktalar ve kadastral paftalar için ED-50 datumundan tanımlanmıştır. Türkiye'deki yoğun tektonik aktiviteler sonucu oluşan deformasyon ve ağın günümüz modern ağlarına göreli olarak düşük duyarlılığı ve yersel ağlardaki kaçınılmaz geometrik distorsiyonların sonucu olarak ED-50 yersel datumu geçen zaman içerisinde pratik ihtiyaçları karşılayamaz duruma gelmiştir. Yeni bir jeodezik ağı gereksinim duyulmuş ve bugünün GPS teknolojisine dayalı olması öngörülmüştür. 1997-1999 yılları arasındaki yoğun GPS ölçüleri ile oluşturulan ve takip eden yıllardaki revizyon ölçüleri ile güncellenen TUGA, modern ve yüksek doğruluklu ulusal ağı ihtiyacını karşılamak üzere oluşturulmuştur (Ayhan ve diğ., 2002, Aktuğ ve diğ., 2011).

Türkiye bulunduğu konum itibarıyla Afrika, Arap ve Avrasya plakalarının çarpıştığı bir bölgede bulunmaktadır. Özellikle Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve Ege Graben Sistemi'nde meydana gelen depremler sonucunda TUD-54 noktalarında büyüklük ve yönü bölgeden bölgeye değişen en çok $\pm 3-5$ m mertebesinde yatay konum değişiklikleri olduğu düşünülmektedir. Düşey konum değişiklikleri deprem yüzey kırığı çevresinde 1-3 m değerlerine ulaşmakta ve yüzey kırığından uzaklaştıkça azalmaktadır.

Meydana gelen deformasyonlar sonucunda bölgesel ve yerel nitelikte yatay ve düşey konum değişiklikleri meydana geldiği ve TUD-54'ün pratik kullanım ihtiyaçlarına cevap vermekten uzaklaştığı belirlenmiştir. Meydana gelen bu deformasyonlar ve Global Konumlama Sistemlerindeki (GPS) gelişmelere paralel olarak, yeni bir jeodezik temel ağı oluşturulması ihtiyacı doğmuştur.

2.4.3. ITRF

Ülkemiz 2001 yılına kadar ED-50 sistemi kullanmıştır; ancak 2001 yılında sonra GRS80 elipsoidi ile birlikte ITRF koordinat sistemi kullanılmıştır. Belirli yıllarda güncelleştirilen ITRF versiyonlarında 1-2 cm. farklılık göstermektedir. ITRF güncelleme yapıldığı yıla göre isim alır. (ITRF_y) örneğin; ITRF88, ITRF89, ITRF91, ITRF92, ITRF93, ITRF94, ITRF96, ITRF97, ITRF2000, ITRF2005 ve ITRF2008 gibi.

ITRF gelişmiş jeodezik ölçüm yöntemlerinden elde edilen, başlangıcı yerin ağırlık merkezi olan, hassas 3 boyutlu koordinat ve hızları ile tanımlı uluslararası yersel referans sistemine dayalı bir ağıdır. ITRF ağı, nokta koordinatları ve noktaların

hareket hızlarının, yerkabuğundaki tüm plakaların hareket ettiği varsayılan bir modele göre belirlenen dinamik bir ağıdır (Konakoğlu, 2014).

Çizelge 2.9ITRF tanımlama elemanları

Koordinat sisteminin adı	ITRF
Geçerli olduğu alan	Dünya
Datum	ITRF96
Datum tipi	Jeodezik
Datum gerçekleştirme tarihi(epok)	1998.00
Elipsoid kimliği	GRS80
Elipsoid büyük yarı eksen (a)	6378137.0
Elipsoid şekli	Gerçek
Elipsoid basırlığının tersi(1/f)	298.25722210
Koordinat sistemi adı	Kartezyen koordinat sistemi
Koordinat tipi	Kartezyen (X,Y,Z)
Koordinat boyu	3
Koordinat eksen doğrultusu (X)	Elipsoidin merkezinden ekvatorla Greenwich meridyeninin kesişme noktasına doğru (+)
Koordinat eksen doğrultusu (Y)	Elipsoidin merkezinden diğer iki eksene de dik olarak doğuya doğru (+)
Koordinat eksen doğrultusu (Z)	Elipsoidin merkezinden coğrafi kuzey kutba doğru (+)

Ülkemizde Harita Genel Komutanlığının 1934-1954 yılları arasında yoğun çalışmalar sonucunda ortaya çıkardığı TUD-54 kullanılıyordu. TUD-54'den daha sonra Bulgaristan ve Yunanistan'da da bulunan ED-50 koordinat sistemine geçilmiştir. Ancak teknoloji ve bilimdeki gelişmeler ve ülkemizde meydana gelen depremler nedeniyle ED-50'de yatay ve düşey olarak konum değişiklikler, deformasyonlar meydana gelmiştir. Bu durum bu ağın yaşatılması yerine yeni bir datum oluşturma zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır.

Uydu teknikleriyle üç boyutta ağ kurmak ve sıklaştırmak klasik yöntemlere göre çok hızlı, daha az zahmetli, daha duyarlı ve daha ekonomiktir. Ayrıca o dönem GPS teknolojisinde de yüksek duyarlılığa ulaşılmıştır. Bu nedenlerin hepsinden dolayı yeni oluşturulacak ağ WGS-84 datumunda, üç boyutlu, zaman değişkenli, GPS teknolojisine dayalı, yüksek duyarlı, uygun dağılımda ve ulaşımı kolay noktalardan oluşan yeni ve çağdaş bir jeodezik ağ öngörülmüştür. Bu doğrultuda 1997-1999 yılları arasında Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA-99) oluşturulmuştur. Daha sonra WGS-84 sistemi duyarlılığı daha yüksek olan ITRF sistemine bağlanmıştır (Fırat ve Lenk, 2002).

Her ne kadar TUTGA'nın datumu ITRF96 olarak belirlenmiş olsa da tanımlanan epoklar özellikle noktalara ait koordinat bileşenlerinin hızvektörleri için yeni başlangıç referans zamanları, diğer bir deyişle yeni datumlar anlamına gelmektedir. TUTGA noktalarının koordinatları hız vektörleriyle birlikte verilmektedir. Bu hız vektörleri noktaların koordinat bileşenlerinin yıllık hızlarını göstermektedir. Bununla beraber bu hız vektörlerinin hangi epok için tanımlandığı da çok önemlidir. Bu referans epoklar yıl biriminden tanımlanmaktadırlar (BÖHHBÜY).

Teknolojinin hızlı bir şekilde artması ve bilimin gelişmesi coğrafi verilerin ve sözel bilgilerinin bilgisayar ortamında olmasını mümkün hale getirmiştir. CORS-TRprojesinin geliştirilmesiyle beraber tüm ülkeye hizmet veren bununla beraber hızlı ve ekonomik konum bilgisi veren TUSAGA-Aktif (CORS-TR) sistemi kurulmuştur. 2006 yılında imzalanan ve TÜBİTAK projesi olan CORS-TR halen 146 istasyon ve 2 adet kontrol merkezi ile etkin bir şekilde çalışmaktadır. Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde (KKTC) sürekli gözlem yapan istasyonlardan oluşan ağ gerçek zamanlı konum düzeltme bilgileri yayınlamaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1.Dengeleme Hesabı Ve Dolaylı Ölçüler Dengelemesi

3.1.1. Dengeleme hesabı

Uygulamalı bilimlerde ölçülerden ve ölçü sonuçlarından elde edilen doğruluğu ve duyarlılığı artırmak için fazla sayıda ölçü yapılır. Jeodezik olarak elde edilen verilerde hatalar sonucu kaba veya uyuşumsuz ölçüler ortaya çıkabilir. Bu hatalar kullanıcı kaynaklı yada çevre etkili olabilirler. Bunlar değişen çevre etkileri ve ölçüm sırasındaki hava şartları olabilir (Başçıftçi, 2008). Dengeleme hesabının amacı kaba, sistematik ve uyuşumsuz ölçü içermeyen ölçü grubundan herhangi bir ölçüyü çıkarmadan bilinmeyenlerin ve bilinmeyenlerin fonksiyonlarının en uygun ve enyüksek olasılıklı değerini belirlemektir (Wang, 1992).

Dengeleme hesabında bilinmeyen parametreleri belirlemek için bir amaç fonksiyonuna göre çözüm yapılır.

X bilinmeyen parametrelerin ölçü grubundan dengeleme hesabı ile belirlenmesi için ölçülerle bilinmeyenler arasındaki fonksiyonel ve stokastik ilişkileri gösteren matematik model yazılır.

$$\hat{\ell} = \Phi_i(x_1, x_2, \dots, x_u) \quad Q_{\ell\ell} = P^{-1}; \quad C_{\ell\ell} = \sigma_0^2 Q_{\ell\ell} \quad (3.1)$$

Fonksiyonel Model

Stokastik Model

Doğrusal matematik model olarak da bilinen Gauss-Morkoff modeli yukarıdaki eşitlik doğrusallaştırılarak elde edilir (Wang, 1992, Vanicek, Wells, 1972).

$$E\{\hat{\ell}\} = \underline{\ell} + \underline{v} = \underline{A}x \quad \underline{Q}_{\ell\ell} = \underline{P}^{-1}; \quad \underline{C}_{\ell\ell} = \sigma_0^2 \underline{Q}_{\ell\ell} \quad (3.2)$$

(3.1) ve (3.2) eşitliğinde, A matematik modelin tasarım matrisi, $P, Q_{\ell\ell}$ ve $C_{\ell\ell}$ ölçülerin ağırlık, ters ağırlık ve varyans-kovaryans matrisi, σ_0^2 öncül varyans ve $\hat{\ell}$ kesin ölçülerdir. (3.2) eşitliğinde verilen matematik model bir amaç fonksiyonuna göre çözülür. Amaç fonksiyonu ölçü düzeltmelerinin minimum olmasına göre seçilir. En çok kullanılan dengeleme yöntemi En Küçük Kareler (EKK) olmasına rağmen bazı

dezavantajları nedeniyle diğer dengeleme yöntemleri de kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de En Küçük Mutlak Toplam (EKMT) yöntemidir. EKK Yöntemi $\|Pv\| = [Pv] = \min .$; EKMT yöntemi $\|pv\| = [P|v] = \min .$ amaç fonksiyonunu ile çözüm yapar. Ayrıca bu yöntemlerden EKK Yöntemi; ölçülerin tümünü kullanarak dönüşüm parametrelerini hesaplar, EKMT yöntemi ise sadece yeterli sayıda ölçüyü kullanarak dönüşüm parametrelerini hesaplar. Bunun sonucu olarak EKK yöntemi her ölçü değerine bir düzeltme değeri hesaplar, EKMT ise sadece yeterli koordinat parametresi hesabında kullanmadığı noktalara düzeltme değeri hesaplar (Sisman ve diğ, 2013),(Kırıcı ve Şişman, 2015).

3.1.1.1.En küçük kareler yöntemi

En küçük kareler yöntemi 1795’de Carl Friedrich Gauss , 1805’de Legendre tarafından açıklanmış birçok bilim dalında kullanılan bir yöntemdir(Sisman, 2014).**(3.2)** eşitliğinin EKKY’ne göre çözümü $\|Pv\| = [Pv] = \min .$ amaç fonksiyonu ile yapılırsa,

$$\underline{X} = (\underline{A}^T \underline{Q}^{-1} \underline{A})^{-1} \underline{A}^T \underline{Q}^{-1} \underline{\ell} \quad (3.3)$$

bilinmeyenler elde edilir. Duyarlık hesapları için birim ölçünün karesel ortalama hatası

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{\underline{V}^T \underline{P} \underline{V}}{f}} ; f = n - u \quad (3.4)$$

eşitliğiyle hesaplanır. **(3.2)** eşitliğinde **(3.3)** eşitliği yerine yazılarak ve $\underline{Q}_w$ matrisi kullanılarak düzeltmeler için

$$\underline{V} = -\underline{Q}_w \underline{P} \underline{\ell} \quad (3.5)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlik ölçülerin düzeltmelere olan etkilerini açıklamaktadır. V düzeltmeleri rastlantı hataları yanında matematiksel model için ölçütlerinin özelliklerini yansıtan gerçek ile farkları gösterir. Bu anlamda V vektörüne ölçü düzeltmeleri yerine dengeleme artıkları (residual) denir. V vektörü özel test yöntemleriyle analiz edilerek ölçüler hakkında bilgiler alınabilir ve uyuşumsuz ölçüler belirlenebilir (Ayan,1992, Dilaver,1996, Uzun,2003,Kırıcı ve Şişman, 2015).

3.1.1.2.En küçük mutlak toplam yöntemi

En küçük mutlak toplam yöntemi 1789 yılında Laplace tarafından yazılmış birçok farklı problemin çözümünde kullanılan bir yöntemdir.(3.2) eşitliğinde verilen matematik model en küçük mutlak toplam yöntemi ile $\|Pv\| = [P|v] = \min$. amaç fonksiyonuna göre çözülür. Bu işlemde özel durumlar dışında direk çözüm mümkün değildir. Çözüm deneme yanılma ya da lineer programlama problemine şeklinde ele alınarak yapılabilir. En küçük mutlak toplam yöntemi $\underline{X}$ ve $\underline{V}$ gibi bilinmeyen parametreler içerir. Lineer programlama için yeni bilinmeyenler aşağıdaki şekilde düzenlenir.

$$\begin{aligned} X &= X^+ - X^- ; & X^+, X^- &\geq 0, \\ V &= V^+ - V^- ; & V^+, V^- &\geq 0 \end{aligned} \quad (3.6)$$

(3.2) eşitliğinde verilen modelin EKMT amaç fonksiyonuna göre çözümünde lineer programlama için düzenlenen matematik model ve kısıt denklemi aşağıdaki şekildedir.

$$\begin{bmatrix} A & -A & -I & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^+ \\ X^- \\ V^+ \\ V^- \end{bmatrix} = [\ell], \quad f = b^T X = [P|V] = P^T V = p^T \begin{bmatrix} V^+ & V^- \end{bmatrix} = \min. \quad (3.7)$$

EKMT yönteminde parametrelerin tahmininde bilinmeyen sayısı kadar yapılan ölçü kullanılır ve bu ölçüler hatasız kabul edilir. Bilinmeyen parametrelerin kestiriminde kullanılmayan ölçülerin EKMT yöntemine göre çözümünden düzeltme değerleri hesaplanır. Böylece ölçülerin düzeltmelerine diğer ölçülerin hatalarının yayılması ve yansımaları durumu ortadan kalkar (Bektas, Sisman, 2010, Sisman, 2014,Kırıcı,Şişman, 2015).

3.2.Koordinat Dönüşüm Modelleri

Koordinat dönüşümü yada koordinat transformasyonu herhangi bir koordinat sisteminde koordinatı belli olan noktaların başka bir koordinat sistemine dönüştürülmesi işlemidir (Turgut, İnal, 2003).Koordinat dönüşümü işlemi için her iki sistemdede bazı matematiksel ilişkilerin tanımlanmış olması gerekmektedir. Bu ilişki tanımlanırken her iki sistemde de koordinatı bilinen ortak nokta koordinatlarına koordinat dönüşüm parametrelerinin hesabında ölçü değeri olarak ihtiyaç

duyulur. Koordinat dönüşüm parametrelerinin sayısı kullanılacak dönüşüm yöntemine göre değişiklik gösterir. Dönüşümde her iki sistemdede bazı geometrik özellikler korunur. Her iki sistemin birbirine göre konumunu tanımlayan benzerlik, afin ve projektif dönüşüm modelleri tanımlanmıştır (Başçiftçi ve İnal, 2008).

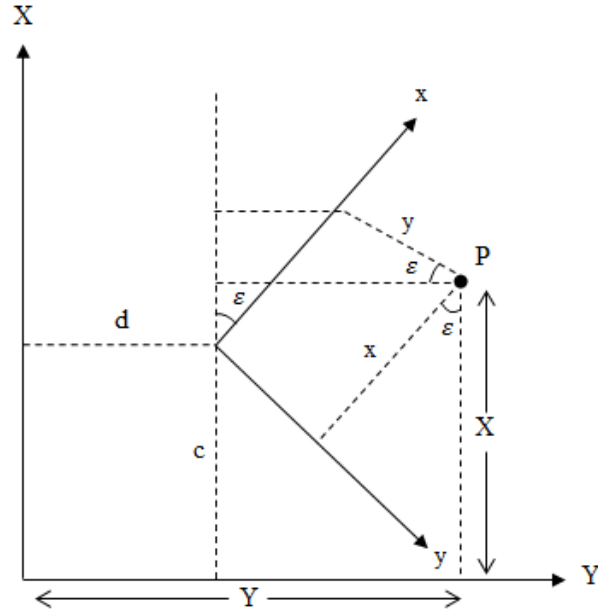
Koordinat dönüşümü için iki koordinat sistemi arasında doğrusal bir ilişki tanımlayan dik koordinatlar için iki ve üç boyutlu benzerlik, afin ve projektif dönüşüm tercih edilmektedir. Yükseklikle ilgili çalışmalarda ortometrik ve elipsoidal yükseklikler arasındaki ilişkiyi tanımlamak için polinomsal dönüşüm tercih edilmektedir.

3.2.1. İkiboyutlu dönüşümler

3.2.1.1. Benzerlik (Helmert) dönüşümü

Benzerlik dönüşümünde dönüşümden önceki şekil ile dönüşüm sonrası şekiller benzerdir. Dönüşüm parametrelerinde tek bir ölçek faktörü olduğundan dolayı şekiller belli bir oranda küçülür veya büyürler, bu sayede kırılma açıları değişime uğramazlar. Kısacası dönüştürülen yeni sistemin başlangıcı ötelenmiş, iki sistem arası belli miktarda dönüklük oluşmuş ve belli miktarda ölçek katsayısı ile çarpılarak oluşmuştur (Tanık, 2003, Konakoğlu, 2014).

Benzerlik dönüşümünde şekil korunur yani açılar değişmez (Bektas, 2005). Düzgün geometrik şeklin kenarlarında aynı oranda büyüme yada küçülme olur. Şekiller dönüşümden sonra da esas şekile benzerler (Tansuğ ve Pektekin, 1978, Turgut ve İnal, 2003).



Şekil 3.1 Dönüşüm yapılacak iki dik koordinat sistemi

Benzerlik dönüşümünde 4 parametre vardır. Bunlar 1 ölçek, 1 dönüklük ve 2 öteleme olarak toplam 4 bağımsız parametredir. Dönüşümün anlamlı olabilmesi için iki sistemde de koordinatı bilinen iki ortak nokta gereklidir. İki den fazla ortak nokta mevcutsa dönüşüm parametreleri en küçük kareler yöntemi ile dengeleme hesabı yapılır ve nokta sayısının iki katı kadar düzelme denklemleri yazılabilir (Ceylan, 2009).

Benzerlik dönüşümünde temel eşitlikler;

x, y : 1. sistemin koordinatları

X, Y : 2. sistemin koordinatları

ε : Koordinat sistemleri arasındaki dönüklük açısı

c, d : Öteleme elemanları

k : Ölçek faktörü

$$\begin{aligned} X &= k * x * \cos \varepsilon - k * y * \sin \varepsilon + c \\ Y &= k * x * \sin \varepsilon + k * y * \cos \varepsilon + d \end{aligned} \quad (3.8)$$

Şeklinde yazılır. Buradan (3.8) eşitliğinde

$$a = k * \cos \varepsilon$$

$$b = k * \sin \varepsilon$$

alınırsa;

$$\begin{aligned} X &= a * x + b * y + c \\ Y &= a * y + b * x + d \end{aligned} \quad (3.9)$$

eşitliği elde edilir.

İşlemlerin devamının çözümü için her iki sistemde koordinatları bilinen iki nokta gereklidir. İki den fazla ortak nokta olması durumunda dönüşüm parametreleri dolaylı ölçüler dengelemesi ile hesaplanması için (3.10) eşitlikleri kullanılarak nokta sayısının iki katı kadar düzeltme denklemleri yazılır (Yaşayan 1978, Turgut ve Inal, 2003).

$$\begin{aligned} ax_1 + by_1 + c &= X_1 + V_{x_1} \\ ay_1 + bx_1 + d &= Y_1 + V_{y_1} \\ ax_2 - by_2 + c &= X_2 + V_{x_2} \\ ay_2 + bx_2 + d &= Y_2 + V_{y_2} \end{aligned} \quad (3.10)$$

Bu eşitlik matris gösterimiyle;

$$A = \begin{bmatrix} x_1 & -y_1 & 1 & 0 \\ y_1 & x_1 & 0 & 1 \\ x_2 & -y_2 & 1 & 0 \\ y_2 & x_2 & 0 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} L = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ X_3 \\ Y_3 \\ \dots \\ \dots \end{bmatrix} V = \begin{bmatrix} V_{x_1} \\ V_{y_1} \\ V_{x_2} \\ V_{y_2} \\ V_{x_3} \\ V_{y_3} \\ \dots \\ \dots \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

yazılabilir.

n tane ortak nokta için düzeltme denklemleri;

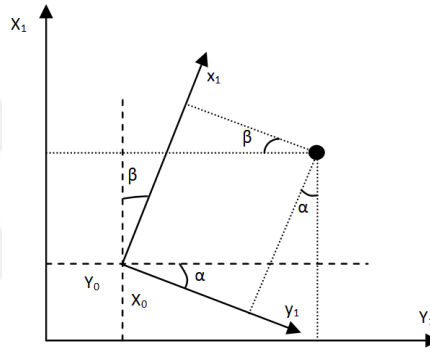
$$\begin{bmatrix} V_{x_1} \\ V_{y_1} \\ \dots \\ \dots \\ V_{x_n} \\ V_{y_n} \end{bmatrix}_{2n \times 1} = \begin{bmatrix} x_1 & -y_1 & 1 & 0 \\ y_1 & x_1 & 0 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n & -y_n & 1 & 0 \\ y_n & x_n & 0 & 1 \end{bmatrix}_{2n \times 4} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}_{4 \times 1} - \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ \dots \\ \dots \\ X_n \\ Y_n \end{bmatrix}_{2n \times 1} \quad (3.12)$$

şeklinde gösterilir.

3.2.1.2.Afin dönüşümü

Benzerlik dönüşümünün aksine afin dönüşümünde dönüşümden önce ve sonra şekillerde benzerlik yoktur. Bu durumun nedeni ise x ve y eksenlerinin yönlerinin farklı olması ve birbirlerine dik olmamalarıdır (Konakoğlu, 2014). Afin dönüşümünde paralellik ve doğrudaşlık özellikleri korunur. Dolayısıyla şekil ve ölçek değişir. Bir doğru parçasının üzerindeki doğruların karşılıklı oranları sabit kalır (Uzun, 2003).

Afin dönüşümü her iki koordinat sistemindedir farklı dönüklük ve farklı ölçeğe sahip iki koordinat sistemi arasındaki geometrik ilişkiyi tanımlar (Wolf ve Dewitt, 2000, Gullu, 2010). Afin dönüşümünde 2 öteleme, 2 dönüklük ve 2 ölçek faktörü olacak şekilde 6 koordinat dönüşüm parametresi vardır.



Şekil 3.2Afin dönüşümü

Bir noktanın afin dönüşümü için koordinatı ;

$$\begin{aligned} X_i &= k_x * x_i * \cos\alpha - k_y * y_i * \sin\beta + X_0 \\ Y_i &= k_x * x_i * \sin\alpha + k_y * y_i * \cos\beta + Y_0 \end{aligned} \quad (3.13)$$

eşitliğiyle hesaplanır. Bu eşitlikte;

$$\begin{aligned} a &= k_x * \cos\alpha \\ b &= -k_y * \sin\beta \\ c &= X_0 \\ d &= k_x * \sin\alpha \\ e &= k_y * \cos\beta \\ f &= Y_0 \end{aligned} \quad (3.14)$$

olarak alınırsa;

$$\begin{aligned} X_i &= a * x_i + b * y_i + c \\ Y_i &= d * x_i + e * y_i + f \end{aligned} \quad (3.15)$$

formulleri ortaya çıkar.

Burada, (k_x, k_y) , (α, β) ve a, b, c, d, e, f sırasıyla ölçek faktörleri, koordinat eksenlerindeki dönüklükler ve dönüşüm parametreleridir (Haberler ve Kahmen, 2003, Kırıcı, Şişman, 2014).

Bu eşitliklerde n tane ortak nokta için dolaylı ölçüler dengelemesine göre düzeltme denklemleri yazılırsa

$$\begin{bmatrix} V_{x_1} \\ V_{y_1} \\ \dots \\ \dots \\ V_{x_n} \\ V_{y_n} \end{bmatrix}_{2n \times 1} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_n & y_n & 1 \end{bmatrix}_{2n \times 6} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{bmatrix}_{6 \times 1} - \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ \dots \\ \dots \\ X_n \\ Y_n \end{bmatrix}_{2n \times 1} \quad (3.16)$$

$V = Ax - l$ eşitliği elde edilir.

3.2.1.3. Projektif dönüşüm

Projektif dönüşüm bir düzlemden diğer bir düzleme yapılan izdüşümler olarak düşünülebilir. Bu iki düzlem birbiriyle kesişebilir yada birbirine paralel olabilir. (Konakoğlu, 2014). Projektif dönüşüm daha genel bir dönüşümdür, afin dönüşümü projektif dönüşümünün alt temelinin oluşturur (Yaşayan, 1978).

Projektif dönüşümün 8 bilinmeyen parametrelili dönüşümü için her iki sistemdede bilinen ortak 4 noktaya ihtiyacı vardır. Bu ortak nokta sayısı 4'den fazla olduğudurumda en küçük kareler yöntemiyle dengeleme hesabı yapılır (İnal ve Turgut, 2001, Başçifçi ve İnal, 2008).

$$X = \frac{a_1 x + a_2 y + a_3}{c_1 x + c_2 y + 1}$$

$$Y = \frac{b_1 x + b_2 y + b_3}{c_1 x + c_2 y + 1} \quad (3.17)$$

Bu eşitliklerden n adet ortak nokta için dolaylı ölçüler dengelemesine göre düzeltme denklemleri yazılırsa;

$$A = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1x_2 & -y_1x_2 \\ 0 & 0 & 0 & -x_1 & y_1 & 1 & x_1y_2 & -y_1y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_nx_n & -y_nx_n \\ 0 & 0 & 0 & -x_n & y_n & 1 & x_ny_n & -y_ny_n \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

$$X = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ \dots \\ \dots \\ X_n \\ Y_n \end{bmatrix} \quad (3.19)$$

$V=Ax-l$ eşitliği elde edilir.

n tane ortak nokta için

$$\begin{bmatrix} Vx_1 \\ Vy_1 \\ \dots \\ \dots \\ Vx_n \\ Vy_n \end{bmatrix}_{2n \times 1} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1X_1 & -y_1X_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x_1Y_1 & -y_1Y_1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_nX_n & -y_nX_n \\ 0 & 0 & 0 & x_n & y_n & 1 & -x_nY_n & -y_nY_n \end{bmatrix}_{2n \times 8} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ c_1 \\ c_2 \end{bmatrix}_{8 \times 1} - \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ \dots \\ \dots \\ X_n \\ Y_n \end{bmatrix}_{2n \times 1} \quad (3.20)$$

V düzeltme denklemleri elde edilir.

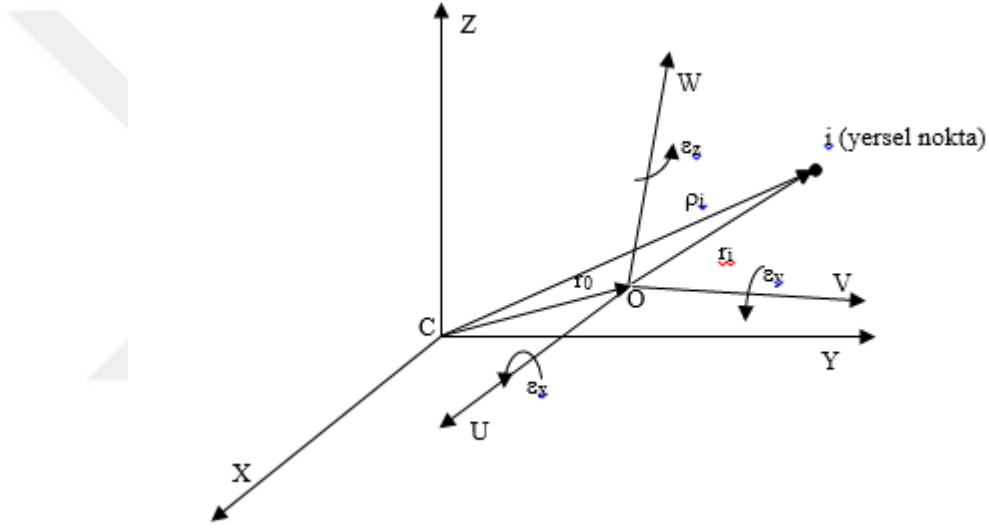
3.2.2. Üçboyutlu dönüşümler

3.2.2.1. Üçboyutlu benzerlik dönüşümü

Benzerlik (Helmert) dönüşümü jeodezide en çok kullanılan dönüşümdür. Şekil korunduğu için açılar değişmez. Dönüştürülmüş sistemdeki doğruların uzunlukları ve noktaların konumu değişebilir (İlhan,2009).

Üç boyutlu benzerlik dönüşümü modellerine örnek olarak Bursa-Wolf, Molodensky-Badekas, Veis, Hotine, Krakiwsky-Thompson ve Vanicek-Wells modelleri verilebilir. Bu modellerden en çok kullanılanları ve en anlamlı sonuç alınanları Bursa-Wolf, Molodensky-Badekas ve Veis modelleridir (Uzun,2003).

3.2.2.1.1. Bursa-Wolf modeli



Şekil 3.3 Bursa-Wolf modeli

Bu benzerlik dönüşümünde üç dönüklük ($\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$) ve ölçek faktörü (κ) parametreleri gereklidir.

İki sistem arasındaki dönüşüm eşitliğinin fonksiyonel modeli,

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix} + (1+k)R \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

olarak yazılabilir. Bu eşitlikte $\underline{R} = R_1(\epsilon_x), R_2(\epsilon_y), R_3(\epsilon_z)$ dönüklüklerdir ve $R_1(\epsilon_x), R_2(\epsilon_y), R_3(\epsilon_z)$ dönüklük matrisleri,

$$\begin{aligned}
R_1(\varepsilon_x) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varepsilon_x & \sin \varepsilon_x \\ 0 & -\sin \varepsilon_x & \cos \varepsilon_x \end{bmatrix} \\
R_2(\varepsilon_y) &= \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_y & 0 & -\sin \varepsilon_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varepsilon_y & 0 & \cos \varepsilon_y \end{bmatrix} \\
R_3(\varepsilon_z) &= \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_z & \sin \varepsilon_z & 0 \\ -\sin \varepsilon_z & \cos \varepsilon_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{3.22}$$

şeklinde yazılırsa çarpımları sonucu oluşan R dönüklük matrisi,

$$\underline{R} = \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_y \cos \varepsilon_z & \cos \varepsilon_x \cos \varepsilon_y \sin \varepsilon_z + \sin \varepsilon_x \sin \varepsilon_y & \sin \varepsilon_x \cos \varepsilon_y \sin \varepsilon_z - \cos \varepsilon_x \sin \varepsilon_y \\ -\sin \varepsilon_z & \cos \varepsilon_x \cos \varepsilon_z & \sin \varepsilon_x \cos \varepsilon_z \\ \sin \varepsilon_y \cos \varepsilon_z & \cos \varepsilon_x \sin \varepsilon_y \sin \varepsilon_z - \sin \varepsilon_x \cos \varepsilon_y & \sin \varepsilon_x \sin \varepsilon_y \sin \varepsilon_z + \cos \varepsilon_x \cos \varepsilon_y \end{bmatrix} \tag{3.23}$$

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 yapılırsa

$$\begin{bmatrix} V_{x_1} \\ V_{y_1} \\ V_{z_1} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ V_{x_n} \\ V_{y_n} \\ V_{z_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -z_1 & y_1 & x_1 \\ 0 & 1 & 0 & z_1 & 0 & -x_1 & y_1 \\ 0 & 0 & 1 & -y_1 & x_1 & 0 & z_1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -z_n & y_n & x_n \\ 0 & 1 & 0 & z_n & 0 & -x_n & y_n \\ 0 & 0 & 1 & -y_n & x_n & 0 & z_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \\ \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ k \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ X_n \\ Y_n \\ Z_n \end{bmatrix} \tag{3.24}$$

şeklinde basit bir ifade haline gelir.

3.2.2.2. Üç boyutlu afin dönüşümü

Afin dönüşümde 3 öteleme, 3 dönüklük ve 3 ölçek faktörü dönüşümün bilinmeyen parametreleridir.

Afın dönüşüm modeli,

$$x = t + (1 + lk)Rx \text{ olur.}$$

(3.25)

$$(1 + lk) = \begin{bmatrix} (1 + k_1) & 0 & 0 \\ 0 & (1 + k_2) & 0 \\ 0 & 0 & (1 + k_3) \end{bmatrix} \quad (3.26)$$

olmak üzere bir nokta için fonksiyonel model,

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -z & y & x & 0 & 0 \\ z & 0 & -x & 0 & y & 0 \\ -y & x & 0 & 0 & 0 & z \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ k_1 \\ k_2 \\ k_3 \end{bmatrix} \quad (3.27)$$

olarak elde edilir. $t = [t_x \ t_y \ t_z]^T$ öteleme, $k = [k_1 \ k_2 \ k_3]^T$ ölçek ($\varepsilon_x \ \varepsilon_y \ \varepsilon_z$) dönüklük bilinmeyenleridir (Doğan, 2000, İlhan, 2009).

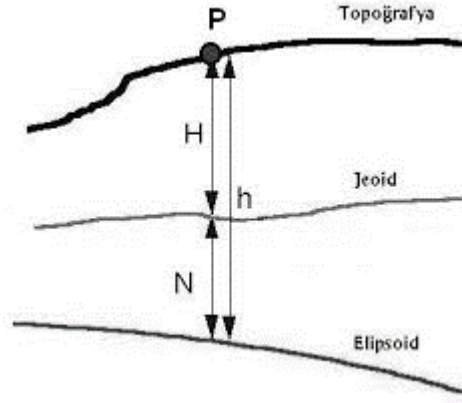
3.2.3. Polinomsal dönüşüm

Yeryüzündeki bir noktanın yüksekliğinden söz edildiğinde o nokta ile bir nivo yüzeyi olan jeoid arasındaki ilişki anlaşılır. Düşey koordinat parametresi olan yükseklik iki farklı yüzeye göre ölçülür. Jeoidin çekül doğrultusu boyunca P noktasına olan uzaklığına ortometrik yükseklik, referans elipsoidinin elipsoid normali boyunca P noktasına olan uzaklığına elipsoidal yükseklik denir.

GPS verilerinin değerlendirilmesi ile elde etmiş olduğumuz yükseklikler elipsoidal yüksekliklerdir. Bunun yanında genellikle pratik uygulamalarda elipsoidal yükseklik kullanılmaz, bunun yerine ortometrik yükseklik kullanılmaktadır. Bu yüzden GPS ile elde edilen elipsoidal yükseklikler ile ortometrik yükseklikler arasında ilişki kurulmalıdır. Elipsoidal yükseklik (h) ile ortometrik yükseklik (H) arasındaki ilişki,

$$N = h - H \quad (3.28)$$

şeklindedir. Bu eşitlikte N jeoid ondülasyonudur (Kartal, 2001).



Şekil 3.4Elipsoidal ortometrik yükseklik

Ülkemizde polinomsal jeoid belirleme tekniğinin kullanıldığı pek çok çalışma yapılmıştır, yapılmaktadır. Bu çalışmaların bazılarında polinomlarla enterpolasyon tekniği kullanılarak sayısal yükseklik modelleri oluşturulmuş ve başkaca enterpolasyon teknikleri kullanılarak oluşturulan sayısal yükseklik modelleri ile yöntem hassasiyetleri yönünden kıyaslamalar yapılmıştır. Jeoid belirlerken kullanılan yüzey genel olarak iki değişkenli ve yüksek dereceden polinomlarla ifade edilir.

Ortogonal polinomun temel tanımı

$$N_{(x,y)} = \sum_{i=0}^m \sum_{\substack{j=k-i \\ i=0}}^k a_{ij} x^i y^j \quad (3.29)$$

şeklindedir. Burada; a_{ij} polinomun katsayıları, m polinomun derecesi, (x, y) ise noktaların düzlem koordinatlarını göstermektedir. Polinomun çözümü için öncelikle polinomun derecesi seçilmelidir. Bu dereceye göre de uygun denklem oluşturulmalıdır. Daha sonra dayanak noktalarının her biri için bilinen değerler yerine konur. 3.Derece polinom için yazılabilecek polinom eşitliği;

$$N = a_{00} + a_{10}X + a_{01}Y + a_{20}X^2 + a_{11}XY + a_{02}Y^2 + a_{30}X^3 + a_{21}X^2Y + a_{12}XY^2 + a_{03}Y^3 \quad (3.30)$$

Şeklinde yazılabilir. Buradan n adet ölçü ve u adet bilinmeyen için $n > u$ olması durumunda yazılabilecek dolaylı ölçüler dengelemesi matematik modeli şu şekildedir.

$$V = AX - \ell \quad P_{\ell\ell} = Q_{\ell\ell}^{-1} \quad (3.31)$$

$$X = \begin{bmatrix} a_{00} \\ a_{10} \\ a_{01} \\ a_{20} \\ a_{11} \\ a_{02} \\ a_{30} \\ a_{21} \\ a_{12} \\ a_{03} \end{bmatrix} A = \begin{bmatrix} 1 & X_1 & Y_1 & X_1^2 & X_1Y_1 & Y_1^2 & X_1^3 & X_1^2Y_1 & X_1Y_1^2 & Y_1^3 \\ 1 & X_2 & Y_2 & X_2^2 & X_2Y_2 & Y_2^2 & X_2^3 & X_2^2Y_2 & X_2Y_2^2 & Y_2^3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & X_n & Y_n & X_n^2 & X_nY_n & Y_n^2 & X_n^3 & X_n^2Y_n & X_nY_n^2 & Y_n^3 \end{bmatrix} \ell = \begin{bmatrix} N_1 \\ N_2 \\ \vdots \\ N_n \end{bmatrix} \quad (3.32)$$

Bu eşitlik istenilen amaç fonksiyonuna göre çözülür ve bilinmeyen X değerleri elde edilir ve devamında yeni noktanın jeoid ondülasyonu kolaylıkla hesaplanabilir (Kırıcı ve Şişman, 2014).

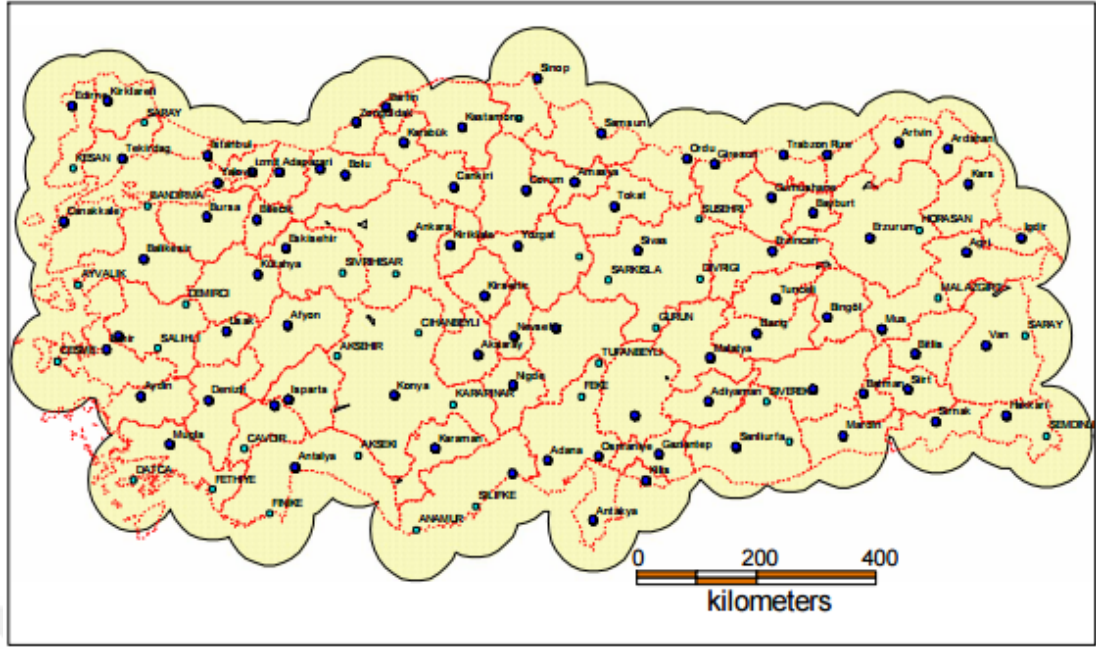
4. BULGULAR

4.1.Türkiye’de Güncel Konum Belirleme TUSAGA-Aktif (CORS-TR)

CORS-TR projesi TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) , İKÜ (İstanbul Kültür Üniversitesi), HGK (Harita Genel Komutanlığı) ve TKGM (Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü) arasında 18 nisan 2006 yılında imzalanmıştır. Aralık 2008 yılında da proje bitirilip faaliyete geçirilmiştir.

CORS-TR projesi gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de haritacılıkta yer tesisi yapma zorunluğunu büyük ölçüde kaldırmış, kullanıcılara yüksek teknolojinin kolaylıklarını ve ürünlerini sunmuştur. Hem mevcut GNSS (Global Positioning System, Küresel Konumlama Sistemi) alıcılarını hem de yeni alıcıları daha verimle kullanmaya, hızlı, ekonomik ve sağlıklı koordinatlar bulmamızı sağlamıştır.

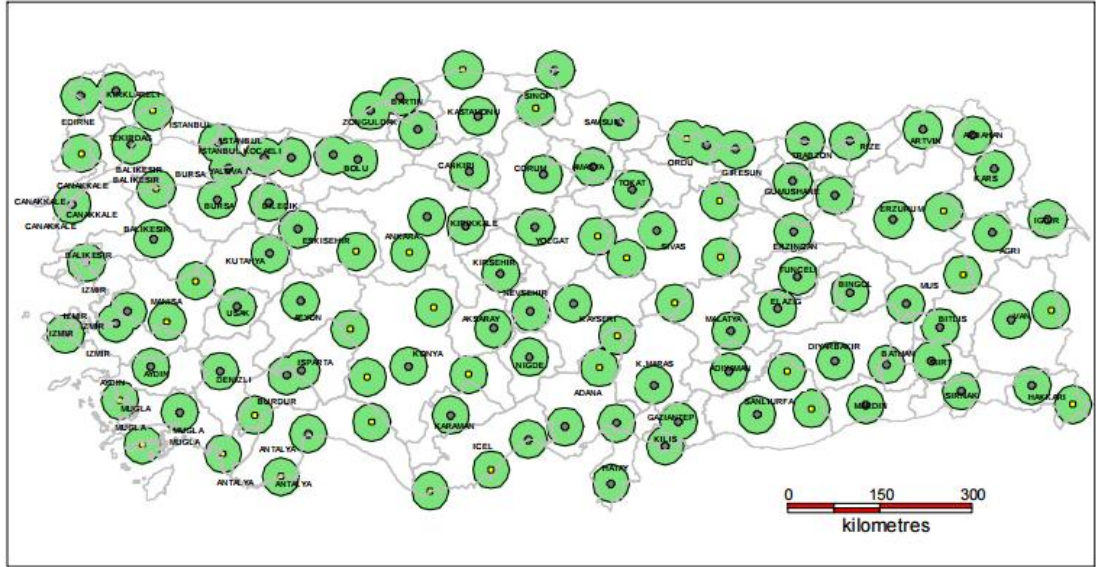
CORS-TR Ağ yaklaşımı sayesinde statik ve RTK (Gerçek Zamanlı Kinematik) konum belirlemeler, bir-iki dakikaya hatta saniyelere inmiştir. RTK kullanımı durumunda baz istasyonundan 75 km uzaklığa kadar çözüm sağlanabilmiştir(Şekil 4.1.). Böylesine kolay ve ekonomik belirlenen noktalarise gayet pratikve ucuzmalzemelerle arazide işaretlenmiştir.



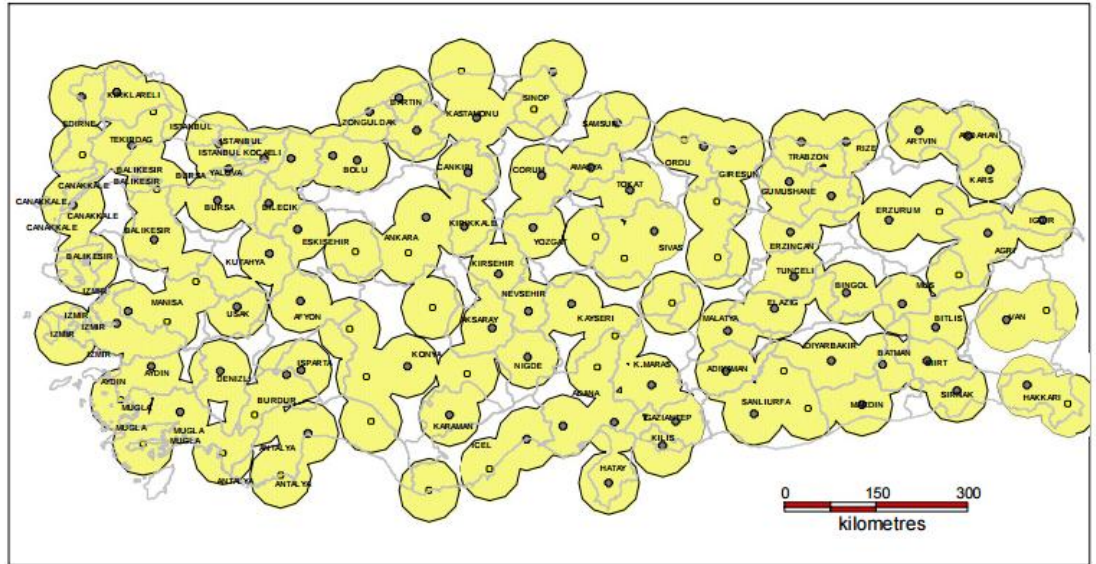
Şekil 4.1CORS-TR kapsamı (75 km yarıçap)

Burada hedef tüm ülkeyi kapsayan, 24 saat kullanılabilecek ve hassas konum belirlenmesini sağlamış şekilde ve gerekli durumlarda ilçelerde bir istasyon kurulmuştur (Şekil4.1). Böylece, bu sistem sayesinde: jeodezik ölçülerde ve harita ve kadaströ çalışmalarında, nirengi/poligon aramak gerekmemekte, GPS ölçülerinde, başka bir referans veya baz istasyonuna gerek kalmamakta, koordinatlar, ulusal bir format ve standartta üretilebilmiştir(TUSAGA-Aktif Rapor, 2009).

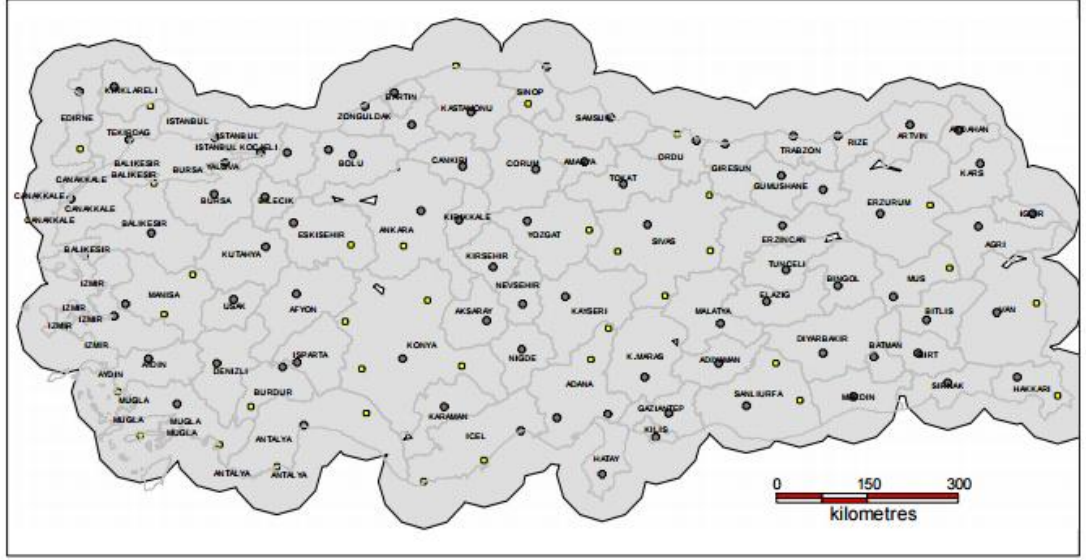
CORS-TR projesi ile Türkiye'nin her yerinde konum belirleyebilmek hedeflemiştir. İstasyonlar arasındaki uzaklıklar ne kadar küçük olursa o kadar hızlı ve duyarlı konum belirlenebilecektir. CORS-TR'nin asıl hitap ettiği yer kadaströ ve mühendislik ölçüleri olduğundan birkaç dakikada cm mertebesinde konum belirlemek olduğu gözönünde bulundurularak CORS istasyonları arası mesafenin 150 km'ye kadar olma olanağı değerlendirilmiştir. Bununla birlikte sistemin en yaygın kullanılacağı ve daha yüksek duyarlılık isteyen kentlerde istasyonlar sıklaştırılmıştır (örneğin; 60 km aralıklarda istasyonlar).



Şekil 4.260 km mesafeli CORS istasyonları ve RTK kapsamı (30 km yarıçap)



Şekil 4.3100 km mesafeli CORS istasyonları ve RTK kapsamı (50 km yarıçap)



Şekil 4.4 150 km mesafeli CORS istasyonları ve RTK kapsamı (75 km yarıçap)

CORS-TR projesinin temel amacı;

- Coğrafi bilgilerin en önemli parçası olan koordinatların ülke genelinde hızlı, ekonomik ve duyarlı olarak belirlenmesini sağlayacak bir sistemin geliştirilmesi,
- Eski sistemdeki coğrafi bilgilerin yeni sisteme aktarılmasını sağlayacak modellerin ve parametrelerin belirlenmesidir(TUSAGA-Aktif Rapor, 2009).

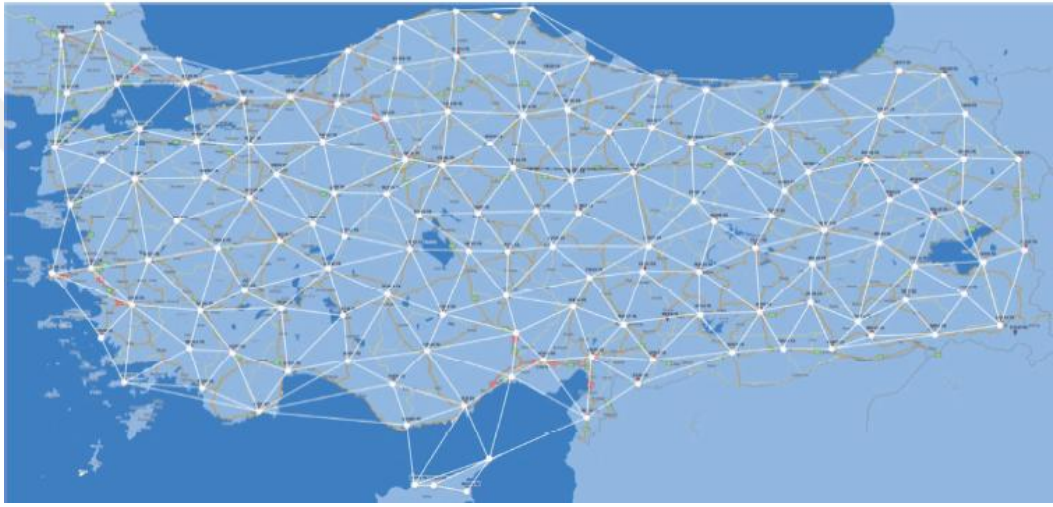
CORS-TR projesi sayesinde;

- Türkiye genelinde coğrafi konumları, 24 saat süreyle dakikalarda hatta saniyelerde hem gerçek zamanda (RTK) hem de sonradan hesapla cm'ler duyarlığında hızlı, ekonomik ve sağlıklı olarak belirlenebiliyor,
- Metre altında duyarlıkta navigasyon sağlanabiliyor,
- Ulusal hücresel dönüşüm parametrelerini belirlemek ve temel datum dönüşümü sorununu çözmek, ED50 datumundaki harita ve kadastro ölçülerinin ve paftalarının halen kullanılmakta olan ITRF datumuna aktarımı yapılabilir,
- Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi ve iyonosferi modellemek ve daha sağlıklı meteorolojik tahminlere katkı sağlanabiliyor,
- Türkiye'de tektonik (plaka) duyarlı ve sürekli olarak izlenmesini gerçekleştirmek, deformasyon miktarlarını mm'ler duyarlığında belirlenebiliyor.

4.1.1. TUSAGA-Aktif istasyonları

Türkiye kendi koşullarına göre düşünüldüğünde; istasyon noktalarının birbirlerine göre mesafesinin en az 100 km olmasına, bu istasyon noktalarının çoğunlukla kullanıcıların yoğun olduğu il merkezlerine konulmasına, noktaların zeminlerinin sağlam olmasına, noktaların plaka hareketlerinin izlenmesi için olanak sağlayan yerlere konulmasına dikkat edilmiştir (Eren,2009).

Bu kriterlere bakılarak toplamda 146 adet TUSAGA-Aktif istasyonu kurulmuştur. Bu istasyon yerleri (Şekil 4.5) 'de gösterilmiştir (Yıldırım ve diğ., 2010).



Şekil 4.5CORS-TR istasyonları (146 istasyon, 80-100 km mesafelerde)

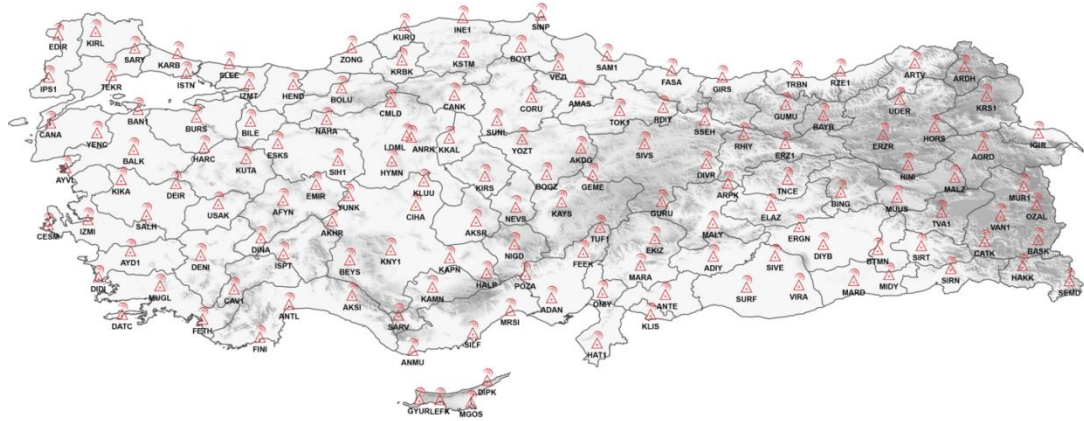
TUSAGA-Aktif İstasyonlarının ITRF 96 2005.0 Sistemindeki Güncel Koordinat ve Hızları									
Nokta	Coğrafi Koordinatlar			Kartezyen Koordinatlar			Hızlar		
	φ (° ' ") Enlem	λ (° ' ") Boylam	h (m) Yükseklik	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vx (m/y)	Vy (m/y)	Vz (m/y)
ADAN	37 00 12.597580	35 20 37.368046	60.5178	4159895.21360	2950137.39261	3817739.72459	-0.01021	0.00915	0.00293
ADIY	37 44 45.089732	38 13 46.845478	711.09722	3967201.78946	3125208.90445	3883612.44465	-0.02377	0.00472	0.01564
AFYN	38 44 18.102523	30 33 39.611755	1072.27599	4290278.45786	2533323.84159	3970373.97156	-0.00688	0.00042	0.00393
AGRD	39 43 03.221907	43 01 58.348952	1672.58482	3592016.19064	3353464.56028	4054981.87092	-0.02352	0.01507	0.00928
AKDG	39 39 36.575036	35 52 17.916737	1404.81634	3985177.07014	2881782.35537	4049905.31060	-0.01256	-0.00148	0.01149
AKHR	38 22 09.378172	31 25 47.071925	1046.39826	4273150.89652	2611388.08068	3938311.84263	-0.00812	-0.00056	0.00088
AKSI	37 02 51.777492	31 47 14.988496	1193.43622	4333132.53924	2685347.08048	3822339.97039	-0.01295	0.00710	0.00302
AKSR	38 22 13.403468	33 59 53.337054	1005.78962	4151746.03721	2800192.93635	3938383.96154	-0.01404	-0.00093	0.00789
AMAS	40 39 56.486391	35 50 57.460977	443.61307	3927328.13429	2837618.04457	4134622.57774	-0.01618	0.00212	0.01144
ANMU	36 04 08.452571	32 51 54.382913	39.64458	4335426.32067	2800969.21443	3734407.62364	-0.01516	0.00883	0.00792
ANRK	39 51 21.472530	32 50 46.326654	1231.27834	4119925.65215	2659815.33773	4066510.60688	-0.00773	-0.00095	0.00774
ANTE	37 03 53.857181	37 22 24.993718	886.88332	4050047.38655	3093540.15943	3823682.75206	-0.02353	0.00588	0.01601
ANTL	36 53 18.414819	30 39 59.128458	88.75269	4393226.82441	2605026.36248	3807552.40116	-0.00980	0.00847	0.00296
ARHD	41 06 40.538239	42 41 56.622128	1834.06868	3537827.61218	3264506.09060	4172946.49377	-0.02395	0.01486	0.00743
ARPK	39 02 26.135093	38 29 14.352033	1243.50359	3883559.29587	3087719.53748	3996601.45422	-0.01773	-0.00074	0.01290
ARTV	41 10 30.350233	41 49 05.938705	662.39211	3583454.81330	3206040.31456	4177515.50939	-0.02900	0.01666	0.00834
AYD1	37 50 26.614941	27 50 16.383169	101.8293	4459716.78960	2355111.72988	3891560.42304	-0.00041	0.00409	-0.00589
AYVL	39 18 41.192864	26 41 10.240252	54.2555	4415163.36654	219261.44253	4019162.61506	-0.00256	0.00372	-0.00140
BALK	39 38 21.714441	27 53 37.072453	202.4916	4347061.60088	2301032.01285	4047360.22281	-0.00509	0.00120	0.00343
BAN1	40 20 55.144733	27 58 29.806679	98.17212	4299018.02189	2283417.70384	4107629.52798	-0.00417	0.00398	0.00549
BASK	38 02 36.397097	44 01 02.293798	2312.24048	3618144.31962	3496113.69632	3910667.65452	-0.02557	0.00504	0.02031
BAYB	40 15 00.541030	40 11 29.167525	1709.04917	3724825.07487	3146766.94886	4100328.40018	-0.02225	0.01484	0.00818
BEYS	37 40 38.283585	31 44 47.581601	1187.46024	4298980.61314	2659931.99914	3877883.26147	-0.00950	0.00428	0.00462
BILE	40 08 29.257520	29 58 38.610770	584.32601	4229802.39475	2439852.69621	4090382.20972	-0.00612	-0.00111	0.00452
BING	38 53 07.629105	40 30 02.819417	1183.52907	3780877.89603	3229264.16521	3983169.49595	-0.02023	0.00342	0.01552
BOGZ	39 11 36.991260	35 15 18.359746	1106.73918	4042636.10369	2857592.32548	4009697.44521	-0.01678	-0.00213	0.00764
BOLU	40 44 00.742584	31 36 07.317668	789.24241	4122737.13733	2536526.43335	4140560.70693	-0.01201	0.00694	0.00894
BOYT	41 27 39.742815	34 47 47.977183	404.68415	3931121.57385	2731860.85909	4201198.45377	-0.01994	0.01421	0.00640
BTMN	37 51 48.964645	41 09 16.140349	650.78732	3796501.16567	3318261.82633	3893902.15998	-0.02365	0.00550	0.01875
BURS	40 12 51.304960	29 00 54.825109	183.28489	4265347.97372	2365803.28334	4096299.29281	-0.00634	-0.00042	0.00437
CANA	40 06 40.337091	26 24 51.610835	141.22906	4374891.44656	2173079.55867	4087527.73874	-0.00527	0.00518	0.00121
CANK	40 36 30.872662	33 36 37.369340	794.94243	4038848.25371	2684459.21784	4130037.96522	-0.00999	0.00060	0.00804
CATK	38 00 26.440248	43 03 38.494565	1527.91514	3677361.01457	3436484.60128	3907027.16773	-0.02769	0.00554	0.02013
CAV1	37 09 33.328868	29 41 18.770768	1109.99434	4422030.80013	2521110.50188	3832164.16949	-0.00400	0.00728	0.00275
CESM	38 18 13.735766	26 22 21.253449	52.45361	4490049.34978	2226201.25169	3931995.65071	0.00216	0.00667	-0.00955
CIHA	38 39 01.392358	32 55 20.660456	1012.71284	4187342.48310	2711236.70890	3962713.14115	-0.01042	0.00038	0.00696
CMLD	40 29 27.478407	32 28 28.254778	1274.15937	4098740.53728	2608623.41857	4120424.38561	-0.00683	0.00049	0.00576
CORU	40 34 13.479160	34 58 55.932893	922.09654	3975761.90264	2782018.50071	4126901.92300	-0.01244	0.00153	0.00969
DATC	36 42 30.862273	27 41 30.604746	59.17644	4533056.99938	2379084.11043	3791550.39287	-0.00064	0.01181	-0.01631
DEIR	39 02 05.462790	28 38 54.257909	890.91305	4354177.87423	2378749.05337	3995884.14058	-0.00332	0.00017	0.00199
DENI	37 45 43.566395	29 05 31.682993	471.08078	4412026.33276	2454909.06643	3884891.07745	0.00111	0.00514	0.00119
DIDI	37 22 19.668316	27 16 07.179422	79.26841	4511088.98854	2325222.78052	3850343.51153	0.00293	0.00766	-0.01240
DINA	38 04 10.068030	30 09 58.809293	917.90835	4347405.99783	2526832.31698	3912082.83237	-0.00626	0.00201	0.00207
DIPK	35 32 12.829252	34 11 40.791465	155.27787	4297914.34683	2920274.50945	3686590.23159	-0.01661	0.00958	0.01100
DIVR	39 23 39.544707	38 06 13.981624	1087.60445	3884499.27531	3046261.71514	4026933.23443	-0.01637	-0.00019	0.01340
DIYB	37 57 15.900590	40 11 14.973476	773.67549	3847302.97210	3249783.74015	3901931.58573	-0.02270	0.00511	0.01828
EDIR	41 40 36.161667	26 33 03.636982	98.1979	4267856.19918	2132620.90863	4218916.87155	-0.02104	0.01598	0.00709
EKIZ	38 03 31.794384	37 11 16.585676	1325.04227	4006747.03342	3039957.52536	3911404.58282	-0.01780	0.00171	0.01254
ELAZ	38 38 40.821200	39 15 23.275492	1027.4092	3862979.12565	3156913.29485	3962226.82855	-0.01744	-0.00119	0.01317
EMIR	39 01 19.883784	31 08 38.492976	1057.67191	4247338.73430	2566611.85900	3994897.10119	-0.00640	-0.00002	0.00515
ERGN	38 16 10.574758	39 45 29.493357	987.81838	3855072.03382	3207162.19603	3929594.19868	-0.02312	0.00416	0.01805
ERZ1	39 44 45.014866	39 30 22.026457	1238.25632	3789694.38525	3124662.72383	4057119.18481	-0.01744	0.00506	0.01011
ERZR	39 54 20.189896	41 15 19.676499	1915.00942	3684388.57517	3231743.89405	4071179.89984	-0.02280	0.01476	0.00920
ESKS	39 44 44.470759	30 27 49.002721	850.75207	4233442.93855	2490068.30585	4056858.51658	-0.00583	-0.00104	0.00463
FASA	41 02 43.897724	37 29 05.092458	40.97648	3822604.24338	2931571.01756	4166264.59215	-0.02142	0.01386	0.00771
FECK	37 48 54.414308	35 54 44.375136	600.29552	4086437.89183	2959427.72872	3889620.69649	-0.01650	0.00282	0.01184
FETH	36 37 34.349054	29 07 25.585738	37.32662	4476942.23681	2494267.75233	3784205.84302	-0.00464	0.00938	-0.00612
FINI	36 18 07.982883	30 08 47.074657	36.35717	4450189.59557	2584502.86723	3755291.14754	-0.01112	0.01147	0.00268
GEME	39 11 06.473790	36 04 51.041909	1214.79472	4001582.54895	2915955.50331	4009036.16690	-0.01262	-0.00155	0.01122
GIRS	40 55 21.464654	38 23 17.364634	81.27645	3782947.62999	2997054.39431	4155987.95513	-0.02273	0.01385	0.00743
GUMU	40 26 13.462756	39 30 58.219908	1248.53298	3751012.95754	3093875.08759	4115853.76533	-0.02145	0.01510	0.00826
GURU	38 43 02.465607	37 18 28.328153	1357.43949	3964282.89852	3020834.78092	3968732.49743	-0.01658	0.00065	0.01252

GYUR	35 12 04.492535	32 59 22.086152	78.98176	4376414.34486	2840933.15293	3656179.06195	-0.01866	0.01101	0.00704
HAKK	37 34 27.538574	43 44 20.861480	1758.03931	3657828.77420	3500279.40268	3869176.60807	-0.02234	0.01414	0.00432
HALP	37 26 42.290062	34 11 00.150876	1252.50102	4195041.32934	2849168.09551	3857488.10334	-0.01464	0.00439	0.01064
HARC	39 40 39.877165	29 09 09.937024	712.52829	4293416.42539	2394865.92908	4050966.42231	-0.00616	-0.00101	0.00423
HAT1	36 12 00.065757	36 09 20.955878	132.32391	4160635.18270	3040200.79971	3746202.50328	-0.02121	0.00787	0.01541
HEND	40 47 41.968479	30 44 26.693239	208.53374	4156191.54529	2471765.54917	4145350.57818	-0.01675	0.01256	0.00554
HINI	39 22 07.634705	41 41 44.833459	1742.62255	3687743.00521	3285172.78869	4025157.47236	-0.02570	0.01183	0.01004
HORS	40 02 29.926900	42 10 02.376499	1592.32732	3625113.34776	3283287.11393	4082551.25285	-0.02513	0.01506	0.00986
HYMN	39 26 05.008473	32 29 44.571020	1261.5391	4161311.88079	2650610.45934	4030510.13163	-0.00823	-0.00038	0.00549
IGIR	39 55 45.122691	44 01 05.705197	884.28511	3522555.15039	3403861.15861	4072528.05387	-0.02679	0.01574	0.00980
INE1	41 58 44.400657	33 45 46.299822	98.13775	3947751.21868	2639084.99766	4243935.79434	-0.02213	0.01383	0.00943
IPS1	40 55 17.275346	26 23 07.829317	66.50099	4323568.78371	2144875.31854	4155880.62824	-0.01634	0.01738	0.00696
ISPT	37 47 06.321726	30 34 01.119968	1032.13062	4346416.19493	2567083.33782	3887251.73905	-0.00656	0.00244	0.00158
ISTN	40 59 27.462292	28 49 53.882694	77.05219	4223661.03623	2325014.97889	4161716.16387	-0.01852	0.01663	0.00687
IZMI	38 23 41.307452	27 04 54.559330	74.93568	4456584.31163	2278765.52673	3939930.84981	0.00085	0.00299	-0.00534
IZMT	40 48 07.121388	29 57 03.361068	326.07407	4189506.34862	2414031.29254	4146014.76773	-0.01585	0.01390	0.00619
KAMN	37 11 35.617978	33 13 12.976968	1057.00678	4256387.88200	2787453.45934	3835136.47240	-0.02364	-0.00056	0.00194
KAPN	37 42 52.792635	33 31 36.936114	1039.51112	4212053.56359	2790745.01928	3881074.76378	-0.02004	-0.00034	0.00677
KARB	41 20 49.626317	28 40 57.975218	93.58674	4206855.66530	2301542.27520	4191502.30733	-0.01822	0.01808	0.00657
KAYS	38 42 30.139520	35 31 28.059161	1138.77584	4056743.63349	2896261.00141	3967817.78707	-0.01538	0.00023	0.01007
KIKA	39 06 21.568900	27 40 19.940203	241.20924	4389217.28171	2301675.16324	4001606.82527	-0.00215	0.00182	0.00009
KIRL	41 44 17.238502	27 13 04.616366	280.61107	4238828.79887	2180140.98921	4224130.38551	-0.01838	0.01816	0.00661
KIRS	39 09 52.647180	34 09 19.756026	1063.64	4098385.60160	2780607.92625	4007175.41611	-0.01080	-0.00062	0.00868
KKAL	39 50 35.754578	33 31 04.381701	794.56808	4088935.96101	2708243.46828	4065148.07311	-0.00931	-0.00044	0.00784
KLIS	36 42 30.959868	37 06 43.832509	681.92627	4082921.95900	3089253.76629	3791925.05061	-0.02257	0.00501	0.01746
KLUU	39 04 44.767989	33 03 55.308533	1052.31531	4155559.19598	2705396.68516	3999801.18637	-0.00942	0.00125	0.00845
KNY1	37 51 33.833244	32 28 34.878121	1085.34412	4254239.00713	2707781.60681	3893800.50055	-0.05541	-0.03671	-0.02486
KRBK	41 13 53.843946	32 40 33.336439	435.54309	4043710.77280	2593617.59348	4182089.64534	-0.01944	0.01502	0.00759
KRS1	40 35 18.425692	43 05 36.396040	1811.73899	3542999.81593	3314720.18212	4129002.51336	-0.02399	0.01598	0.01026
KSTM	41 22 16.436803	33 46 31.818394	835.39586	3984936.85599	2665216.30590	4194002.77661	-0.02080	0.01361	0.00736
KURU	41 50 46.050781	32 43 03.869575	74.41114	4003510.57921	2571959.07486	4232936.93899	-0.02076	0.01559	0.00732
KUTA	39 28 51.115193	29 53 55.881211	1076.35948	4274186.13852	2457652.46885	4034348.40770	-0.00573	-0.00042	0.00452
LDML	39 53 13.927591	32 45 31.022701	976.49662	4121952.12329	2652205.22838	4069009.65112	-0.00649	-0.00089	0.00695
LEFK	35 11 42.169039	33 21 10.453063	180.50374	4358706.51829	2868899.66428	3655675.39103	-0.01789	0.01113	0.01015
MALY	38 20 15.700708	38 13 00.801933	985.89984	3936259.64481	3099410.17414	3935525.12945	-0.01869	0.00035	0.01350
MARA	37 34 50.716146	36 55 52.079402	616.75302	4045897.87468	3041185.23451	3869047.03361	-0.01872	0.00469	0.01425
MARD	37 18 37.801192	40 43 41.829508	1064.13712	3849706.84646	3314578.29375	3845502.42188	-0.02271	0.00703	0.01929
MGOS	35 08 44.953772	33 54 26.595384	49.77783	4333261.05389	2912641.66794	3651135.65960	-0.01876	0.01058	0.01137
MIDY	37 25 02.637413	41 21 26.643512	977.71085	3807624.21609	3351844.29947	3854881.05006	-0.02304	0.00680	0.01947
MLZ1	39 08 45.245375	42 32 26.064511	1571.72958	3650349.12806	3349687.24712	4005884.10234	-0.02919	0.01363	0.01026
MRSI	36 46 51.600063	34 36 09.332599	40.49614	4209893.97983	2904492.46270	3797979.74237	-0.01583	0.00557	0.01013
MUGL	37 12 58.889704	28 21 51.983933	713.67175	4475459.01302	2416283.16188	3836973.80947	0.00066	0.00752	-0.00681
MUR1	38 59 30.954543	43 45 45.236218	1734.03568	3585956.41625	3434313.92333	3992711.97346	-0.02447	0.01834	0.01162
MUUS	38 47 35.654561	41 30 07.779135	1287.68361	3728734.24940	3299156.10418	3975259.57024	-0.02243	-0.00161	0.01326
NAHA	40 10 23.892662	31 19 55.515826	705.51503	4169069.13581	2538032.81728	4093162.95073	-0.00550	-0.00088	0.00621
NEVS	38 36 59.634079	34 42 10.604526	1292.45334	4103186.20042	2841492.93445	3959954.41146	-0.01276	0.00075	0.01061
NIGD	37 57 31.571386	34 40 45.971684	1252.32608	4141537.59949	2865538.07164	3902607.01094	-0.01373	0.00280	0.01095
ONIV	37 06 07.892884	36 15 13.886202	127.19189	4107230.24652	3011971.00154	3826521.26249	-0.01814	0.00406	0.01225
OZAL	38 39 26.324858	43 59 19.244420	2037.25055	3589305.90975	3464782.10832	3963953.61806	-0.02958	0.00582	-0.01771
POZA	37 25 19.604679	34 52 17.978658	826.40077	4161506.69902	2900048.29379	3855204.60554	-0.01446	0.00482	0.01136
RDIY	40 23 06.844972	37 20 08.400735	539.81613	3868550.43955	2950853.23577	4111010.82960	-0.01729	0.00524	0.01079
RHIY	39 54 22.002569	38 46 14.876714	1626.85705	3820827.05673	3068819.02032	4071037.94037	-0.01648	0.00294	0.01088
RZE1	41 02 12.825296	40 29 35.131378	70.699	3663979.08752	3128569.85773	4165561.13585	-0.02603	0.00998	0.00305
SALH	38 28 59.123180	28 07 24.765596	156.16836	4409101.61820	2356570.05889	3947657.34324	-0.00495	-0.00267	-0.00421
SAM1	41 18 30.576407	36 20 01.544972	53.36964	3865237.74853	2842807.58969	4188254.38929	-0.02078	0.01439	0.00805
SARV	36 41 47.945667	32 37 02.119204	1569.95656	4313738.36816	2760581.60721	3791392.53609	-0.01448	0.00664	0.01177
SARY	41 26 34.685727	27 54 59.163570	198.86966	4231111.46707	2241812.29112	4199557.82286	-0.01842	0.01762	0.00625
SEMD	37 18 18.518051	44 34 25.996177	1422.93739	3619196.63058	3565760.68386	3845246.95748	-0.02632	0.00417	0.01860
SIH1	39 26 47.472717	31 32 10.500183	1127.28353	4204315.38286	2580068.09275	4031436.41118	-0.00603	-0.00060	0.00536
SILF	36 22 54.803833	33 56 11.045010	52.75436	4265286.76646	2870088.89956	3762422.19019	-0.01582	0.00798	0.00914
SINP	42 01 48.843361	35 09 14.201209	54.57622	3879379.59968	2731933.87987	4248135.43302	-0.02260	0.01414	0.00573
SIRN	37 31 30.094651	42 27 24.635715	1459.31278	3737528.51040	3419638.42452	3864656.22654	-0.02128	0.00567	0.01393
SIRT	37 55 54.864393	41 56 08.050762	916.61162	3747604.79398	3366735.34725	3900048.83262	-0.02591	0.00455	0.01677
SIVE	37 45 08.619815	39 19 45.380294	830.83568	3906227.05270	3200543.83669	3884259.43665	-0.02325	0.00542	0.01688
SIVS	39 44 37.315613	37 00 08.980232	1325.49031	3922745.13038	2956268.25521	4056992.34181	-0.01333	-0.00114	0.01244
SLEE	41 10 07.424833	29 36 02.454680	127.81574	4180827.67192	2375106.48618	4176631.19432	-0.01834	0.01801	0.00317
SSEH	40 09 44.903018	38 04 29.620494	1200.95271	3843143.95895	3010691.44081	4092563.41603	-0.01650	0.00394	0.01166

SUNL	40 09 14.321877	34 22 08.076455	807.30196	4029961.97593	2756161.78882	4091588.55108	-0.01104	-0.00124	0.00852
SURF	37 11 30.646456	38 49 04.881713	680.76492	3964029.90103	3189215.35690	3834786.92886	-0.02222	0.00427	0.01765
TEKR	40 57 30.004522	27 29 47.387257	48.78749	4278776.84536	2227057.71118	4158961.96887	-0.01667	0.01777	0.00522
TNCE	39 06 34.822919	39 32 44.277465	1019.12376	3822004.03071	3155732.83222	4002414.70942	-0.01703	0.00033	0.01286
TOK1	40 19 51.542497	36 33 26.881205	662.71516	3911480.33348	2900418.97469	4106499.56059	-0.01384	-0.00092	0.01173
TRBN	41 00 19.473874	39 42 41.361316	85.34728	3708089.38862	3079771.40719	4162932.56249	-0.02281	0.01461	0.00755
TUF1	38 15 37.958965	36 12 30.409522	1504.76376	4047077.71839	2962929.49236	3929124.58486	-0.01512	0.00337	0.01246
TVA1	38 31 46.720865	42 17 26.819225	1718.07364	3696746.91271	3362693.98050	3952674.44985	-0.02400	0.00444	0.01506
UDER	40 31 52.619463	41 32 51.183395	1131.78129	3633837.08353	3220327.80329	4123736.29518	-0.02384	0.01490	0.00771
USAK	38 40 45.167807	29 24 18.795240	965.99166	4344010.35469	2448245.57784	3965182.95016	-0.00216	0.00185	0.00216
VAN1	38 28 09.613294	43 20 44.922763	1693.30382	3637221.32311	3433038.89969	3947418.41131	-0.03563	-0.00748	0.01918
VEZ1	41 08 16.801524	35 27 59.963342	372.98313	3918174.86036	2791368.06059	4174222.88746	-0.01879	0.01157	0.00895
VIR1	37 13 50.012600	39 45 06.117390	602.54200	3909489.58290	3251684.31850	3838161.68040	-0.02180	0.00460	0.01850
YENC	39 56 09.380717	27 14 30.141130	333.86382	4354315.05486	2241822.14554	4072748.50634	-0.00488	0.00367	0.00041
YOZ1	39 49 53.198540	34 50 41.016380	1455.68100	4026235.10670	2802970.05070	4064563.57310	-0.01050	-0.00290	0.00950
YUNK	38 49 13.676026	31 43 34.594391	1192.05103	4233095.38938	2617095.59278	3977555.53593	-0.00717	0.00025	0.00435
ZONG	41 26 58.292170	31 46 41.414175	168.14031	4070091.44899	2521417.30543	4200083.39687	-0.02412	0.01434	0.00172

Şekil 4.6 146 adet CORS-TR istasyonu

Sistemin amacı; Tüm ülke ve K.K.T.C.(Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti) genelinde 146 istasyon (Şekil 4.6) ile 24 saat gerçek zamanda (RTK) coğrafi konumunu duyarlılığında belirlemek, kadastro ve halihazır haritaları Uluslararası Koordinat Sistemine (ITRF) dönüştürmektir (Ekin, 2012).



Şekil 4.7TUSAGA-Aktif istasyon yerleri

Ülke genelinde inşa edilen 146 pilyenin boyutlarına göre dağılımları;

- 85 tane 2 m pilye (zeminler dahil),
- 58 tane 3 m pilye,
- 3 tane 4 m pilyedir.

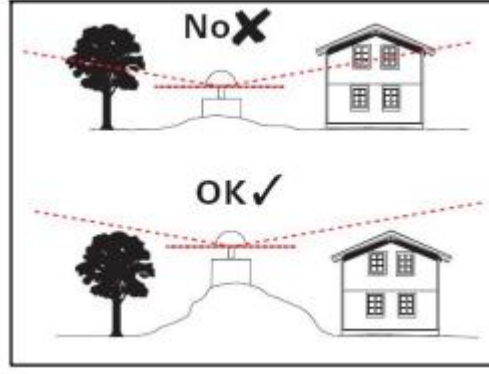


Şekil 4.8TUSAGA-Aktif tesis örnekleri

Zemin, tesis, enerji, iletişim vb gibi hususlar gözönünde bulundurularak CORS istasyonlarının yerlerinin seçiminde aşağıdaki kıstaslar esas alınmıştır:

- Ufkun açık olması (Şekil4.8),
- Sağlam zemin (heyelan bölgesi dışında) olması,
- Multipath olmaması,
- Elektrik bulunması,
- Telefon, ADSL ve/veya GPRS/EDGE İletişim olanaklarının bulunması,
- Anten, alıcı ve çevre güvenliğinin sağlanmış olması,
- Bakım için girişçıkışa müsait olması,
- Alıcının muhafaza edileceği mekan bulunması,
- Ekonomik olması.

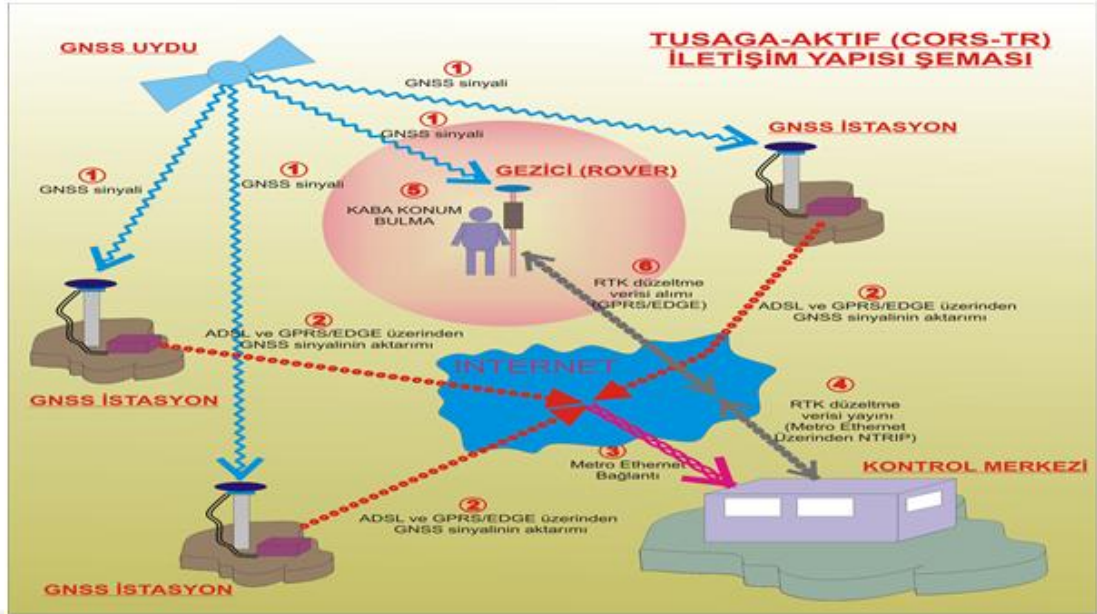
Yani GPS referans istasyonları, 24 saat gözlem yapacak özellikte, elektrik, telefon ve internet donanımlı emin, ufku açık yerlerde konumlanacaktır. Bunun için en uygun yerler olarak öncelikle kamu binalarının çatıları olarak düşünülmektedir.



Şekil 4.9GPS ölçüleri ve ufuk açıklığı

4.1.2. TUSAGA-Aktif çalışma prensibi

CORS sisteminde, tüm ülkeyi kaplayan koordinatları bilinen referans istasyonlarına yerleştirilen GNSS (Global Navigation Satellite System) alıcılarının gözlemleri, bir kontrol merkezine Türk Telekom altyapısı olan ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line, Asimetrik Sayısal Abone Hattı) veya Turkcell GPRS (General Package Radio Service, Genel Paket Radyo Sinyali) /EDGE (Enhanced Data For GSM Evolution, GSM sistemi için geliştirilmiş Veri Aktarımı) üzerinden iletilmekte; kontrol merkezinde atmosfer ve diğer hatalar modellenerek RTK/DGPS (Differential Global Positioning System, Farksal Küresel Konum Sistemi) düzeltmeleri gerçek zamanda hesaplanıp RTCM (The Radio Technical Commission For Maritime Services) formatında GPRS/EDGE üzerinden konumlama için gezici GNSS alıcılarına gönderilmektedir. (Şekil4.9.)(TUSAGA-Aktif Rapor, 2009).



Şekil 4.10CORS-TR iletişim altyapısı

Aktif CORS modellenmeleri yaygın olarak üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

4.1.2.1. FKP alan düzeltme tekniği

FKP (Flachen Korrektur Parameter) ismiyle olan düzeltmede tüm CORS ağı kullanılarak her sabit istasyonda atmosferik düzeltmeler ve taşıyıcı faz düzeltmeleri hesaplanmaktadır. Böylelikle;

- Düzeltmeler gezici tarafından kullanılabilir
- Çift/tek yönlü iletişim yeterli olmaktadır
- Kullanıcı sayısında bir sınırlama söz konusu bile olmamaktadır.

FKP ile konumunu bildiğimiz referans istasyonu ile gezici arasındaki uzaklıklardan kaynaklı hatalar hesaplanabilmektedir(TUSAGA-Aktif Rapor, 2009).

4.1.2.2. VRS tekniği

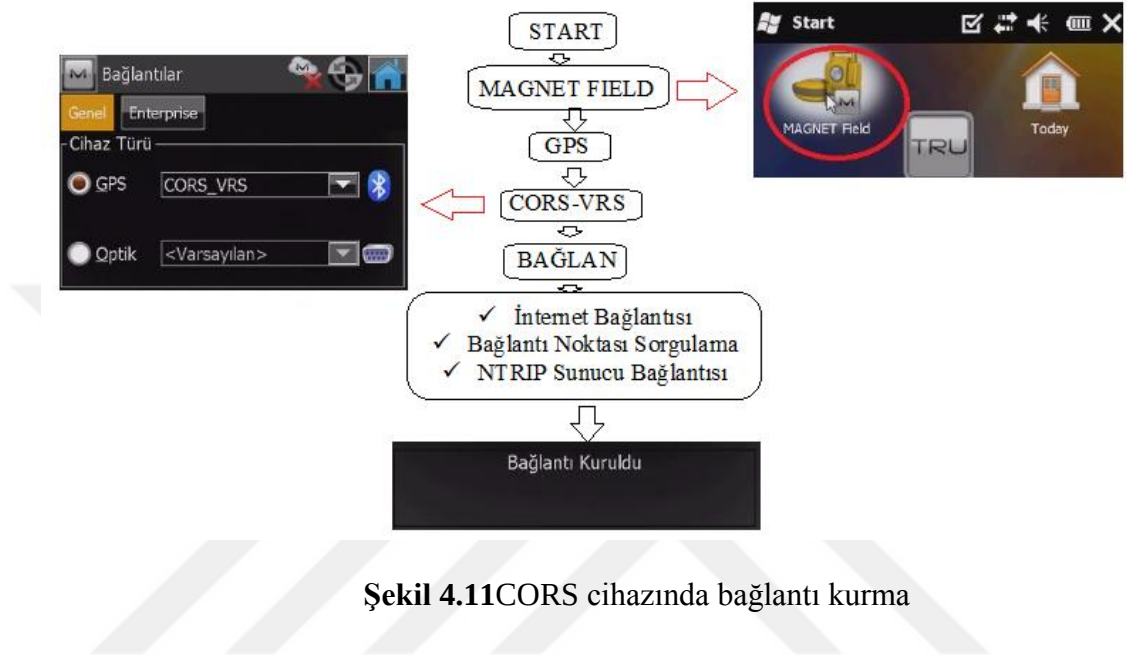
VRS (Virtual Reference Stations) uygulamasının ön koşulu CORS ağındaki kontrol merkezi ile gezici arasındaki çift yönlü iletişimdir.

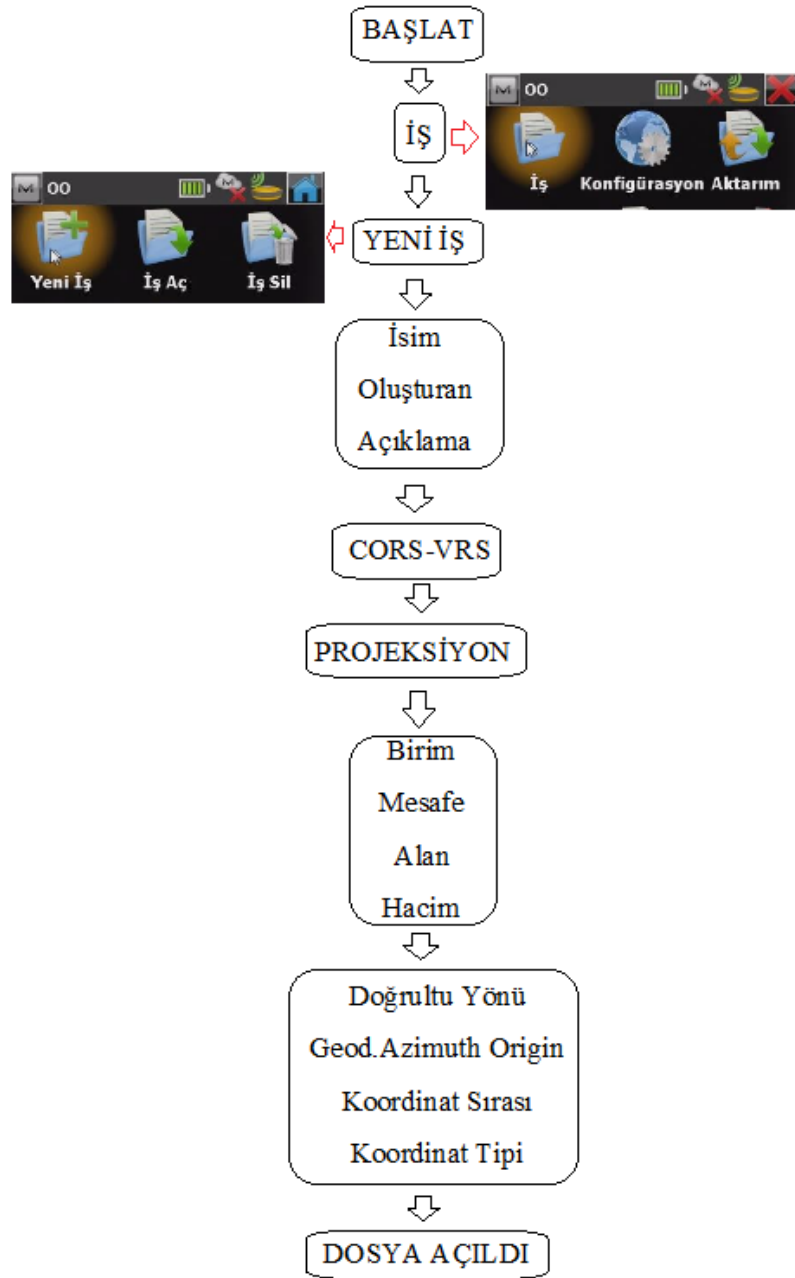
Gezici yaklaşık koordinatlarını kontrol merkezine göndermekte ve merkez de tüm ağ bilgilerini kullanarak söz konusu olan gezicinin konumu için VRS referans verilerini oluşturmaktadır.

Merkezde oluşturulan VRS düzeltmeleri oluşturulduktan sonra RTCM ile geziciye gönderilmektedir(TUSAGA-Aktif Rapor, 2009).

4.1.2.3. MAC tekniği

MAC (Master Auxiliary Concept) RTCM 3x ağ formatının temelini oluşturan düşünce alt_ağ ölçü verilerinin sıkıştırılmış olarak geziciye gönderilmesi ve gezicinin farklı hata kaynakları için kendi ağ hesaplarını yapmasını sağlamaktır(TUSAGA-Aktif Rapor, 2009).





Şekil 4.12 CORS cihazında yeni dosya açma



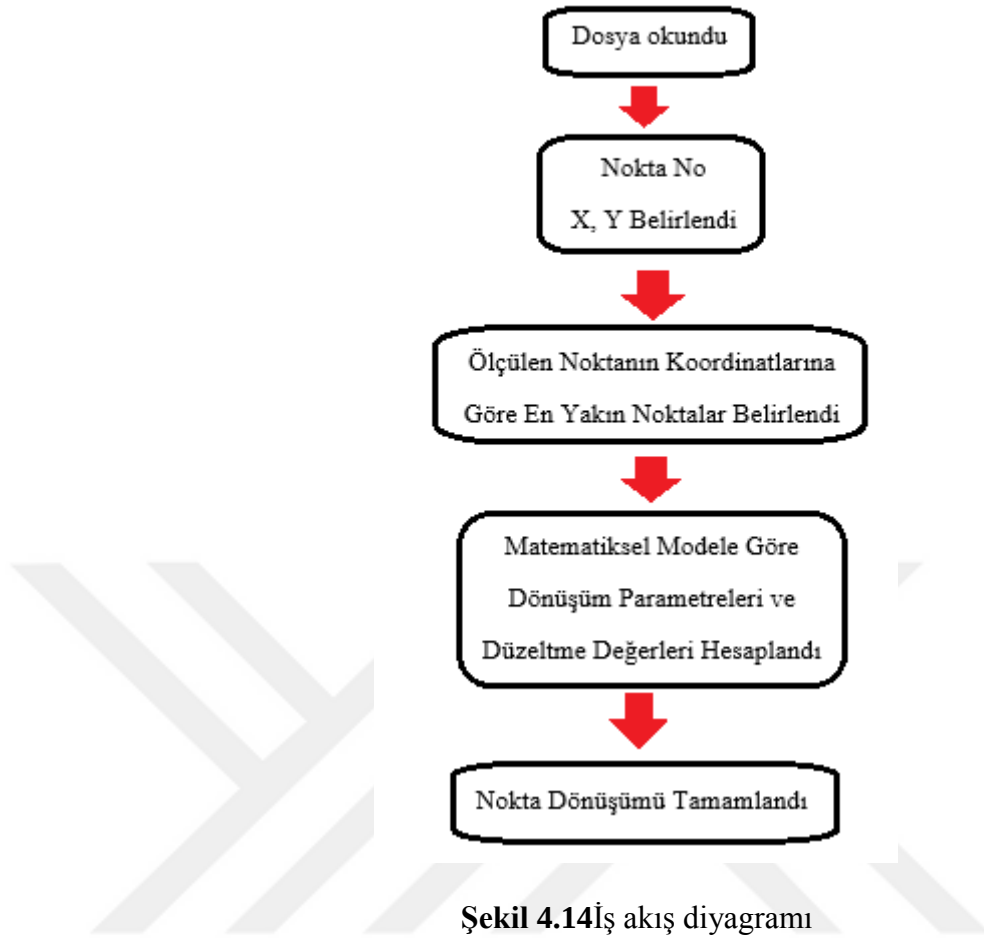
Şekil 4.13CORS cihazı dosya aktarma

4.2.Uygulama Çalışması

4.2.1. İki boyutlu benzerlik ve afin dönüşümü

Bu çalışmanın amacı belirlenen bir çalışma alanı içinde yapılan herhangi bir ölçümde o noktaya en yakın olan 10 tane noktanın belirlenmesi ve bu noktaların ITRF ve ED-50 koordinatlarını kullanarak dönüşüm parametrelerini hesaplayarak ölçüm yaptığımız noktanın koordinatlarından diğer koordinat sistemine geçiş yapılmasıdır.

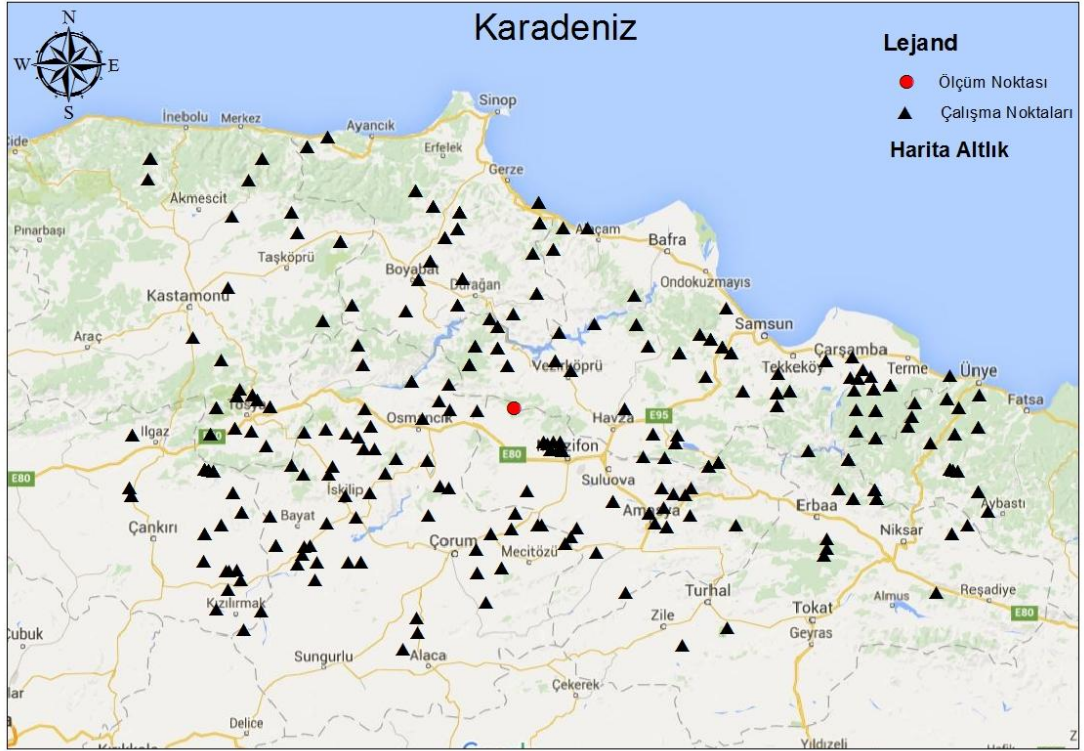
Bu çalışma Matlab programlama dilinde yazılmıştır. Yapılan işin akış şeması şekilde gösterilmektedir.



4.2.1.1. Uygulama alanı

Uygulama da iki boyutlu benzerlik ve afin dönüşümünün yapılmış ve ilk olarak çalışma alanına karar verilmiştir. Çalışma alanı olarak Samsun, Sinop, Amasya ve Ordu illeri seçilmiştir. Çalışma alanının içinde kalan noktalar Samsun Tapu ve Kadastro Bölge Müdürlüğü'nden c_1 , c_2 ve c_3 noktaları alınmıştır. Bu noktalar hem ITRF hem de ED-50 koordinatları olan noktalardır. Bu noktaların üretiliş amacı bölgedeki dönüşüm parametrelerinin hesaplanması içindir.

Bu bağlamda Samsun için 183 nokta, Sinop için 47 nokta, Amasya için 87 nokta ve son olarak da Ordu için 223 nokta olmak üzere toplamda 540 nokta (Şekil 4.14) kullanılmıştır.



Şekil 4.15Uygulama alanı

4.2.1.2.Yapılan uygulama

Kullanılacak noktalar temin edildikten sonra arazide ölçüm yapılmıştır. Çalışma alanının ortalarında yapılan ölçümde çalışmanın 541.noktasının koordinatlarıSağa=479961.288m. Yukarı=4543485.545m.okunmuştur. Matlab programlama dilinde yapılan bu çalışmada ilk olarak arazide ölçülen noktanın her iki koordinat sistemindedeki koordinatını bildiğimiz 540 noktayla arasındaki yatay uzaklık değerlerine göre hesaplatılmış.Yatay mesafe değerinin formülü aşağıda verildiği gibidir.

$$S = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \quad (4.1)$$

Hesaplanan bu yatay uzunluk değerlerinden en küçük olan 10 nokta kullanılarak dönüşüm katsayıları hesabı yapılmıştır.

Yapılan çalışma okunan noktaya en yakın olan 10 nokta aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Çizelge 4.1Okunan noktaya en yakın noktalar

NN	IRTF Koord.		Ed-50 Koord.	
	Sağa(m)	Yukarı(m)	Sağa(m)	Yukarı(m)
61	488412.560	4532366.150	488433.710	4532549.840
349	465827.425	4542713.874	465848.280	4542897.700
347	476040.779	4558087.635	476061.360	4558271.690
55	489568.449	4531529.397	489589.411	4531713.295
352	491627.749	4532185.475	491648.653	4532369.385
60	49016.081	4529506.053	490637.063	4529690.04
353	493969.413	4532116.318	493990.270	4532300.307
58	493980.936	4530627.213	494001.813	4530811.220
59	493448.253	4529963.957	493469.158	4530147.985
54	494503.883	4529096.991	494524.785	4529281.067

Ölçüm noktasına en yakın olan 10 nokta belirlendikten sonra bu noktalarla EKK yöntemine göre benzerlik ve afin dönüşümü, EKMT yöntemine göre benzerlik ve afin dönüşümü yapılmıştır. Dönüşüm parametreleri ve mo değerleri bulunmuştur.

EKK yöntemine göre yapılan benzerlik dönüşümünde mo değeri 0.110 m , EKMT yöntemine göre yapılan benzerlik dönüşümde mo değeri 0.121 m olarak bulunmuştur. Yapılan bu dönüşümlerden bulunan dönüşüm parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.2Benzerlik dönüşümü dönüşüm parametreleri

Dönüşüm Parametreleri	EKK	EKMT
c	163.578	185.368
d	54.314	48.496
a	1.00000366	0.99999905
b	-0.00000776	-0.00000599

Çizelge 4.3Benzerlik dönüşümü düzeltme değerleri

NN	EKK		EKMT	
	Vx(m)	Vy(m)	Vx(m)	Vy(m)
61	-0.231	0.252	0.049	0.166
349	-0.099	-0.021	0.000	-0.023
347	0.093	-0.115	0.025	0,035
55	-0.033	0.050	0.000	0.024
352	0.028	0.057	0.037	0.046
60	-0.033	-0.038	0.010	0.000
353	0.084	-0.004	0.034	0.029
58	0.076	-0.028	0.046	-0.014
59	0.051	-0.055	0.128	0.015
54	0.064	-0.098	0.044	0.000

EKK yöntemine göre yapılan afin dönüşümünde m_0 değeri 0.101 m , EKMT yöntemine göre yapılan afin dönüşümünde m_0 değeri 0.130 m bulunmuştur. Yapılan bu dönüşümlerden bulunan dönüşüm parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.4Afin dönüşümü dönüşüm parametreleri

Dönüşüm Parametreleri	EKK	EKMT
c	134.114	181.925
f	102.540	86.043
a	1.00000980	1.00000159
b	0.00001103	-0.00000980
d	-0.00001729	-0.00001493
e	0.99999340	1.00000558

Çizelge 4.5Afin dönüşümü düzeltme değerleri

NN	EKK		EKMT	
	Vx(m)	Vy(m)	Vx(m)	Vy(m)
61	-0.214	0.239	-0.255	0.281
349	0.051	-0.045	-0,000	0.000
347	-0.008	-0.010	0.172	-0.183
55	-0.019	0.036	-0.063	0.081
352	0.014	0.053	-0.011	0.081
60	-0.011	-0.062	-0.072	0.000
353	0.046	-0.001	0,035	0,016
58	0.052	-0.034	0.024	-0,001
59	0.039	-0.067	0,000	-0.024
54	0.050	-0.112	0.007	-0.065

4.2.2. Üç boyutlu benzerlik dönüşümü

Bu çalışmanın amacı eski ve yeni iki koordinat sistemine sahip üç boyutlu noktaların benzerlik dönüşümüne göre dönüşüm parametrelerini hesaplanmaktadır. Üç boyutlu benzerlik dönüşümü EKK ve EKMT'ye göre yapılmıştır. Çalışma Matlab programlama dilinde yapılmıştır.

Çalışma alanı olarak Samsun ili seçilmiştir. Bu bölgedeki hem ED-50 hem de ITRF koordinat sistemine sahip üç boyutlu noktalar kullanılmıştır. Bu noktaları kullanarak hesaplanacak dönüşüm parametreleri sayesinde bölgede başka bir ölçüm yapıldığında o noktanın eski ve yeni koordinatları arasında geçiş yapılabilecektir.

Bu çalışmada Samsun iline ait 35 adet nokta alınmıştır. Bu noktaların iki sistemdede X,Y ve Z koordinatları bilinmektedir.

Çizelge 4.6Çalışma alanı içindeki noktalar

NN	ED-50 Koor.			ITRF Koor.		
	Yukarı(m)	Sağa(m)	Yükseklik(m)	Yukarı(m)	Sağa(m)	Yükseklik(m)
1	468014.350	4529272.040	863.220	467992.803	4529088.144	898.166
2	464682.730	4532106.670	1049.220	464661.353	4531922.774	1084.365
3	460153.020	4536719.490	1342.250	460131.572	4536535.437	1277.558
4	469289.500	4535770.310	836.530	469267.859	4535586.502	871.616
5	476751.660	4534698.980	884.680	476730.328	4534515.272	919.476
6	476213.050	4530705.370	978.320	476191.601	4530421.590	1013.489
7	476139.840	4526865.600	1060.840	476118.462	4526681.916	1095.553
8	473910.950	4540092.930	770.760	473889.515	4539909.299	806.390
9	472114.780	4533620.720	851.570	472093.122	4533436.943	886.226
10	473348.970	4536887.190	770.290	473327.460	4536703.406	804.986
11	486190.310	4536998.320	956.100	486169.047	4536814.711	990.395
12	480812.500	4534094.290	941.780	480791.112	4533910.595	967.707
13	486595.850	4560493.560	848.380	486574.897	4560309.499	882.608
14	479373.460	4556835.510	983.930	479352.605	4556651.514	1018.062
15	481065.310	4543404.580	828.690	481044.252	4543220.857	863.126
16	483776.330	4548437.060	1037.620	483755.293	4548253.035	1071.922
17	481759.110	4550975.870	848.100	481738.140	4550791.860	881.837
18	479953.840	4548524.500	690.740	478932.904	4548340.654	725.017
19	472282.630	4555593.620	821.250	472261.868	4555409.734	855.558
20	475208.320	4556749.300	896.600	475187.477	4556565.360	930.472
21	468913.120	4550740.410	706.540	468892.153	4550556.567	740.900
22	472859.520	4549838.450	645.950	472838.497	4549654.582	680.306
23	474280.170	4554243.540	794.940	474259.246	4554059.614	829.058
24	476349.490	4547416.670	612.190	476328.581	4547232.885	646.400
25	477985.740	4554670.070	873.740	477964.858	4553486.067	907.845
26	476761.170	4549540.760	604.400	476740.230	4549356.923	638.749
27	477714.800	4544927.260	674.890	477693.768	4544743.595	709.412
28	475417.100	4552411.640	712.680	475396.055	4552227.709	746.842
29	473015.890	4547532.150	616.030	472994.823	4547348.357	650.413
30	476739.990	4541046.110	762.270	476717.628	4540840.611	795.840
31	466374.600	4548309.330	732.990	466353.576	4548125.618	767.527
32	466063.450	4554506.580	477.620	466042.594	4554322.404	511.801
33	487949.070	4554921.140	1332.270	487927.986	4554737.165	1365.881
34	471118.920	4543287.880	854.060	471097.624	4543104.211	888.501
35	459432.456	4548489.324	742.580	459411.637	4548305.522	777.359

Çalışma alanı içinde yapılan arazi ölçümünde 36 numaralı nokta diye düşüneceğimiz noktanın koordinatları Sağa=4539778.820m.Yukarı=467093.090m.Yükseklik=802.460m.olarak ölçülmüştür. Çalışma alanımız içindeki kendi ölçüm yaptığımız noktadan her iki sistemde de koordinatını bildiğimiz noktalar arasında yatay uzaklık hesaplatılmış. Yatay uzaklıkları küçük olan noktalardan seçilen 5 nokta ile dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7Dönüşüm yapılan noktalar

NN	ED-50 Koor.			ITRF Koor.		
	Yukarı(m)	Sağa(m)	Yükseklik(m)	Yukarı(m)	Sağa(m)	Yükseklik(m)
1	468014.350	4529272.040	863.220	467992.803	4529088.144	898.166
2	464682.730	4532106.670	1049.220	464661.353	4531922.774	1084.365
3	460153.020	4536719.490	1342.250	460131.572	4536535.437	1277.558
4	469289.500	4535770.310	836.530	469267.859	4535586.502	871.616
8	473910.950	4540092.930	770.760	473889.515	4539909.299	806.390

Bu yatay uzaklıkları en az olan 5 nokta ile üç boyutlu benzerlik dönüşümü yapılmıştır. Benzerlik dönüşümü EKK ve EKMT'ye göre yapılmış dönüşüm parametreleri ve V düzeltme değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8Dönüşüm parametreleri

Dönüşüm Parametreleri	EKK	EKMT
X_o	834.976	990.102
Y_o	666.547	33.0380
Z_o	22011.980	14200.000
ϵ_x	0.00568135	0.00398627
ϵ_y	0.00806318	0.00826654
ϵ_z	-0.00016593	-0.00021400
k	0.99979416	0.99992930

Çizelge 4.9Bulunan düzeltme değerleri

NN	EKK			EKMT		
	Vx(m)	Vy(m)	Vz(m)	Vx(m)	Vy(m)	Vz(m)
1	1.844	0.672	22.667	2.075	0.149	0.000
2	0.390	0.592	-20.530	0.000	0.000	-43.985
3	-1.734	0.713	16.529	-3.024	0.000	0.000
4	0.813	-0.694	-4.010	0.894	-0.223	-22.899
8	-0.531	-1.367	8.073	0.000	0,000	0,000

Uyuşumsuz ölçü testi yapılmamış olduğu halde V düzeltme değerlerinden kaba hatalı olan noktalar görülmektedir. -43.985 ve -22.899 olan düzeltme değerleri diğer değerlere göre daha yüksek olduğundan bu iki koordinatta kaba hata olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca tablo bize EKMT yönteminin hata göstermede EKK'ya göre daha doğru sonuç verdiğini de göstermektedir.

Daha sonra çalışma alanı içinden karışık olarak 5 nokta seçilmiştir ve dönüşüm işlemi tekrarlanmıştır.

Çizelge 4.10Seçilen noktalar

NN	ED-50 Koor.			ITRF Koor.		
	Yukarı(m)	Sağa(m)	Yükseklik(m)	Yukarı(m)	Sağa(m)	Yükseklik(m)
1	468014.350	4529272.040	863.220	467992.803	4529088.144	898.166
13	486595.850	4560493.560	848.380	486574.897	4560309.499	882.608
8	473910.950	4540092.930	770.760	473889.515	4539909.299	806.390
10	473348.970	4536887.190	770.290	473327.460	4536703.406	804.986
11	486190.310	4536998.320	956.100	486169.047	4536814.711	990.395

Çizelge 4.11Dönüşüm parametreleri

Dönüşüm Parametreleri	EKK	EKMT
X_o	-82.462	-105.437
Y_o	-189.268	-182.351
Z_o	27.670	-38.000
ϵ_x	-0.00000745	-0.00095340
ϵ_y	-0.00005595	-0.00100708
ϵ_z	0.00001318	0.00001810
k	1.00000259	1.00000174

Çizelge 4.12Bulunan düzeltme değerleri

NN	EKK			EKMT		
	Vx(m)	Vy(m)	Vz(m)	Vx(m)	Vy(m)	Vz(m)
1	0.031	0.196	0.265	0.000	0.106	-0.068
13	-0.105	0.198	0.175	0.000	0.002	-0.000
8	0.071	-0.117	-0.669	0.006	-0.158	-0.126
10	0.103	0.035	0.273	0.011	-0.000	0.000
11	-0.099	-0.311	-0.044	-0.000	-0.584	0,000

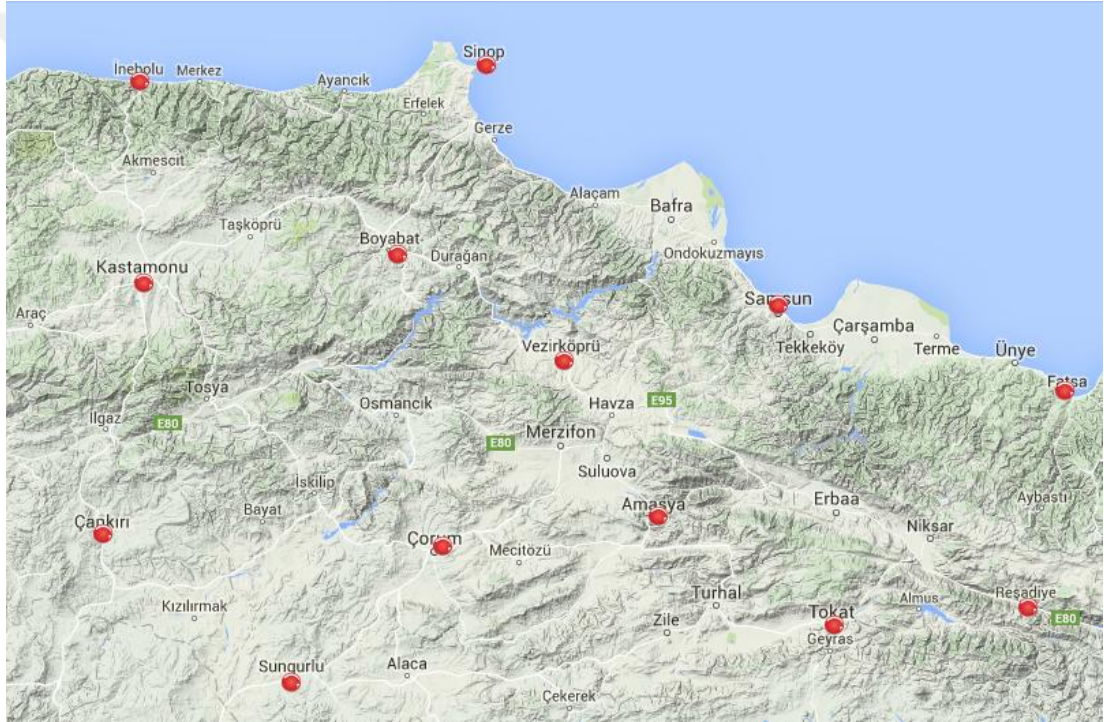
EKK yöntemine göre yapılan üç boyutlu benzerlik dönüşümünde $m_o=0.326$ m, EKMT yöntemine göre yapılan üç boyutlu benzerlik dönüşümünde $m_o= 0.223$ m olarak bulunmuştur.

4.2.3. Polinomsal dönüşüm

4.2.3.1.TUSAGA-Aktif noktalarında polinomsal dönüşüm

Bu çalışmanın amacı Orta Karadeniz Bölgesinde TUSAGA-Aktif noktalarının X ve Y koordinatları, elipsoid yükseklikleri ve ortometrik yükseklikleri kullanılarak Samsun ilinde ölçüm yapılan noktanın ortometrik yüksekliğinin hesaplanmasıdır.

Bu çalışmada kullanılan TUSAGA-Aktif (CORS-TR) noktaları Harita Genel Komutanlığından alınmıştır. Orta Karadeniz Bölgesini kapsayan 12 nokta ile çalışılmıştır. Bu noktalar Amasya, Boyabat, Çankırı, Çorum, Fatsa, İnebolu, Kastamonu, Samsun, Sinop, Sungurlu, Tokat ve Vezirköprü bölgesindeki noktalardır.



Şekil 4.16Uygulamada kullanılan TUSAGA-Aktif noktaları

Çizelge 4.13Uygulamada kullanılan noktaların koordinatları

Nokta Adı	Yukarı(m)	Sağa(m)	Elipsoidal Yükseklik	Ortometrik Yükseklik	N
AMAS	3927328.134	2837618.044	470.366	437.717	32.6487
BOYT	3931121.574	2731860.859	371.300	338.377	32.9225
CANK	4038848.254	2684459.218	963.664	928.332	35.3319
CORU	3975761.903	2782018.501	804.662	770.249	34.4130
FASA	3822604.243	2931571.018	53.364	25.604	27.7604
INE1	3947751.219	2639084.998	477.068	445.743	31.3251
KSTM	3984936.856	2665216.306	800.023	765.371	34.6519

SAM1	3865237.749	2842807.590	31.837	3.287	28.5505
SINP	3879379.600	2731933.880	219.911	193.133	26.7780
SUNL	4029961.976	2756161.789	826.377	791.683	34.6942
TOKA	3911485.497	2900388.115	881.390	847.938	33.4524
VEZI	3918174.860	2791368.061	409.748	377.973	31.7747

Samsun ilinde yapılan arazi ölçümünde Yukarı=3826251.937 mSağa=2918565.665 m okunmuştur. Noktanın elipsoidal yüksekliği de 34.8611 okunmuştur. Bu noktanın ortometrik yüksekliği 3.derece polinomsal dönüşümle hesaplanmıştır. 3.derece polinomsal dönüşümü formülü aşağıdaki şekildedir.

$$N = a_{00} + a_{10}X + a_{01}Y + a_{20}X^2 + a_{11}XY + a_{02}Y^2 + a_{30}X^3 + a_{21}X^2Y + a_{12}XY^2 + a_{03}Y^3 \quad (4.2)$$

Yapılan polinomsal dönüşüm sonucunda X ve V değerleri bulunmuştur.

Çizelge 4.14Polinomsal dönüşümü bilinmeyenleri ve düzeltme değerleri

X	V(m)
33,0680397	0.0860
0,04846356	-0,24877
-0,002224667	-0,0597
-0,000309595	-0,1746
-0,000511933	0,0309
-0,000033245	-0,0476
0,000003318	0,1492
0,000002118	-0,1641
0,000019042	0,07874
0,000001153	0,07360
	-0,0353
	0,3115

Yapılan hesaplar sonucunda 13 numaralı bizim ölçüm yaptığımız noktanın jeoid ondülasyonu $N_{13}=33.0858$ olarak bulunmuştur. $m_0=0,364$ m olarak hesaplanmıştır. Samsun bölgesinde ölçüm yaptığımız noktanın ortometrik yüksekliği 1.7753 olarak hesaplanmıştır.

4.2.3.2.Samsun bölgesinde polinomsal dönüşüm

Bu uygulama da Samsun bölgesinde bulunan 476 adet nokta kullanılmıştır. Bu çalışma için noktaların X, Y koordinatları ile elipsoidal ve ortometrik yükseklikleri kullanılmıştır. İlk olarak araziye çıkılıp ölçüm yapılmıştır. Ölçülen noktanın 477 numaralı nokta olduğu düşünülmüştür. Ölçümün sonucunda noktanın

Sağa=549061.8495 mYukarı=4571097.9659 m elipsoidal yükseklik 33.2170 olarak ölçülmüştür.

Uygulamanın ilk olarak başında Matlab programlama dilinde yazılan program ile çalışma alanımızın içinde ölçtüğümüz noktaya yatay olarak en yakın olan 40 nokta belirlenmiştir. Bu işlem ölçtüğümüz noktanın çalışma alanımız içindeki bütün noktalarla arasındaki yatay uzunluk değerleri hesaplanmış ve bu değerlerin küçükten büyüğe doğru sıralanmasıyla yapılmıştır. Sıralama yapıldıktan sonra 477 numaralı noktamıza en yakın olan 40 nokta belirlenmiştir.

Çizelge 4.15Çalışma alanı kapsamındaki noktalar

Nokta Adı	Sağa(m)	Yukarı(m)	Ortometrik Yükseklik	Elipsoidal Yükseklik	N
476	548963.1391	4570382.801	2,644	30,509	27.865
475	549095.1984	4569668.675	3,264	31,196	27.932
382	547510.4403	4571235.185	5,270	33,114	27.844
385	547475.0892	4572680.534	1,936	29,644	27.708
411	547716.1637	4573338.095	3,123	30,766	27.6430
383	546228.6050	4571632.882	1,263	29,125	27.862
391	545452.8256	4570159.227	1,557	29,590	28.033
387	545241.2620	4570889.428	3,943	31,921	27.978
395	548021.8783	4567251.726	11,884	39,991	28.107
396	549416.6501	4566721.880	6,745	34,842	28.097
392	545597.7426	4568111.310	5,705	33,918	28.213
384	548066.4042	4566573.168	14,801	42,950	28.149
388	545051.1200	4568716.913	1,975	30,140	28.165
407	550569.6474	4566343.567	6,573	34,658	28.085
416	546653.4486	4566715.005	6,851	35,026	28.175
389	544121.0682	4569461.111	8,485	36,622	28.137
406	543875.0824	4570028.221	1,279	29,396	28.117
393	544225.2148	4568174.579	3,502	31,757	28.255
397	546605.0163	4565906.096	11,029	39,256	28.227
402	543221.1983	4569617.139	4,184	32,369	28.185
467	547014.8894	4565366.808	6,229	34,442	28.213
398	546104.8334	4565728.749	7,041	35,281	28.240
394	551447.4028	4565310.481	10,471	38,540	28.069
414	550065.1431	4564877.037	14,027	42,183	28.156
468	547536.5265	4564850.573	7,685	35,876	28.191
415	551096.0453	4564857.581	8,395	36,566	28.171
474	548829.9524	4564486.204	8,305	36,439	28.134
390	544013.1059	4566741.608	4,714	33,069	28.355
379	549178.2870	4564268.918	30,406	58,619	28.213
404	544081.9148	4566188.345	3,708	32,045	28.337
409	542850.9571	4567840.372	1,895	30,236	28.341

413	542336.1821	4569055.295	2,593	30,798	28.205
466	546205.5679	4564605.175	8,893	37,141	28.248
473	548671.9696	4563911.807	10,183	38,296	28.113
472	548221.8346	4563915.699	12,231	40,362	28.131
408	542777.2965	4567328.650	2,188	30,521	28.333
471	547780.4101	4563813.093	16,606	44,748	28.142
469	547051.7607	4563884.710	13,185	41,368	28.183
399	545088.5412	4564666.379	10,689	39,010	28.321
291	541756.8834	4568794.285	1,314	29,639	28.325

40 nokta bulunduktan sonra yine Matlab programlama dilinde noktaların 3.dereceden polinomsal dönüşümü yapılmış. 3.dereceden 10 bilinmeyenli dönüşümde x bilinmeyenleri bulundu, V düzeltme değerleri hesaplandı ve $m_0=0.399m$ olarak bulundu. 471 numaralı nokta olarak isimlendirdiğimiz noktanın jeoid ondülasyonu 27.7990 olarak hesaplanmıştır. Buradan 477 numaralı noktamızın ortometrik yüksekliği 5.4180 olarak hesaplanmıştır. V düzeltme değerlerinden $V_{max}=0.603 m$, $V_{min}=-0.527m$ olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.16. Polinomsal dönüşüm bilinmeyenleri ve düzeltme değerleri

X	V(m)	V(m)	V(m)	V(m)
35,065	0.033	0.030	0.396	0.076
-1,016	0.012	-0.489	0.103	-0.024
0,986	-0.164	0.226	-0.158	0.050
-0,299	0.089	0.118	-0.108	0.542
0,051	-0.106	0.076	0.461	0.272
-0,228	0.202	-0.527	0.337	0.102
0,026	0.266	0.104	0.603	-0.186
-0,046	-0.013	0.066	-0.077	-0.057
-0,006	-0.299	-0.238	-1.509	-0.382
-0,055	0.231	-0.225	0.061	0.105

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı koordinat sisteminde varolan noktaların aynı projede kullanılması durumu olabilmektedir. Dünyada da ülkemizde de farklı koordinat sistemleri vardır. Yapılan işler yada kurumlar düşünüldüğünde bunların birbirleriyle çakıştığı projeler olabilmektedir. Bu tür bir durumla karşılaşıldığında koordinat dönüşümü yapılması gerekmektedir. Koordinat dönüşümü denildiğinde basit olarak bir koordinat sisteminden başka bir koordinat sistemine geçiş anlamındadır. Bu işlem geçiş yapılmak istenilen iki koordinat sisteminde de koordinatı olan ortak noktaların varolmasıyla olabilir. Bu ortak noktalardan dönüşüm parametreleri hesaplanır. Bu parametreler sayesinde de istenilen noktaların dönüşümü yapılabilmektedir.

Dünyada da ülkemizde de kullanılan farklı koordinat sistemleri vardır. Ülkemizde kullanılanlar TUD-54, ED-50 ve ITRF koordinat sistemleridir. Bu değişim ihtiyaç doğrultusunda olmuştur. Ülkemizde yakın zamana kadar yapılan ölçümlerde çalışılan koordinat sistemi ED-50 koordinat sistemindeydi. Çalışmalarında büyük bir kısmı bu sistemden yapılıyordu. Ancak GPS teknolojisinin ülkemizde gelişmesiyle beraber konum belirlenme de farklı yöntemlere başlanmıştır. GPS teknolojisine dayalı, yüksek duyalıklı, uygun dağılımda ve ulaşımı kolay noktalardan oluşan yeni ve çağdaş bir jeodezik ağ öngörülmüştür. Bu doğrultuda 1997-1999 yılları arasında (TUTGA-99 oluşturulmuştur. Teknolojinin hızlı artışı ve bilgisayarın hayatımıza girmesiyle coğrafi ve sözel verilerin bilgisayar ortamında olması olanaklı hale gelmiştir. Bu nedenlerden dolayı bir TÜBİTAK projesi olan TUTGA ağındaki noktaların bir kısmında sürekli ölçü yapan sabit GPS istasyonları tesis edilerek TUSAGA-Aktif (CORS-TR) sistemi oluşturulmuş ve tüm haritacılık çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır.

CORS-TRprojesiyle ülkemize hızlı, ekonomik ve sağlıklı modern bir sistem getirmek amaçlanmıştır. CORS-TR projesi için yoğun bir şekilde çalışılmış ve çeşitli yerlere istasyonlar kurulmuştur. CORS-TRprojesinde GPS ölçümleri sonucunda

ITRF koordinat sistemi kullanılmıştır. Ülkemizde de CORS-TR'nin kullanımının artmasıyla beraber dönüşüm problemi ortaya çıkmıştır.

CORS-TRprojesi koordinatlar arasında dönüşüm için ortak bir dönüşüm parametresi vermemektedir. Bu tez kapsamında çalışma bölgesinde TUSAGA-Aktif noktaları için dönüşüm parametrelerini hesaplanmıştır. Bu işlem iki ve üç boyutlu benzerlik dönüşümü,iki boyutlu afin dönüşümü ve yükseklik için polinomsal dönüşüm yapılmıştır. Bu dönüşümler farklı amaç fonksiyonlarına göre yapılmış, dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır. Devamında ise düzeltme değerleri bulunmuş ve karesel ortalama hatalar (m_o) hesaplanmıştır. Bu çalışmaların hepsi Matlab programlama dilinde yazılmıştır. Yapılan hesaplamalardan çıkarılan bazı sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.1'de görüldüğü gibi polinomsal dönüşümde kullanılan derece sayısı arttıkça karesel ortalama hata küçülmektedir. Tablodanda görüldüğü gibi 4.derece de makul bir değere gelmiştir. Değerin anlamlı olduğu anlaşıldığından dolayı daha devam edilmemiştir.

Çizelge 5.1Polinomsal dönüşüm sonuçları

Nokta Sayısı	Derece Sayısı	$m_o(m)$
12 noktalı	2.derece polinomsal dönüşüm	0.536
12 noktalı	3.derece polinomsal dönüşüm	0.364
12 noktalı	4.derece polinomsal dönüşüm	0.118

Çizelge 5.2 ve 5.3'de görüldüğü gibi aynı noktalarla ilk seferinde yatay uzunlukları en az olan 10 noktayla, ikinci seferinde yatay uzunlukları en az olan 20 noktayla yapılan yapılan benzerlik ve afin dönüşümünde karesel ortalama hataların birbirlerine yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.2İki boyutlu benzerlik dönüşümü sonuçları

Nokta Sayısı		$m_o(m)$
10 noktalı	EKK	0.110
	EKMT	0.121
20 noktalı	EKK	0.112
	EKMT	0.181

Çizelge 5.3İki boyutlu afin dönüşümü sonuçları

Nokta Sayısı		mo(m)
10 noktalı	EKK	0.101
	EKMT	0.130
20 noktalı	EKK	0.162
	EKMT	0.204

Çizelge 5.4’de üç boyutlu benzerlik dönüşümünde karesel ortalama hatanın EKMT’de EKK’ya göre daha küçük olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.4Üç boyutlu benzerlik dönüşümü sonuçları

Nokta Sayısı		mo(m)
5 noktalı	EKK	0.326
	EKMT	0.223

Bu tez kapsamında yapılan hesaplamalar sonucunda dönüşüm parametrelerinin farklı amaç fonksiyonlarına göre hesaplanması sağlanmış ve bu hesaplanan parametrelerin CORS-TR alıcıları ile kullanıcılara gönderilmesi önerilmiştir.

KAYNAKÇA

- Aktuğ B., Seymen S., Kurt M., Parmaksız E., Lenk O., Sezer S., Özdemir S., 2011, ED-50 (European Datum-1950) ile TUREF (Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi) Arasında Datum Dönüşümü, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- Aliomanoğlu Ş., (2002), Deprem Sonrası Jeodezik Altyapı Hasarlarının İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dotor Tezi, İstanbul.
- Aliosmanoğlu C, Çelik RN (2002) Depremler Nedeniyle Oluşan Jeodezik Altyapı Hasarlarının Büyük Ölçekli Harita Çalışmalarına Etkisi, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30.Yıl Sempozyumu,16-18 Ekim 2002, Konya.
- Altın Y, Ayan T, Deniz R, Çelik RN, Ergun M, Kahveci M, Lenk O, Ocak M, Salk M, Seeger H, Türker A (1999) GPS Measurements in Turkey From 1990 to 1997, Third Turkish- German Joint Geodetic Days, 1- 4 Haziran 1999, İstanbul
- Ayan T., Deniz R., Gürkan O., Öztürk E., Çelik R.N., 2003, Ulusal Jeodezik Referans Sistemleri ve CBS, TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Konya.
- Ayan T. , Uyuşumsuz Ölçüler Testi, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, 72, 1992,38-46
- Ayhan, M.E., C. Demir ,O. Lenk, A. Kılıçoğlu, B.Aktuğ, M.Açıkgöz, O.Fırat, Y.S.Şengün, A.Cingöz, M.A. Gürdal, A.İ.Kurt, M.Ocak, A.Türker, H. Yıldız, N. Bayazıt, M. Ata, Y. Çağlar, A.Özerkan 2002,. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999A (TUTGA-99A), Harita Dergisi Özel Sayı, No.16, Ankara, <http://www.hgk.mil.tr/dergi/makaleler/OZEL>
- Başçıftçi F. (2008). Jeodezide Kullanılan Dönüşüm Yöntemlerinin Programlanması Yüksek Lisans Tezi
- Başçıftçi F, İnal C, (2008), Jeodezide kullanılan bazı koordinat dönüşümlerinin programlanması, S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., c.23, s.1, 27-40.
- Bektas S., Dengeleme Hesabı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Samsun, 2005.
- Bektas S., Sisman Y., 2010, “The comparison of L1 and L2-norm minimization methods” International Journal of the Physical Sciences, 5(11), 1721 – 1727
- Bektas S., Pratik Jeodezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Samsun, 2009.
- Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY), Ankara, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 2005.
- Ceylan E. , 2009, Non Sibson Yöntemi İle Lokal Koordinat Dönüşümü, Yüksek Lisans Tezi , İstanbul Teknik Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü , İstanbul , 501071606.

- Çelik RN, Aliosmanoğlu Ş, Özlüdemir MT (2002) TUTGA, Depremler ve Büyük Ölçekli Çalışmalar, Jeodezik Amaç- lı Yerel GPS Ağları ve Tektonik, TUJJB TUJK 2002 Bilimsel Toplantısı Tektonik ve Jeodezik Ağlar, 10-11-12 Ekim 2002, İznik.
- Demirtaş M.Ü.,2006, Bölgesel Koordinat Dönüşümleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Doğan, Uğur. , (2000), “ Global Datumdan Yerel Datuma Dönüşümde Yüksekliğin Yatay Konuma Etkisi ”, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği 2000 Yılı Seminerleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, 690, İstanbul.
- Dilaver A., Jeodezik Ağlarda Kaba Hatalı Ölçülerin Ayıklanması ve Güven Ölçütleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölüm Araştırma Raporları, 1996/2, Trabzon,1996.
- Düzgün Ş., 2010, Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Eren K, Uzel T, Güllal E, Yıldırım O, Cingoz A., Results from a Comprehensive GNSS Test in the CORS-TR Network: Case Study , Journal of Surveying Engineering, February 2009.
- Fırat, O. ve Lenk, O., (2002), “Avrupa Datumu 1950 (ED-50) ile Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1999 (TUTGA-99) Arasında Datum Dönüşümü”, Hrt. Gn. K.lığı, Ankara.
- Gullu, M. 2010. “Coordinate Transformation by Radial Basis Function Neural Network”. Scientific Research and Essays, 5 (20): 3141-3146.
- Gürses H. B., 2011, Şeritvari Projelerde Ortometrik Yükseklik Hesabı İçin Bir Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Haberler, M., H. Kahmen, 2003, “Detection of landslide block boundaries by means of an affine coordinate transformation”, Proceedings, 11th Fig Symposium on Deformation Measurements, Santorini, Greece.
- İlhan H., 2009, Kocaeli Örneğinde Bölgesel Dönüşüm Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Fen bilimleri enstitüsü, Yıldız teknik üniversitesi, İstanbul.
- İnal, C., Turgut, B. (2001), Nokta konum duyarlılıkları ile koordinat dönüşümü, S.Ü. Müh. Mim. Fak.Derg. 16, 2, 39-46.
- Kartal A., 2001, Gps İle Yükseklik Belirlemede İnterpolasyon Yöntemlerine Ait Bir Uygulama.
- Kırıcı U., Şişman Y., 2015, Kadastro Haritalarının Sayısallaştırılmasında Kalite Kontrol Analizi, The World Cadastre Summit, İstanbul.
- Kırıcı U.,Sisman Y.,2015, Farklı Amaç Fonksiyonları Kullanılarak Paftaların Sayısallaştırılması, 15.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Kırıcı U., Şişman Y., 2014, Jeoid Belirlemede En uygun Polinomun Belirlenmesi Samsun Örneği), 7.Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Çorum.

- Konakoğlu B., 2014, Jeodezik Dönüşümlerin İncelenmesi Ve Yazılımlarının Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Şerbetçi M (1999) Türk Haritacılığı Tarihi (1895-1995), TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 2. Baskı, İstanbul, 1999.
- Sisman Y.,2014, Coordinate transformation of cadastral maps using different adjustment methods, Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered office: Mortimer House,37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK., Çin.
- Sisman Y., Sisman A., Bektas S., 2013 , Koordinat Dönüşümünde Deney Tasarımı Yaklaşımı, Samsun, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi.
- Tanık, A., 2003. Dönüşümler ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tansuğ B., Pektekin A (1978), Lineer düzlem transformasyonlar ve sayısal örnekler , İDMMA Harita Kadastro Bölümü Fotogrametri Kürsüsü yayını, No:13, İstanbul.
- Turgut, B., İnal, C., 2003, “Nokta Konum Duyarlılıklarının İki ve Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümüne Etkisi”, TUJK Bilimsel Toplantısı , <http://www.harita.selcuk.edu.tr/arsiv/calistay2003/default.htm>.
- Turgut B, Inal C., Nokta Konum Duyarlılıklarının İki ve Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümüne Etkisi, TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Konya
- TUSAGA-Aktif Rapor, Ulusal CORS Sisteminin Kurulması Ve Datum Dönüşümü Projesi, 29 Aralık 2009, İstanbul.
- Ulsoy E (1982) Nirengi Ağları Hakkında Genel Açıklamalar, Jeodezi Öğretimi Sempozyumu, S. 15-31, 1982, Trabzon.
- Uzun Y., Üç Boyutlu Astrojeodezik Dik Koordinat Sistemlerinde Dönüşüm Modelleri ve Uyuşumsuz Ölçü Gruplarının Belirlenmesi Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2003.
- Ürüşan A.Y., 2010, Marmara Bölgesi’nde Gns Tabanlı Koordinat Transformasyonu Ve Hücreli Transformasyon Parametrelerinin Belirlenmesi, Doktora tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Üstün A.,1996,Datum Dönüşümleri,Yüksek Lisans Tezi,Yıldız Teknik Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul.
- Vanicek, P., Wells D.E., 1972, The Least Squares Approximation. Department of Geodesy and Geomatics Engineering University of New Brunswick, Canada.
- Wang, Y., 1992, “A rigorous photogrammetric adjustment algorithm based on co-angularity condition” International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 29(B5), 195-202.
- Wolf P.R., and B.A., Dewitt. 2000. Elements of Photogrammetry with Applications in GIS. USA: McGraw-Hill Companies.
- Yaşayan A (1978) Hava fotogrametrisinde iki boyutlu doğrusal dönüşümler ve uygulamaları, KTÜ yayın no: 102, YBF yayın no:19, Trabzon.

Yıldırım Ö., Bakıcı S., Mekik Ç., 2010, TUSAGA-Aktif(CORS-TR) Sisteminin Tapu Ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları, Ankara.

URL – 1: www.geomatikmuhendisligi.com (Ziyaret Tarihi: 18 Ekim 2015).

URL – 2: <https://en.wikipedia.org/wiki/ED50>(Ziyaret Tarihi: 9 Aralık 2015).

URL – 3: http://georepository.com/datum_6230/European-Datum-1950.html (Ziyaret Tarihi: 9 Aralık 2015).

URL – 4: <https://NOAA-NGS-coordinates CORS-active network> (Ziyaret Tarihi: 9 Aralık 2015).

URL – 5: <https://GRS 80 Specification>(Ziyaret Tarihi: 9 Aralık 2015).

URL – 6: [https://Geodesy for the Layman, Chapter VIII, \"The World Geodetic System](https://Geodesy for the Layman, Chapter VIII, \) (Ziyaret Tarihi: 9 Aralık 2015).

URL – 7: <https://tr.wikipedia.org/wiki/WGS84> (Ziyaret Tarihi: 9 Aralık 2015).

URL – 8:

https://tr.wikipedia.org/wiki/Uluslararası%C4%B1_Karasal_Referans_Sistemi(Ziyaret Tarihi: 8 Aralık 2015).

URL – 9: [https://ETRS89 site \(English\)](https://ETRS89 site (English)) (Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2015).

URL – 10: [https:// \"Surveying and Mapping Law of the People's Republic of China](https:// \) (Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2015).

URL – 11: https://en.wikipedia.org/wiki/South_American_Datum#SAD69 (Ziyaret Tarihi: 9 Aralık 2015).

URL – 12: <http://www.angelfire.com/rnb/haritatarihi0/haritaciliktarihi.htm>(Ziyaret Tarihi: 16 Kasım 2015).

URL – 13:

http://www.turkcebilgi.com/t%C3%BCrkiye_ulusal_nirengi_a%C4%9F%C4%B1(Ziyaret Tarihi: 5 Aralık 2015).



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : ÜLKÜ KIRICI

Doğum Yeri ve Tarihi : SAMSUN 27/08/1991

Adres : MİMAR SİNAN MAHALLESİ BELEDİYE CADDESİ ATAKUM PARK
EVLERİ 2.KISIM

E-Posta : ulku.kirici@omu.edu.tr

Lisans : ONDOKUZMAYIS ÜNİVERSİTESİ HARİTA MÜHENDİSLİĞİ