TÜRKİYE CUMHURİYETİ
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOORDİNAT VE DATUM DÖNÜŞÜM PROBLEMLERİ İÇİN İNTERNET TABANLI YAZILIM GELİŞTİRME

Zeynep EROĞLU USLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Geomatik Programı

Danışman
Prof. Dr. Uğur DOĞAN

Temmuz, 2019

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOORDİNAT VE DATUM DÖNÜŞÜM PROBLEMLERİ İÇİN İNTERNET TABANLI YAZILIM GELİŞTİRME

Zeynep EROĞLU USLU tarafından hazırlanan tez çalışması 08.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Geomatik Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Uğur DOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Uğur DOĞAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Burak AKPINAR, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Serdar EROL, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. Uğur DOĞAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Koordinat ve Datum Dönüşüm Problemleri İçin İnternet Tabanlı Yazılım Geliştirme başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Zeynep EROĞLU USLU

İmza

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında yoğun programına rağmen desteğini esirgemeyerek bana yüksek sabrıyla yol gösteren hocam Prof. Dr. Uğur DOĞAN başta olmak üzere tezimi her zaman fikirleriyle besleyen, maddi ve manevi desteklerinden dolayı yanımda olan aynı mesleği yaptığımız babama, anneme ve kardeşime, yardımlarından dolayı eşime, personeli olduğum İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin Üstyapı Projeler Müdürlüğü Müdür Yardımcısı Çağatay DURMUŞ'a ve çalışma arkadaşlarıma hoşgörülerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Temmuz, 2019

Zeynep EROĞLU USLU

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vi

KISALTMA LİSTESİ vii

ŞEKİL LİSTESİ viii

TABLO LİSTESİ x

ÖZET xi

ABSTRACT xiii

1 Giriş 1

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 5

1.3 Hipotez 5

2 Jeodezik Referans Yüzeyleri ve Datum 6

2.1 Elipsoit 6

2.2 Elipsoit ile Jeoit Arasındaki İlişki 7

2.3 Datum 8

2.4 Koordinat Sistemleri 9

2.4.1 Doğal Koordinat Sistemleri 11

2.4.2 Model Koordinat Sistemleri 13

2.4.3 Projeksiyon Koordinatları 15

2.4.4 Koordinat Dönüşümü 17

3 Datum Dönüşümü 22

3.1 İki Boyutlu Datum Dönüşüm Modelleri 23

3.1.1 Benzerlik (Helmert) Dönüşümü 23

3.1.2 İki Boyutlu Afin Dönüşümü 25

3.2 Üç Boyutlu Datum Dönüşüm Modelleri 27

3.2.1 Üç Boyutlu Bursa-Wolf Datum Dönüşüm Modeli 27

3.2.2 Üç Boyutlu Moledensky-Badekas Datum Dönüşüm Modeli . . . 29

3.2.3 Üç Boyutlu Afin Datum Dönüşüm Modeli 31

4 İstatistik Testler **33**

4.1 Hata Hesabı ve Doğruluk Ölçütleri 33

4.2 Uyuşumsuz Ölçü Testleri 33

4.2.1 Uyuşumsuz Ölçü (Koordinat) Testi 34

4.2.2 Uyuşumsuz Nokta (Koordinat Çiftleri) Testi 34

4.3 Parametre Testi 35

5 Uygulama **36**

5.1 Kullanılan Yazılımlar ve Araçlar 36

5.1.1 MATLAB 36

5.1.2 MATLAB'in Üstün Yönleri 37

5.1.3 Microsoft Visual Studio 38

5.1.4 ASP .Net Web Uygulama Geliştirme Teknolojisi 38

5.1.5 ASP .Net'in Üstün Yönleri 38

5.1.6 C# Programlama Dili 39

5.1.7 Bootstrap Teknolojisi 39

5.1.8 Leaflet Teknolojisi 39

5.2 Uygulamanın Tasarımı ve Geliştirilmesi 40

5.2.1 Bootstrap Kütüphanesinin Kullanımı 40

5.2.2 MATLAB Builder NE ve MATLAB Web Figure Araçlarının Kullanımı 41

5.3 Veri Setinin Uygulanması 44

5.3.1 Koordinat Dönüşümleri için Uygulama 47

5.3.2 İki Boyutlu Datum Dönüşümü için Uygulama 64

5.3.3 Üç Boyutlu Datum Dönüşümü için Uygulama 76

5.3.4 Parametreleri Bilinen Datum Dönüşümü Hesabının Uygulanması 83

6 Sonuç ve Öneriler **86**

Referanslar **88**

SİMGE LİSTESİ

a	Elipsoit büyük yarı ekseni
b	Elipsoit küçük yarı ekseni
f	Elipsoit basıklık değeri
E	Doğrusal dış merkezlik
e	Birinci dış merkezlik
e’	İkinci dış merkezlik
h	Elipsoit yüksekliği
H	Ortometrik yükseklik
N	Jeoit yüksekliği
X,Y,Z	Jeodezik dik koordinatlar
φ, λ	Coğrafi koordinatlar (enlem, boylam)
x_g, y_g	Gauss-Kruger koordinatları

KISALTMA LİSTESİ

ED50	Europen Datum 1950
WGS84	World Geodetic System
GRS80	Geodetic Reference System
ITRF	International Terrestial Reference Frame
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
IERS	International Earth Rotation and Reference Systems Service
DMA	Defence Mapping Agency
NIMA	National Imagery and Mapping Agency
UTM	Universal Transversal Mercator
MATLAB GUI	Matrix Laboratory Graphical User Interface
MWF	MATLAB Web Figure
OOP	Object Oriented Programming
ASP	Active Server Page

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Jeodezik referans yüzeyleri 6
Şekil 2.2 Jeodezik yükseklikler arasındaki ilişki [15] 8
Şekil 2.3 Dik ve kutupsal koordinat sistemleri arasındaki ilişki 9
Şekil 2.4 Jeodezik koordinat sistemleri 10
Şekil 2.5 Global yer merkezli koordinat sistemleri 12
Şekil 2.6 Yerel astronomik koordinat sistemleri 13
Şekil 2.7 Global jeodezik koordinat sistemleri 14
Şekil 2.8 Yerel jeodezik koordinat sistemleri 15
Şekil 2.9 Türkiye dilim orta meridyenleri [20] 16
Şekil 2.10 Koordinat dönüşümü 17
Şekil 2.11 Jeodezik dik koordinatlar ile eğri koordinatlar arasındaki ilişki [19] 18
Şekil 3.1 İki boyutlu benzerlik dönüşümü 23
Şekil 3.2 İki boyutlu afin dönüşümü 25
Şekil 3.3 Bursa-Wolf datum dönüşüm modeli 28
Şekil 3.4 Moledensky-Badekas datum dönüşüm modeli 30
Şekil 5.1 MATLAB derleme aracı [28] 37
Şekil 5.2 Kullanılan teknolojiler 40
Şekil 5.3 Bootstrap kütüphanesinin kullanımı 41
Şekil 5.4 MATLAB dosyalarının derlenmesi [28] 41
Şekil 5.5 MATLAB dosyalarının .Net bileşeni haline getirilmesi 42
Şekil 5.6 Derlenen MATLAB dosyalarının Visual Studio ortamında kullanılması 43
Şekil 5.7 MATLAB WebFigure aracının kullanımı 43
Şekil 5.8 İstanbul GPS Nirengi Ağı (47 adet nokta) 44
Şekil 5.9 Açılış sayfası 47
Şekil 5.10 Uygulama sayfaları 48
Şekil 5.11 Koordinat dönüşümü sayfası arayüzü 48
Şekil 5.12 Koordinat dönüşümleri akış şeması 49
Şekil 5.13 Uygulamada yer alan koordinat dönüşümleri 50
Şekil 5.14 Ülke elipsoidi ile global elipsoit arasındaki ilişki [15] 51
Şekil 5.15 UTM koordinatlarından kartezyen koordinatlara geçiş 52
Şekil 5.16 UTM koordinatlardan Gauss-Krugere dönüşüm işlemi 54

Şekil 5.17 Gauss-Kruger koordinatlardan coğrafi koordinatlara dönüşüm işlemi 54
Şekil 5.18 Coğrafi koordinatlardan kartezyen koordinatlara dönüşüm işlemi . . 55
Şekil 5.19 UTM koordinatlardan kartezyen koordinatlara dönüşüm işlemi . . . 55
Şekil 5.20 Kartezyen koordinatlardan UTM koordinatlara geçiş 55
Şekil 5.21 Kartezyen koordinatlardan coğrafi koordinatlara dönüşüm işlemi . . 56
Şekil 5.22 Coğrafi koordinatlardan Gauss-Kruger koordinatlara dönüşüm işlemi 56
Şekil 5.23 Gauss-Kruger koordinatlardan UTM koordinatlara dönüşüm işlemi . 57
Şekil 5.24 Dönüşüm parametreleri hesabı veri giriş sayfası arayüzü 64
Şekil 5.25 Dönüşüm parametreleri hesabı akış şeması 65
Şekil 5.26 Veri girişinin uygulanması 66
Şekil 5.27 Koordinatların iki boyutlu dönüşüm modelleri sayfasına aktarılması 66
Şekil 5.28 Koordinatların üç boyutlu dönüşüm modelleri sayfasına aktarılması 67
Şekil 5.29 İki boyutlu datum dönüşüm modelleri sayfası arayüzü 67
Şekil 5.30 İki boyutlu benzerlik dönüşüm hesabı 68
Şekil 5.31 İki boyutlu benzerlik modeli ilk çözümünde istatistik test sonuçları . 69
Şekil 5.32 İki boyutlu benzerlik modeli ikinci çözümünde istatistik test sonuçları 70
Şekil 5.33 İki boyutlu benzerlik modeli son çözümünde istatistik test sonuçları 71
Şekil 5.34 İki boyutlu benzerlik dönüşümü rapor oluşturma 71
Şekil 5.35 İki boyutlu benzerlik dönüşümü için düzeltmeler 73
Şekil 5.36 İki boyutlu afin modeli son çözümünde istatistik test sonuçları ve parametreler 74
Şekil 5.37 İki boyutlu afin dönüşümü için düzeltmeler 75
Şekil 5.38 Üç boyutlu datum dönüşüm modelleri sayfası arayüzü 77
Şekil 5.39 Üç boyutlu dönüşüm modelleri ile parametre hesabı 78
Şekil 5.40 Üç boyutlu dönüşüm modelleri ile bulunan parametreler 79
Şekil 5.41 Üç boyutlu Bursa-Wolf datum dönüşümü için düzeltmeler 80
Şekil 5.42 Üç boyutlu Moledensky-Badekas datum dönüşümü için düzeltmeler 81
Şekil 5.43 Üç boyutlu Afin datum dönüşümü için düzeltmeler 82
Şekil 5.44 Parametreleri bilinen datum dönüşüm hesabı akışı şeması 83
Şekil 5.45 Parametreleri bilinen datum dönüşümü sayfası arayüzü 84
Şekil 5.46 Üç boyutlu Bursa-Wolf modeli ile parametreleri hesaplanmış ITRF96-ED50 arası datum dönüşümü hesabı 84

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Ülkemizde kullanılan referans elipsoitler ve parametreleri 7
Tablo 2.2 Ülkemizde kullanılan datumlar ve özellikleri [18] 8
Tablo 5.1 İstanbul GPS Nirengi Ağı nokta koordinatları (devam ediyor) . . . 45
Tablo 5.2 devam ediyor 46
Tablo 5.3 Abridged Molodensky dönüşümü ile ED50 elipsoit yükseklikleri . . 53
Tablo 5.4 Dönüşüm sonucu elde edilen ED50 datumuna bağlı koordinatlar (devam ediyor) 58
Tablo 5.5 devam ediyor 59
Tablo 5.6 Dönüşüm sonucu elde edilen ITRF96 datumuna bağlı koordinatlar (devam ediyor) 60
Tablo 5.7 devam ediyor 61
Tablo 5.8 İstanbul GPS Nirengi Ağı kartezyen koordinatları (devam ediyor) . 62
Tablo 5.9 devam ediyor 63
Tablo 5.10 İki boyutlu benzerlik dönüşümüyle elde edilen parametreler ve standart sapmaları 70
Tablo 5.11 İki boyutlu benzerlik dönüşümünde kullanılan uyuşumlu noktalar . 72
Tablo 5.12 İki boyutlu afin dönüşümüyle elde edilen parametreler ve standart sapmaları 74
Tablo 5.13 Üç boyutlu datum dönüşüm modelleriyle elde edilen parametreler ve standart sapmaları 79

ÖZET

Koordinat ve Datum Dönüşüm Problemleri İçin İnternet Tabanlı Yazılım Geliştirme

Zeynep EROĞLU USLU

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Uğur DOĞAN

Bu çalışmada, jeodezik çalışmalarda sıkça kullanılan koordinat ve datum dönüşümü işlemlerinin MATLAB programında oluşturulan fonksiyonların MATLAB Builder NE yardımıyla derlenerek MATLAB WebFigure aracı içeren ASP .Net tabanlı bir web tasarımında gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, kullanıcıların yazılıma girmiş oldukları verilerin harita üzerinde doğru konumlarını göstermek için Leaflet Coğrafi Bilgi Sistemleri entegrasyonu sağlanmıştır. Bununla birlikte sahada çalışan bir mühendisin bu uygulama üzerinden hızlı ve kolay sonuç alması, sonuçlarını karşılaştırması ve görselleştirerek raporlamasını sağlayacak bir kaynak yazılım olması hedeflenmiştir.

Bu amaç kapsamında, İstanbul GPS Nirengi Ağına ilişkin 47 eşlenik noktanın ITRF96 ve ED50 datumlarında bulunan koordinatları geliştirilen yazılım üzerinde kullanılarak test çalışması gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, gerçekleştirilen yazılım koordinat ve datum dönüşüm problemleri çözümü için kullanıcıların gereksinimlerini tam ve doğru olarak karşılamakta ve problemlerin geleneksel süreçteki uzun analiz ve tasarımını ortadan kaldırarak kullanıcılara zaman kaybını azaltmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Datum, datum dönüşümü, koordinat dönüşümü, WGS84, ITRF96, ED50, MATLAB Builder NE, ASP .Net, MATLAB WebFigure

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ABSTRACT

Internet-Based Software Development For Coordinate and Datum Transformation Problems

Zeynep EROĞLU USLU

Department of Geomatics Engineering
Master of Science Thesis

Advisor: Prof. Dr. Uğur DOĞAN

In this study, a web site has been intented to be developed which contains ASP .Net based by using MATLAB Builder NE and MATLAB WebFigure tool, on subjects used frequently coordinate and datum transformation problems in geodetic studies. At the same time, the open source Leaflet (GIS) Geographic Information Systems technology has been integrated for positioning on map that entered coordinate by user. Also, it is aimed to be a source software that will enable the engineer to get results quickly and easily through this application, compare the results and visualize.

Within the scope of the thesis, a web software has been tested by using known 47 common points' coordinates in ITRF96 and ED50 datums based on İstanbul GPS Triangulation Network.

According to the results, the software provides the requirements of the users for the solution of the coordinate and datum transformation problems and eliminate the long analysis and design of the problems in the traditional process, therefore it reduces time loss to users.

Keywords: Datum, datum transformation, coordinate transformation, WGS84, ITRF96, ED50, MATLAB Builder for NE, ASP .Net, MATLAB WebFigure

1
Giriş

1.1 Literatür Özeti

Dünyada jeodezi alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde teknolojinin de ilerlemesiyle hassas konum belirlemeye yönelik birçok yöntem geliştirilmiş ve zamanla konum bilgileri farklı sistemlerde ifade edilmiştir.

Jeodezi biliminin en önemli görevlerinden biri yeryüzünde konumu belirlemek için belli bir referans yüzeyini, bu yüzeye bağlı bir koordinat sistemini ve koordinat sisteminin datumunu (başlangıcını) belirlemektir. Koordinat sistemleri jeodezik datumlara göre geliştirilmiştir. Jeodezik datum bir koordinat sisteminin adresi ve kimliği niteliğinde veri taşımaktadır. Koordinat sisteminin merkezinin (başlangıç noktası) konumunu, koordinat sistemlerinin ölçeğini ve eksenlerin yönünü ve kullanılan elipsoitin geometrisini tanımlayan bir parametre veya parametreler grubudur [1].

Jeodezik problemlerin çözülmesi için farklı datumlara sahip çok sayıda referans yüzeyinin Dünya'nın ve bulunduğu bölgenin fiziksel karakterini en iyi temsil edecek şekilde belirlenmesi önemlidir. Bu temsili matematiksel olarak en iyi karşılayacak referans yüzeyi elipsoittir. Elipsoit bazı kaynaklarda meridyen elipsinin küçük eksen etrafında dönmesiyle elde edilen dönel elipsoit, bazı kaynaklarda sferoid olarak geçmektedir. Fiziksel yapısına bakıldığında jeoitle aynı büyüklükte belirlenen bir referans elipsoitinin büyük yarı ekseni (ekvator) a, küçük yarı ekseni (kutup) b ve basıklık f ile tanımlanır. Bu parametreler elipsoidin geometrisini ve karakterini belirleyen parametrelerdir [2].

Jeodezik datumlar küresel ve bölgesel olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir. Küresel datumlar orijin olarak dünyanın ağırlık merkezini alırken; bölgesel datumlar, yerin yüzeyinde sadece kendi geçerlilik bölgelerinde jeoide boyut ve konum olarak en iyi uyan datumdur [2].

Bu kapsamda ülkemizde 1950 yılından itibaren Uluslararası 1924 Hayford elipsoidine

dayalı ED50 (Europen Datum 1950) bölgesel datum olarak, 1980 yılından itibaren Global Konum Belirleme Sistemlerinin üretilmesiyle birlikte WGS84 (World Geodetic System 1984) elipsoidine dayalı WGS84 datumu ve 1979 yılında Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği tarafından referans elipsoidi kabul edilen GRS80 (Geodetic Reference System 1980) elipsoidine dayalı ITRF96 (International Terrestrial Reference Frame 1996) datumu 2005 yılından itibaren küresel datum olarak kullanılmaktadır [3].

ED50 datumu elipsoit olarak Hayford elipsoidini kullanır. Bu elipsoidin başlangıç noktası dünya yüzeyinde (Postdam Helmert Kulesi) alınmış, bulunduğu bölgenin fiziksel karekterini en iyi temsil edecek geometriye sahiptir.

WGS84 koordinat sistemi, şekli dünyanın boyutuna benzeyen, US DMA (Defence Mapping Agency)' nin geliştirmiş olduğu başlangıcı dünyanın merkezi olan, 3 boyutlu jeodezik bir referans sistemidir. Aynı ismiyle anılan WGS84 elipsoidi dünya kütlesi ve Z ekseni etrafında bir elips döndürülerek oluşturulmuştur. ITRF ile ilişkili GRS80 elipsoidiyle 0.1 mm farkla neredeyse aynıdır [4].

ITRF ise GPS, VLBI, SLR, LLR ve DORIS gibi uzay teknikleri ve mevcut ağların koordinatları kullanılarak oluşturulmuş üç boyutlu bir referans sistemidir. Yüksek teknolojiyle donatılmış tekniklerin sürekli çalıştırılması her geçen yıl ITRF' i güncel tutmakta, dolayısıyla ITRFyy olarak ifade edilmektedir. Ayrıca, yer kabuğu hareketleri gözlenirken bölgesel çöküntü veya yükleme belirlenirken ve Dünya'nın kutup hareketleri ve dönme parametreleri hesaplanırken kullanılan referans ağıdır [5].

Günümüzde genellikle, daha önce yerel koordinat sistemleri ile belirlenmiş olan konum değerlerinin ve harita altlıklarının, global koordinat sistemleri üzerindeki karşılıklarına ihtiyaç duyulmakta ve birbirleri ile ilişkilendirilebilmesi için dönüşümlerin yapılması gerekmektedir. Bu ihtiyaç datum dönüşümü kavramını ortaya çıkartmıştır [6]. Datum dönüşümü, iki datum arasında geometrik ilişkiyi kurmak için kullanılan matematiksel bir işlemdir. Dönüşümü sağlayan parametreler ise farklı iki referans çatı arasındaki fonksiyonel ilişkiyi belirlemektedir [3]. Bir başka dönüşüm işlemi olan koordinat dönüşümü ise aynı datum içerisinde koordinatların farklı parametrelerle ifade edilmesi durumudur.

Literatürde datum dönüşüm modelleri ve uygulamalarını incelediğimizde farklı tespit ve öneriler bulunmaktadır.

Bursa-Wolf ve Moledensky-Badekas üç boyutlu dönüşüm modelleri en küçük kareler yöntemi ile çözülen yaygın olarak kullanılan geleneksel yaklaşımlardır. İki datum arasındaki matematiksel model göz önünde bulundurularak en doğru sonuca ulaşmak

için kullanılan teoriler ve sayısal teknikler alternatif yaklaşımlar olarak verilmiştir [7]. Bu yaklaşımlar arasında çoklu regresyon, yapay sinir ağları, toplam ve ağırlıklı en küçük kareler yöntemleri, minimum eğrilik yüzey enterpolasyonu yer almaktadır. Dawod ve Alnagar, 2000'de Mısır örneği üzerinde yapmış olduğu karşılaştırmalı çalışmaya göre geleneksel benzerlik dönüşümleri yaklaşımının noktalar arasındaki matematiksel ilişkiyi tam olarak doğru tanımlamadığını; regresyon tekniği ile karşılaştırıldığında daha basit, yönetilebilir, pratik ve daha doğru sonuçların elde edildiğini ifade etmekte ve kullanılmasını önermektedir [8]. Bunun üzerine gelişmiş bilgisayar yazılımları ve hızları ile birlikte Shambaky vd., 2018'de mevcut datum dönüşümü yaklaşımları ile yapay sinir ağları tekniği Mısır örneği üzerinde karşılaştırmış ve sinir ağları tekniğinin veri dönüşümü problemini çözmek için kullanılabilecek en uygun yöntem olduğunu ifade etmiştir [9].

Söz konusu koordinat ve datum dönüşüm işlemleri karmaşık matematiksel işlemler içermekte olup ancak bilgisayar marifetiyle programlanabilmekte ve hiç şüphesiz çok kısa zamanda hassas sonuçlar elde edilmektedir. Bu bakımdan gerek eğitim alanında gerekse mesleki açıdan kolaylık sağlayacak jeodezik dönüşüm işlemlerini hazır paket programlar, ücretli/ücretsiz yazılımlar ve web uygulamaları şeklinde bulmak mümkündür.

Konakoğlu (2014)'de MATLAB GUI(Guide User Interface) aracı ile yapmış olduğu mühendislikte sıkça kullanılan uygulamalar (iki ve üç boyutlu datum dönüşüm yöntemleri, kartezyen ve coğrafi koordinat sistemleri arası dönüşüm, dilim dönüşümü, coğrafi koordinatlar ile projeksiyon koordinatlar arası dönüşüm, epok kaydırma, hız, yükseklik dönüşümü,...) alanında gösterilebilecek kapsamlı masaüstü çalışmalardan biridir [10].

Haberleşme, pazarlama, eğitim, eğlence gibi pek çok alanda günlük yaşamın bir parçası haline gelen web hizmetleri haritacılık uygulamalarında da kendini göstermektedir. Günümüzde bu uygulamaları insanların daha çok kendilerini konumlandırabilme ve bir yerleri keşfetme ihtiyacından doğan Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanılması ile yaygınlaşan web yazılımları olarak görmekteyiz. Kullanıcının profiline göre haritacılık web uygulamalarının girdileri, çıktıları, sorgulamaları, analizi ve tasarımı farklılık arz etmektedir. Literatürde bu kapsamda yapılan çalışmalardan bazıları jeodezik yöntemlerle elde edilen verilerin değerlendirilmesine yöneliktir.

https://www.harita.gov.tr/ bağlantısında temel ödevler, koordinat ve datum dönüşümlerini kapsayan temel jeodezik hesaplamalardan son bir haftaya kadar deprem hareketlerini gösteren çevrimiçi haritalar yer almaktadır.

http://www.uky.edu/KGS/ bağlantısında Kentucky Üniversite'sinin çevrimiçi haritalar bölümünden koordinat dönüşümleri ile birlikte bölgeye ait jeolojik verilen görüntülendiği, sorgulandığı ve çıktı alınabildiği jeolojik amaçlı Harita Bilgi Servisi yer almaktadır.

Özaslan'nın 2011'de, *web tabanlı jeodezik amaçlı mekânsal veri tabanı tasarımı ve uygulamaları* isimli doktora tezi çalışmasında meslektaşların jeodezik ölçme yöntemleriyle elde edilen verilerini değerlendirme, yönetme, sonuçlarını görüntüleme ve istasyon koordinatlarının bir arada olduğu web tabanlı, aynı zamanda kullanıcının yetkilendirilerek giriş yapabileceği kişiye özel proje bazlı bir veri tabanı tasarlanmıştır. Veri tabanı olarak MySQL (Structured Query Language), web programlama dili olarak PHP (Hypertext Preprocessor) kullanılmıştır [11].

Görüldüğü gibi pek çok platform ve yazılım bulunmaktadır. Kullanılan yazılım açısından değerlendirildiğinde bunlara eklenecek bir başka alternatif ise MATLAB'te oluşturulan hesap ve grafik fonksiyonlarının MATLAB Builder NE ile birer ASP .Net bileşeni haline getirilerek uygun bir arayüz ile kullanıcıya sunmaktır. Bu yöntemle oluşturulan arayüz çalışmaları haritacılık uygulamaları dışında haberleşme, eğitim ve elektrik-elektronik alanlarında mevcuttur.

Batık vd., 2014'de, karmaşık ve fazla işlem barındıran fonksiyonların çözümü için kullanılan en yaygın yöntemlerden birisi GA (Genetik Algoritma) araç kutusu ile MATLAB programında çözümünü sağlamış ve .Net platformuna aktararak kullanımı kolay bir arayüz tasarlamıştır [12].

Yine aynı yöntemle Sönmez (2016) mühendislik alanında okutulan kontrol sistemleri denetimini ve analizini eğitim amaçlı uygulamak üzere web tabanlı bir arayüze taşımış ve bir web laboratuvarı tasarlamıştır [13].

Öztürk, 2010'da bulgularına göre MATLAB bileşenlerinin .Net ortamına aktarılmasıyla elde edilen çalışmaların eğitim alanında da kullanılmasının öğrenmeyi olumlu yönde etkileyeceği belirtilmiştir. ASP .Net ortamında MATLAB fonksiyonları ve WebFigure'ün kullanımı ile çözülen RLC Filtre devreleri web uygulamasının öğrencinin zamandan ve mekandan bağımsız her ortamda web üzerinden erişebilmesini ve harici bir program gerektirmeden uygulayabilmesi, öğrenmesini ve kavramasını kolaylaştıracağını savunmaktadır [14].

1.2 Tezin Amacı

Koordinat ve datum dönüşüm işlemleri dünyada olduğu gibi ülkemizde de sıkça kullanılan jeodezik dönüşüm işlemleridir. Günümüzde haritacılık alanında belirtilen jeodezik dönüşüm işlemlerinin web ortamında bir arada bulunduğu ve parametre hesabında kullanılan modellerin karşılaştırılarak çözüldüğü ve raporlandığı uygulamaların özellikle ülkemizde yetersiz olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada,

- koordinat ve datum dönüşüm işlemleri için MATLAB Builder NE ve WebFigure araçları yardımıyla ASP .Net ortamında Bootstrap teknolojisi aracılığı ile mobile duyarlı (responsive) bir web uygulaması geliştirilmesi,
- kullanıcının girdiği noktaların harita üzerinde doğru konumlarını göstermek için açık kaynak kodlu Leaflet CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) web yazılımı entegrasyonun sağlanması

amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Bu çalışma kapsamında iki farklı hipotez kurulmuştur:

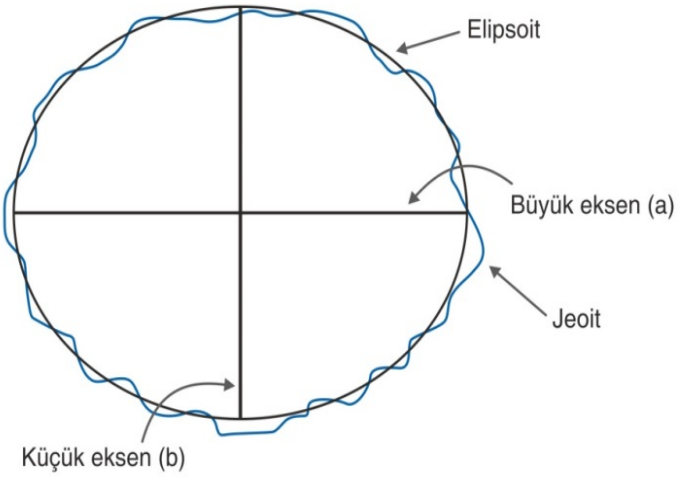
- Gerçekleştirilen yazılım koordinat ve datum dönüşüm problemleri çözümü için kullanıcıların gereksinimlerini tam ve doğru olarak karşılamaktadır.
- Gerçekleştirilen yazılım koordinat ve datum dönüşümü problemlerinin geleneksel süreçteki uzun analiz ve tasarım süreçlerini ortadan kaldırarak kullanıcılara zaman kaybını azaltmaktadır.

2
Jeodezik Referans Yüzeyleri ve Datum

2.1 Elipsoit

Yer yüzeyi şekil itibariyle karmaşık bir yapıdadır. Bu yapıyı ifade etmek için yalnızca koordinat sistemi yeterli değildir. Bunun yanında referans yüzeyi de gereklidir. Jeodezik çalışmalarda yatay konuma esas oluşturacak ideal referans yüzeyi elipsoit iken düşey konuma esas olacak referans yüzeyi jeoit alınmaktadır (Şekil 2.1).

Yatay konum için öngörülen referans yüzeyi elipsoit, yeryuvarının fiziksel şeklini en iyi temsil eden matematiksel bir yaklaşımdır. Diğer bir ifadeyle elipsoit hesap yüzeyi olarak seçilmiştir. Ülkemizde kullanılan referans elipsoitlerine ilişkin parametreler Tablo 2.1' de verilmektedir.



Şekil 2.1 Jeodezik referans yüzeyleri

Büyük yarı eksen (ekvator yarıçapı-a), küçük yarı eksen (kutup yarıçapı-b) ve basıklık (f) bir elipsoidin geometrisini belirleyen başlıca parametrelerdir (2.1). Bunun yanı sıra dönüşüm işlemlerinde sıkça kullanılan doğrusal dış merkezlik (E), kutup eğrilik yarıçapı (c), birinci dış merkezlik (e), ikinci dış merkezlik (e') parametreleri de yer

Tablo 2.1 Ülkemizde kullanılan referans elipsoitler ve parametreleri

Elipsoit	a	b	f
Hayford 1924	6378388	6356911.94613	1/297.0
WGS84	6378137	6356752.31424	1/298.257224
GRS80	6378137	6356752.31414	1/298.257222

almaktadır. (2.2)'deki eşitliklere göre yalnızca a ve f parametrelerinin bilinmesi hesaplama için yeterlidir.

$$f = \frac{a-b}{a} \tag{2.1}$$

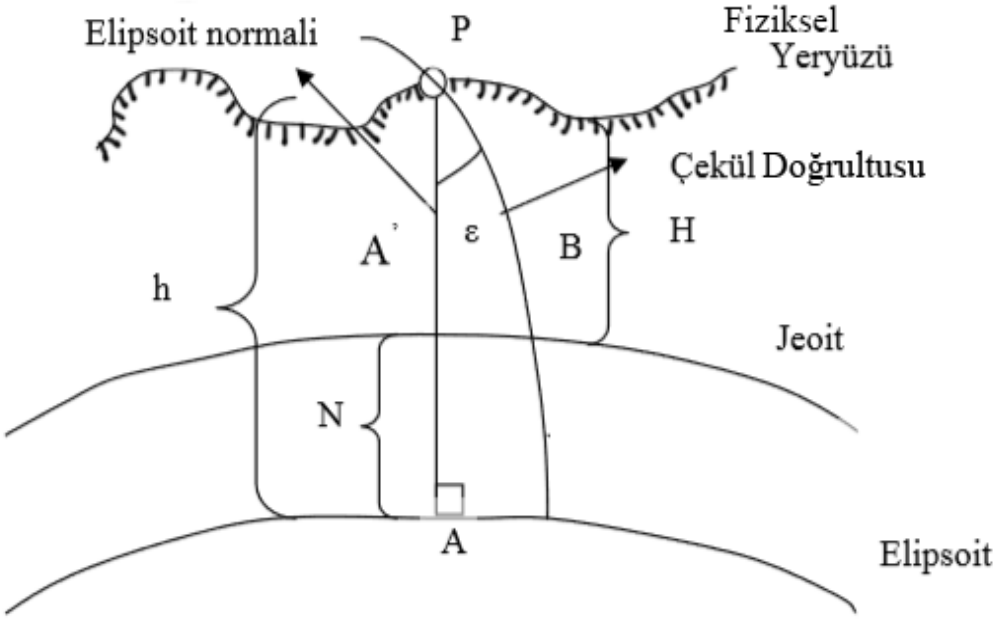
$$\begin{aligned} E &= \sqrt{a^2+b^2} \\ c &= \frac{a^2}{b} \\ e &= \frac{\sqrt{a^2-b^2}}{a} \\ e' &= \frac{\sqrt{a^2-b^2}}{b} \end{aligned} \tag{2.2}$$

2.2 Elipsoit ile Jeoit Arasındaki İlişki

Yükseklikler için referans kabul edilen jeoit yüzeyi, etkilerden arınmış durgun deniz yüzeyinin karalar altından da devam ettiği varsayılan fiziksel, kapalı ve düzensiz bir şeklidir. Jeoit yüzeyi sapmalar göstermesine rağmen durgun deniz yüzeyi ile çakışık kabul edilmektedir [2].

Jeoit, elipsoit gibi analitik ve modellenebilen bir yüzey olmadığından farklı yükseklik kavramları ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.2). Ortometrik, elipsoit ve jeoit yükseklikleri jeodezik çalışmalardan elde edilen ve birbirleriyle ilişkili yükseklik verileridir. Ortometrik yükseklik (H), jeoit yüzeyine dayalı harita ve ölçme uygulamalarında yaygın olarak kullanılan yüksekliktir. Elipsoit yüksekliği (h) referans elipsoidine dayalı uydu gözlemleri ile elde edilen konum bilgisidir. Jeoit yüksekliği, diğer adıyla jeoit ondülasyonu (N) ise elipsoit ile jeoit arasında elipsoit normali boyunca ölçülen düşey uzaklıktır (2.3). Elipsoit ve ortometrik yükseklikler arasındaki geçiş jeoit yüksekliğinin bilinmesi ile mümkündür.

$$h = H + N \tag{2.3}$$



Şekil 2.2 Jeodezik yükseklikler arasındaki ilişki [15]

2.3 Datum

Referans yüzeyi parametreleri ile birlikte datum kavramı da ortaya çıkmaktadır. Latince'de gerçek anlamına gelen datum, data sözcüğünün tekil halidir. Datum, hesaplamalarda kullanılan referans, temel ve değişmez nicelikler olarak tanımlanır [16].

Jeodezide kullanılan datum ise; jeodezik hesapların yapılabilmesi için matematiksel olarak tanımlı ve yer yüzeyini en iyi temsil eden referans yüzeylerinin konumunu belirleyen parametre bilgileridir. Bu parametreler kendisine bağlı bir koordinat sistemini tanımlamaktadır. Dolayısıyla referans yüzeyi parametrelerindeki farklılık, faklı datumları ve farklı koordinat sistemlerini ortaya çıkaracaktır [17].

Tablo 2.2 Ülkemizde kullanılan datumlar ve özellikleri [18]

Datum	Elipsoit	Kullanım alanı	Merkez
ED50	Hayford 1924	Avrupa, Orta Doğu, Kuzey Afrika	Postdam
WGS84	WGS84	Küresel	Dünyanın kütle merkezi
ITRF96	GRS80	Küresel	Dünyanın kütle merkezi

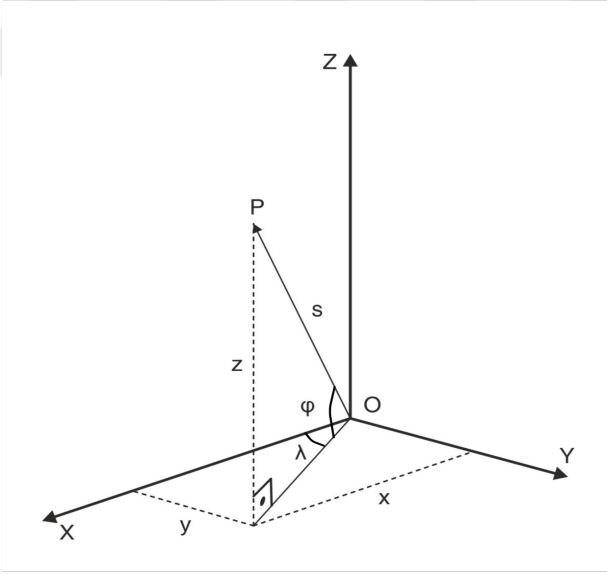
Tablo 2.2' ye göre ülkemizde topografik harita üretiminde kullanılan ülke koordinat sistemi, Hayford elipsoidi parametrelerine dayalı ED50 datumuna bağlı bir sistemdir. Bu sistem iki boyutlu olup başlangıç noktası Helmert Kulesi'dir. Aynı isimle datumu bulunan WGS84 elipsoidi üzerine üç boyutlu bir koordinat sistemi kararlaştırılmıştır. Yer merkezli olan bu sistemin başlangıç noktası dünyanın ağırlık merkezidir.

1979 yılında Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği tarafından referans elipsoidi olarak kabul edilmiş ve dünyada birçok ülkede temel referans elipsoidi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Üç boyutlu *(X,Y,Z)* koordinat sistemini üreten ITRF datumunun kullandığı referans elipsoidi GRS80'dir. WGS84 elipsoidi ile GRS80 elipsoidi arasındaki fark Tablo 2.1'de görüldüğü gibi oldukça küçük olduğundan ITRF koordinatları WGS84 ile ifade edilebilir.

ITRF (International Terrestrial Reference Frame), yeryüzünde meydana gelen değişiklikleri izlememizi sağlar. Bu değişikliklerin anlamlı olup olmadığının belirlenebilmesi için kullanılan ITRF sistemi jeodezik uzay tekniklerinden (GPS, VLBI, SLR, LLR ve DORIS) yararlanarak doğruluğu arttırılmakta ve IERS (International Earth Rotation Service, 1987) gözlem istasyonları ile yıllara (ITRF88, ITRF89,...,ITRF96,...,ITRF05,...,ITRF14) göre güncel tutulmaktadır [5].

2.4 Koordinat Sistemleri

Uzaydaki bir noktanın koordinatları teorik olarak Dik (Kartezyen) Koordinatlar veya Kutupsal Koordinatlar yöntemleri ile gösterilebilir.

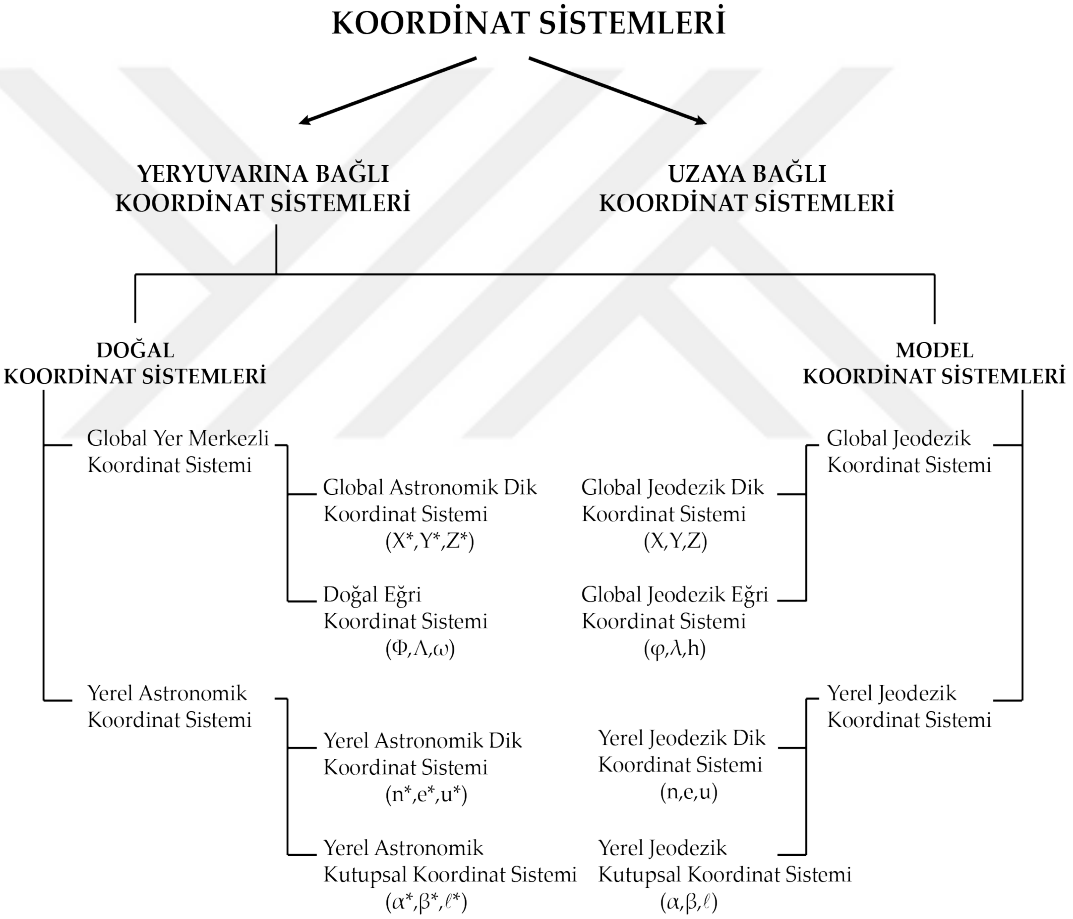


Şekil 2.3 Dik ve kutupsal koordinat sistemleri arasındaki ilişki

Burada dik koordinatlar sistemi üç boyutlu olup birbirine dik iki eksen ve bu eksenlerin oluşturduğu düzleme dik üçüncü bir eksenden oluşmaktadır. Nokta koordinatı başlangıç noktasından geçen düzlemlere olan dik uzaklıklarla ifade edilir ve X, Y, Z bileşenleri ile tanımlanır. Kutupsal koordinatlar ise noktayı orjine bağlayan doğrultuda uzunluk ve bu doğrultunun düzlemlerle yapmış olduğu açılarla gösterilir ve φ, λ, s parametreleri ile tanımlanır (Şekil 2.3).

$$
\begin{aligned}
z &= s \sin \varphi \\
y &= s \cos \varphi \sin \lambda \\
x &= s \cos \varphi \cos \lambda
\end{aligned} \tag{2.4}
$$

Kutupsal koordinatları verilen bir noktanın dik koordinat sistemindeki karşılığı (2.4)' deki gibi hesaplanır. Her iki gösterimde de bir noktanın konumunu belirlemek için başlangıç noktası, eksenlerin yönü ve ölçeği belli olan datuma sahip bir koordinat sistemine ihtiyaç vardır.



Şekil 2.4 Jeodezik koordinat sistemleri

Jeodezide kullanılan koordinat sistemlerini temel olarak Şekil 2.4' deki gibi sınıflandırmak mümkündür. Yeryüzündeki noktaların koordinatlarını belirlemek için kullanılan yeryuvarına bağlı koordinat sistemi, dünya ile birlikte döner ve dünyaya göre sabittir. Yeryüzünün işaretlenmiş noktalarına dayalı olarak tanımlanır. Gök cisimlerinin hareketli kabul edildiği uzaya bağlı koordinat sisteminde, diğer adıyla göksel koordinat sisteminde ise uyduların konumları yeryuvarı dışında bulunan

cisimlere (yıldızlar, ay, kuasarlar,..) bağlantı kurularak belirlenir [19].

Bilindiği gibi fiziksel yeryüzünün hareketli ve düzensiz olması hesaplamalara uygun modellenebilen bir yüzeyin kabulünü zorunlu kılmıştır. Bu yüzey yeryuvarına (jeoit) geometrik açıdan en çok benzeyen dönel elipsoittir. Bu kapsamda iki farklı yüzeyle ilişkilendirilen koordinat sistemlerine doğal ve model koordinat sistemleri adı verilmektedir. Doğal koordinat sistemi fiziksel gözlemlere dayanak olurken model koordinat sistemi hesaplamalara dayanak olan sistemdir. Doğal ve model koordinat sistemlerinin başlangıç noktaları ve eksen yönleri farklılık göstermektedir [19]. Bu açıdan her iki koordinat sistemi de ayrı başlıklar altında ele alınacaktır.

2.4.1 Doğal Koordinat Sistemleri

Jeodezide yapılan klasik gözlemler ve ölçüler doğal koordinat sistemleri esas alınarak yapılır. Geniş çapta jeodezik ölçümler için yeryuvarı ağırlık merkezinin, küçük çapta jeodezik ölçümler için yeryüzündeki herhangi bir noktanın başlangıç noktası alındığı bu koordinat sistemi üç boyutludur. Global ve yerel olmak üzere iki başlık altında incelenebilir.

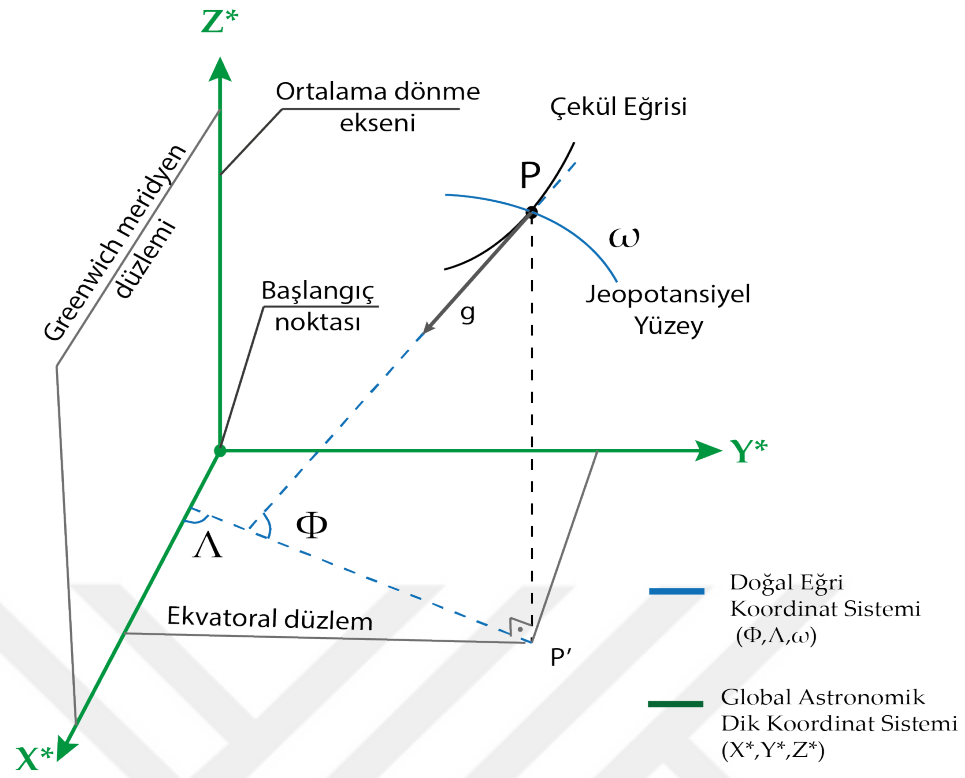
2.4.1.1 Global Yer Merkezli Koordinat Sistemleri

Başlangıç noktası yeryuvarının ağırlık merkezi olan global yer merkezli koordinat sistemlerinde P noktasının konumunu dik koordinatlarla ifade etmek gerekirse (Şekil 2.5);

- Z^* ekseni, kuzey kutup doğrultusunda pozitif yönde yeryuvarının ortalama dönme eksenidir.
- X^* ekseni, Z^* eksenine dik ve Greenwich meridyen düzlemi ile ekvatoral düzlemi ara kesitidir.
- Y^* ekseni, sağ el kuralına göre ekvatoral düzlemde X^* ekseninden 90° doğuya doğru açılan doğrultudadır.

Başlangıç noktası yeryuvarının ağırlık merkezi olan global yer merkezli koordinat sistemlerinde P noktasının konumunu eğri koordinatlarla ifade etmek gerekirse;

- Λ astronomik boylamı, Greenwich meridyen düzlemi ile P'nin astronomik meridyen düzlemi arasındaki açıdır.



Şekil 2.5 Global yer merkezli koordinat sistemleri

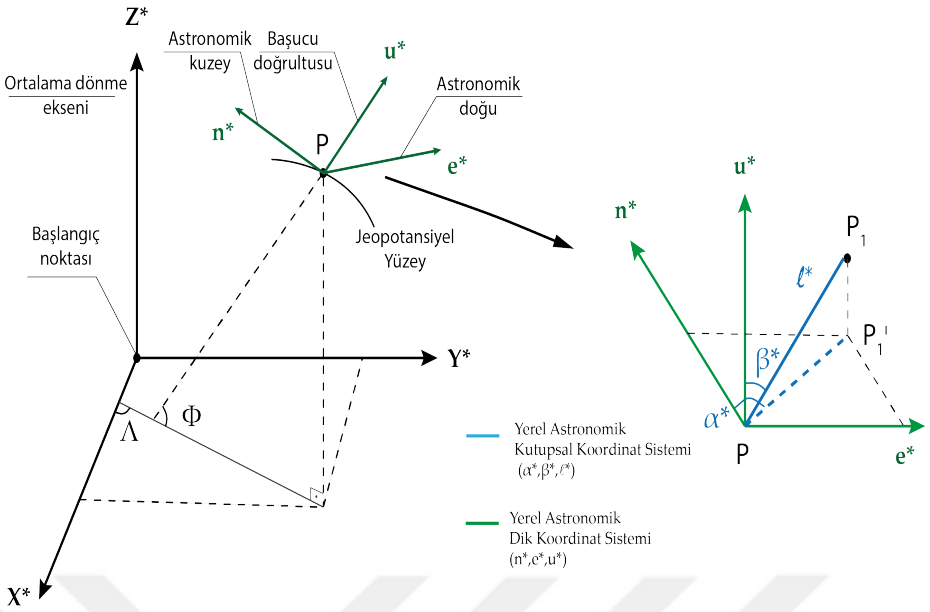
- ϕ astronomik enlemi, P noktasındaki gravite doğrultusu ile ekvatoral düzlem arasındaki açıdır.
- ω, nivelman geçkileriyle belirlenen P noktasından geçen jeopotansiyel yüzey farkıdır.

2.4.1.2 Yerel Astronomik Koordinat Sistemleri

Yerel astronomik koordinat sistemleri elemanları, P_1 hedef noktasını, P başlangıç noktasına bağlayan doğrultuya göre tanımlanan elemanlardan oluşmaktadır.

Başlangıç noktası, üzerine alet kurulan yeryüzündeki herhangi bir P noktası olan yerel astronomik dik koordinat sistemini tarnımlamak gerekirse (Şekil 2.6);

- u^* ekseni, pozitif yönde P noktasından geçen nivo yüzeyinin bu noktadaki normali ya da çekül doğrultusudur.
- n^* astronomik kuzey doğrultusu, noktadan geçen nivo yüzeyine bu noktada teğet düzlem içerisinde kalan ve kuzeye yönelen doğrultudur.
- e^* astronomik doğu, teğet düzlemde n^* eksenine dik doğrultudur.



Şekil 2.6 Yerel astronomik koordinat sistemleri

Başlangıç noktası, üzerine alet kurulan yeryüzündeki herhangi bir P noktası olan yerel astronomik kutupsal koordinat sisteminde,

- α^* astronomik azimut, yatay düzlem üzerinde astronomik kuzey doğrultusu ile hedef doğrultusunun yataydaki izdüşümü arasındaki açıdır.
- β^* zenit uzaklığı, başucu doğrultusu ile başlangıç noktasını hedefe bağlayan doğrultu arasındaki açıdır.
- l^* başlangıç noktası ile hedef arasındaki uzunluğu göstermektedir (Şekil 2.6).

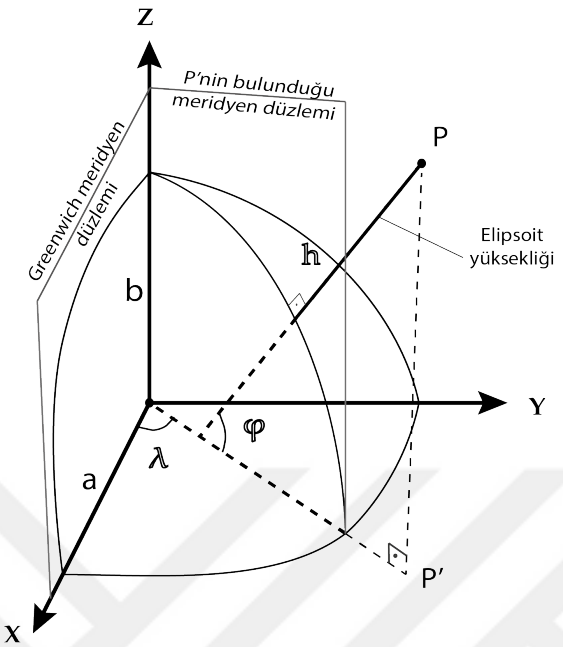
2.4.2 Model Koordinat Sistemleri

Sanal bir referans yüzeyinin model alınmasıyla tanımlanan model koordinat sistemleri referans koordinat sistemleri olarak da bilinmektedir. Referans yüzeyi kutuplarda basık bir meridyen elipsinin kendi etrafında döndürülmesiyle oluşan matematiksel olarak kolay ifade edilebilen ve yeryuvarına en çok benzeyen dönel elipsoittir.

2.4.2.1 Global Jeodezik Koordinat Sistemleri

Doğal koordinat sistemine benzer bir şekilde, Z ekseni dönel elipsoidin pozitif yöndeki dönme ekseni olup elipsodin küçük yarıçapına karşılık gelmektedir. Elipsoit yüzeyi ile Greenwich meridyen düzlemi elipsoidin ekvator düzleminin ara kesiti X eksenini

ve bu eksenden ekvator düzlemi boyunca 90° doğuya açılan doğrultu ise Y eksenini oluşturmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Global jeodezik koordinat sistemleri

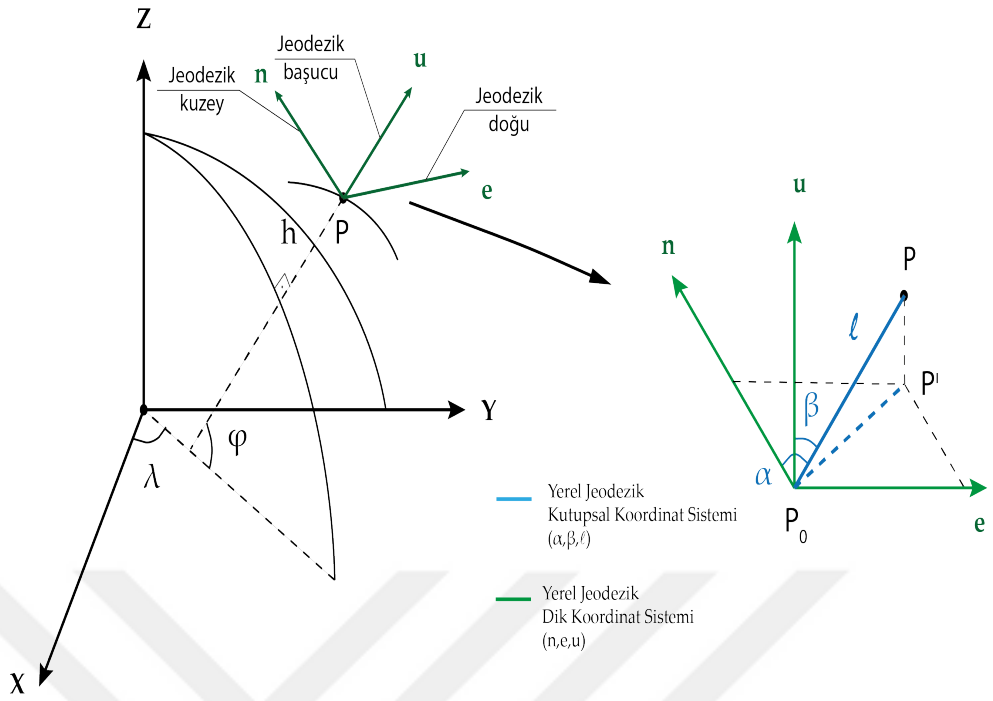
Elipsoit üzerindeki bir noktanın konumu meridyen elipsleri ve paralel daireleri ile tanımlanır.

φ jeodezik enlem, ekvator düzleminin P noktasının elipsoit normali ile yapmış olduğu açıdır. P noktasının bulunduğu meridyen düzlemi ile Greenwich düzlemi arasındaki X ekseninden doğu yönünde yaptığı açıya jeodezik boylam denir ve λ ile gösterilir. P noktasının normali doğrultusundaki elipsoit yüzeyine kadar olan yüksekliğe elipsoit yüksekliği denir ve h ile gösterilir (Şekil 2.7).

2.4.2.2 Yerel Jeodezik Koordinat Sistemleri

Yerel jeodezik dik koordinat sistemi, başlangıcı yeryüzünde herhangi bir P noktası olmak üzere yerel astronomik dik koordinat sistemine karşılık gelen sol el koordinat sistemidir (Şekil 2.8).

- u ekseni, elipsoidin dışına doğru uzanan elipsoit normali üzerinde jeodezik başucu doğrultusudur.
- n ekseni, başlangıç noktasının jeodezik meridyen düzlemi ile elipsoit normaline dik olan düzlemin ara kesiti olup pozitif yönde jeodezik kuzeyi gösterir.



Şekil 2.8 Yerel jeodezik koordinat sistemleri

- e ekseni, sol el koordinat sistemini oluşturacak şekilde jeodezik doğuyu gösteren doğrultudur.

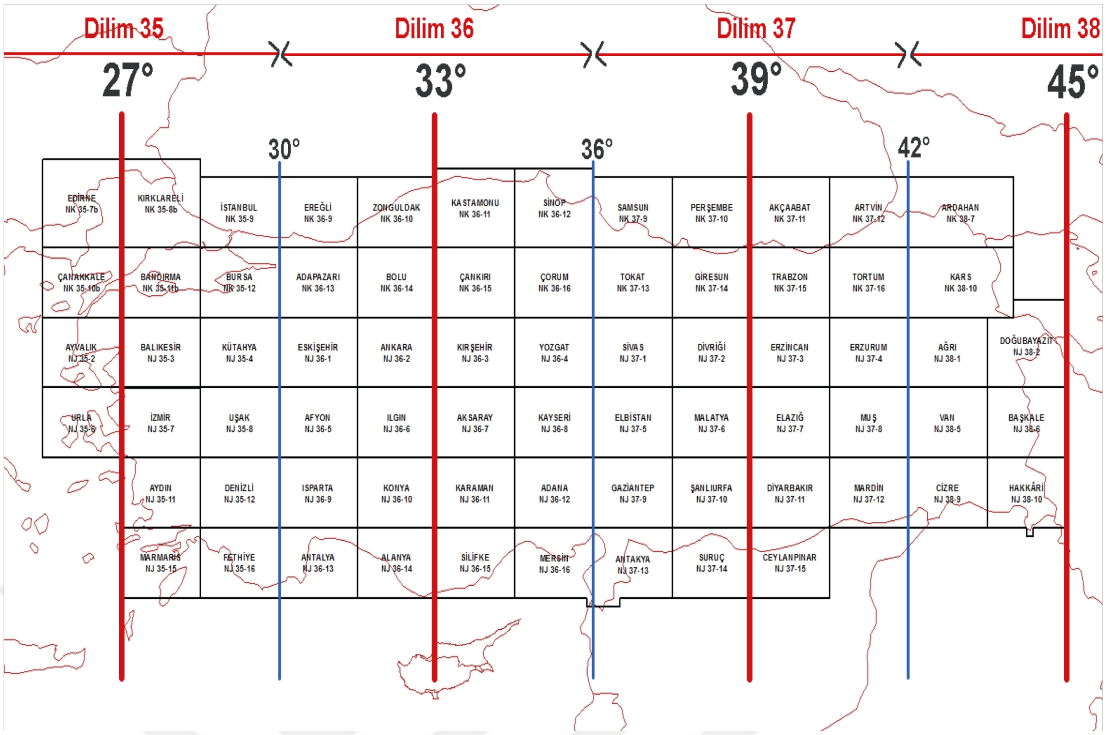
Dik koordinat sistemine karşılık gelen kutupsal koordinatlar P hedef noktasını merkeze bağlayan doğrultu yardımıyla tanımlanır (Şekil 2.8):

- α açısı, başlangıç noktasından geçen kuzey ekseni ile hedef doğrultusunun yatay düzlemdeki izdüşümü arasındaki jeodezik azimuttur.
- β açısı, elipsoit normali ile hedef doğrultusu arasındaki açıdır.
- l doğrusu, jeodezik zenit uzaklığı ve başlangıcı hedefe bağlayan uzunluktur.

2.4.3 Projeksiyon Koordinatları

Harita projeksiyonu, yeryüzünün düz veya açılımı düz olan silindir, koni ve düzlem yüzeylere açı, uzunluk ve alan deformasyonuna uğrayarak izdüşürülmesi işlemidir.

Jeodezik çalışmalarda elipsoit kabul edilen yeryüzünün 1:5000 ve daha büyük ölçekli harita üretiminde Gauss-Kruger projeksiyonu kullanılmaktadır. Gauss-Kruger projeksiyonu, diğer adıyla Transversal Mercator (TM) projeksiyon, elipsoidin düzleme konform (açı koruyan) projeksiyonu olarak bilinmektedir.



Şekil 2.9 Türkiye dilim orta meridyenleri [20]

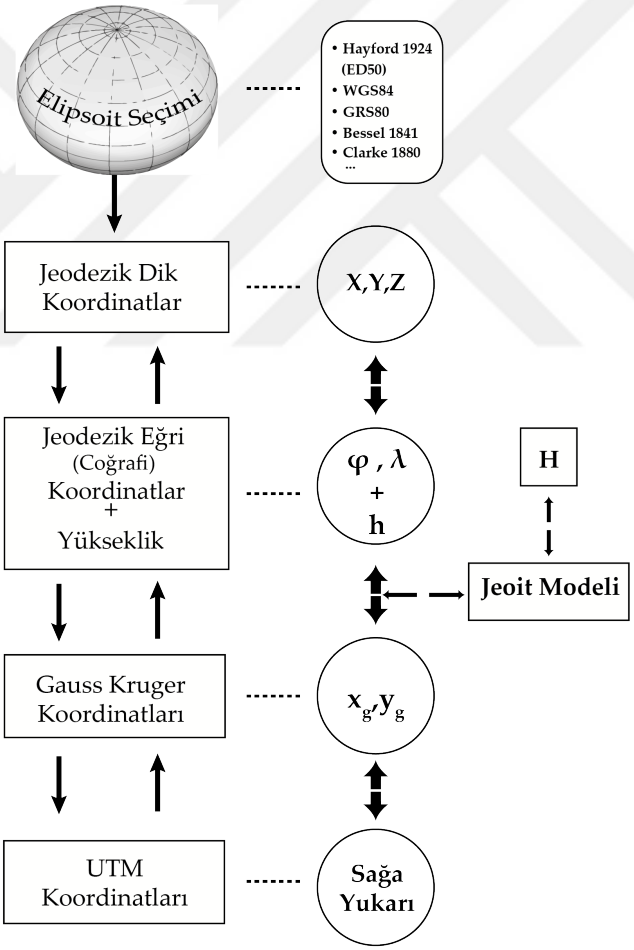
Gauss-Kruger projeksiyonunda üretilecek haritanın ölçeğine göre haritası yapılacak alan 3° lik veya 6° lik dilimlere ayrılmıştır. Ülkemizde büyük ve orta ölçekli harita üretimi Gauss-Kruger koordinatlarının 3° dilim esasına göre ifade edilirken küçük ölçekli harita üretimi 6° dilim genişliği esas alınarak hesaplanmaktadır (Şekil 2.9). 6° lik dilim genişliğine bağlı üretilen haritaların koordinatlarına Universal Transversal Mercator (UTM) koordinatları denilmektedir. Her dilimin orta meridyeni (başlangıç meridyeni) x eksenini, ekvator izdüşümü ise y eksenini göstermek üzere x ve y doğrularının birleştiği yer koordinat sisteminin başlangıç noktasını gösterir. Dolayısıyla her dilim kendi içinde ayrı bir koordinat sistemini ifade eder.

Üretilen harita koordinatları projeksiyon düzleminde orijine göre kuzey ve doğuya doğru artarak devam ettiğinden ve uygulamada karışıklığa sebep olmaması için Gauss-Kruger koordinatları yerine sağa ve yukarı (easting, northing) isimleri kullanılmaktadır. Deformasyon miktarının hesaba katılmasıyla m_0 ölçek faktörü 3° lik dilimde 1 alınırken 6° lik dilimde 0.9996 alınır ve Gauss-Kruger koordinatları ile ölçeklendirilerek sağa yukarı değerler hesaplanır. Ancak sağa değer hesaplanırken başlangıç meridyeninin solunda yer alan y_g değerinin negatif olmasından dolayı üzerine 500000 eklenir (2.5).

$$\begin{aligned} \text{Yukari deger} &= x_g * m_0 \\ \text{Saga deger} &= y_g * m_0 + 500000 \end{aligned} \tag{2.5}$$

2.4.4 Koordinat Dönüşümü

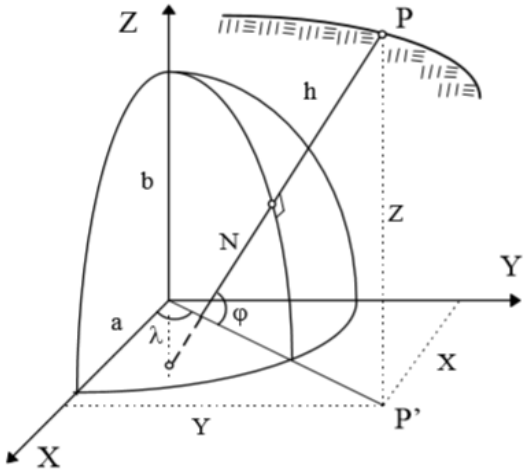
Koordinat dönüşümü, bir noktaya ait koordinatların belli bir datum üzerinde farklı parametrelerle gösterilmesi için yapılan bir izdüşüm hesabıdır. Şekil 2.10'daki akış şemasında koordinat değişimi sırasında kullanılan elipsoit parametrelerinin aynı olmasına dikkat edilmelidir. Çift taraflı geçişin mümkün olduğu koordinatlar notasyonları ile gösterilmiş, yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya doğru dönüşüm hesaplarına yer verilmiştir.



Şekil 2.10 Koordinat dönüşümü

2.4.4.1 Jeodezik Dik Koordinatlar ile Jeodezik Eğri Koordinatlar Arasındaki İlişki

P yeryüzü noktasının jeodezik dik koordinatları *X,Y,Z* ; jeodezik eğri koordinatları diğer bir ifadeyle coğrafi koordinatları φ (enlem), λ (boylam) ve h elipsoit yüksekliği arasında dönüşüm işlemleri 2.6'da verilmiştir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Jeodezik dik koordinatlar ile eğri koordinatlar arasındaki ilişki [19]

Bir noktanın eğri koordinatlardan jeodezik dik koordinatlara dönüşüm işlemi,

$$\begin{aligned} X &= (N+h)\cos\varphi\cos\lambda \\ Y &= (N+h)\cos\varphi\sin\lambda \\ Z &= (\frac{b^2}{a^2}N+h)\sin\varphi \end{aligned} \tag{2.6}$$

bağlantılarıyla sağlanır.

Burada N meridyen eğrilik yarıçapı olup dayandığı referans elipsoit parametrelerinin bir sonucudur:

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2cos^2\varphi + b^2sin^2\varphi}} \tag{2.7}$$

Jeodezik dik koordinatlardan eğri koordinatlara geçiş için iterasyon yöntemi tercih edilir. İterasyon yolu ile hesaplanan coğrafi enlemin kesin değerine ulaşılmasından sonra elipsoit yüksekliği bulunur. Coğrafi boylam ve elipsoit yüksekliği,

$$\lambda = \arctan\frac{Y}{X} \tag{2.8}$$

$$h = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{cos\varphi} - N \tag{2.9}$$

eşitliklerinden yararlanılarak bulunur. Eğri koordinatların iterasyon yöntemi ile hesabı için (2.6) bağlantıları kullanılır.

$$\frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} = \frac{(\frac{b^2}{a^2}N + h)\sin\varphi}{(N + h)\cos\varphi} \tag{2.10}$$

eşitliği çözüldüğünde

$$\tan\varphi = \frac{Z(N + h)}{\sqrt{X^2 + Y^2}(\frac{b^2}{a^2}N + h)} \tag{2.11}$$

$$\frac{b^2}{a^2} = 1 - \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 1 - e^2 \tag{2.12}$$

$$\tan\varphi = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}(1 - e^2\frac{N}{N+h})} = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}}(1 - e^2\frac{N}{N + h})^{-1} \tag{2.13}$$

elde edilir.

Meridyen eğrilik yarıçapının elipsoit yüksekliğine göre çok büyük olması nedeniyle N/(N+h) değeri 1'e oldukça yakındır. (2.13)' de N/(N+h)≈ 1 alınırsa başlangıç enlem değeri bulunur.

$$\tan\varphi_0 = \frac{Z}{X^2 + Y^2}(1 - e^2)^{-1} \tag{2.14}$$

Daha sonra (2.7)' deki N_0 ve (2.9)'daki h_0 değerleri hesaplanır ve (2.14)'e göre yeni φ değeri elde edilir. Bu φ değeriyle bir önceki arasındaki fark öngörülen sınır değerinden küçük kalıncaya kadar iterasyona devam edilir [19].

2.4.4.2 Eğri Koordinatlar ile Projeksiyon Koordinatlar Arasındaki İlişki

Bu ilişki Şekil 2.10'da gösterildiği gibi yeryüzündeki bir noktanın eğri koordinatları (φ, λ) ile düzlem dik koordinatları olarak bilinen projeksiyon koordinatları (x_g, y_g) arasındaki çift taraflı dönüşümü anlatmaktadır.

φ coğrafi enlem radyan biriminde olmak üzere, öncelikle meridyen yay uzunluğu hesap edilir (2.15).

$$B = \varphi + \beta\sin 2\varphi + \gamma\sin 4\varphi + \delta\sin 6\varphi \tag{2.15}$$

Burada α, β, γ ve δ referans elipsoit parametrelerinden hesaplanan katsayılardır. e' ikinci dış merkezlik olmak üzere;

$$\begin{aligned}
\alpha &= \frac{a^2}{b}(1-\frac{3}{4}e'^2+\frac{45}{64}e'^4-\frac{175}{256}e'^6+\frac{11025}{16384}e'^8)\\
\beta &= -\frac{a^2}{2b}(\frac{3}{4}e'^2-\frac{15}{16}e'^4+\frac{525}{512}e'^6-\frac{2205}{2048}e'^8)\\
\gamma &= \frac{a^2}{4b}(\frac{15}{64}e'^4-\frac{105}{256}e'^6+\frac{2205}{4096}e'^8)\\
\delta &= \frac{a^2}{6b}(\frac{35}{512}e'^6-\frac{215}{2048}e'^8)
\end{aligned} \tag{2.16}$$

bağlantılarıyla hesap edilir ve (2.15)'de yerine konularak meridyen yay uzunluğu bulunur [21].

Guass-Kruger koordinatları için λ_0 dilim orta meridyeni olmak üzere,

$$\eta^2 = e'^2\cos^2\varphi, \qquad N = \frac{a^2}{b\sqrt{1+\eta^2}}, \qquad \Delta\lambda = \lambda-\lambda_0, \qquad t = \tan\varphi \tag{2.17}$$

ara işlemleri yapıldıktan sonra bu eşitlikler (2.18)'de yerine konulur ve projeksiyon koordinatları elde edilir [21].

$$\begin{aligned}
x_g &= B+\frac{N}{2}\cos^2\varphi\tan\varphi(\Delta\lambda)^2+\frac{N}{24}cos^4\varphi\tan\varphi(5-\tan^2\varphi+9\eta^2)(\Delta\lambda)^4\\
y_g &= N\cos\varphi\Delta\lambda+\frac{N}{6}cos^3\varphi(1-\tan^2\varphi+\eta^2)\Delta\lambda^3+\frac{N}{120}\cos^5\varphi(5-18\tan^2\varphi+\tan^4\varphi)\Delta\lambda^5
\end{aligned} \tag{2.18}$$

Dilim genişliği 3° veya 6° olması durumunda UTM koordinatları sırasıyla,

$$\begin{aligned}
\text{Yukarı değer} &= x_g\\
\text{Sağa değer} &= y_g+500000
\end{aligned} \tag{2.19}$$

$$\begin{aligned}
\text{Yukarı değer} &= x_g*0.9996\\
\text{Sağa değer} &= y_g*0.9996+500000
\end{aligned} \tag{2.20}$$

eşitlikleriyle bulunur.

Gauss-Kruger koordinatlarından coğrafi koordinatlara geçiş için öncelikle aşağıdaki (2.21) ve (2.22) bağlantılarıyla φ_0 yaklaşık enlem değeri hesaplanır.

$$c = \frac{a^2}{b}, \quad \rho = \frac{180}{\pi}, \quad s = x_g / A' \tag{2.21}$$

$$\begin{aligned} A' &= \frac{c}{\rho}(1 - \frac{3}{4}e'^2 + \frac{45}{64}e'^4 - \frac{175}{256}e'^6 + \frac{11025}{16384}e'^8 + ...) \\ B' &= \rho(\frac{3}{8}e'^2 - \frac{3}{16}e'^4 + \frac{213}{2048}e'^6 - \frac{255}{4096}e'^8 + ...) \\ C' &= \rho(\frac{21}{256}e'^4 - \frac{21}{256}e'^6 + \frac{533}{8192}e'^8 + ...) \\ D' &= \rho(\frac{151}{6144}e'^6 - \frac{453}{12288}e'^8 + ...) \end{aligned} \tag{2.22}$$

(2.21) ve (2.22) eşitlik değerleri (2.23)'de yerine konularak iterasyonu başlatacak enlem değerine ulaşılmış olur. Buradan bulunan enlem (2.24) eşitliklerinde kullanılarak B_i katsayıları hesaplanır:

$$\varphi_0 = s + B' \sin 2s + C' \sin 4s + D' \sin 6s + ... \tag{2.23}$$

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{\rho}{N_0 \cos\varphi_0} \\ B_2 &= -\frac{t_0 \rho}{2N_0^2}(1 + \eta_0^2) \\ B_3 &= -\frac{\rho}{6N_0^3 \cos\varphi_0}(1 + 2t_0^2 + \eta_0^2) \\ B_4 &= \frac{t_0 \rho}{24N_0^3}(5 + 3t_0^2 + 6t_0^2\eta_0^2) \\ B_5 &= \frac{\rho}{120N_0^5 \cos\varphi_0}(5 + 28t_0^2 + 24t_0^4) \end{aligned} \tag{2.24}$$

Son olarak x_g, y_g koordinatlarından φ, λ coğrafi koordinatlara geçiş (2.25) bağlantıları ile sağlanır [22].

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_0 + B_2 y^2 + B_4 y^4 + ... \\ \lambda &= \lambda_0 + B_1 y + B_3 y^3 + B_5 y^5 + ... \end{aligned} \tag{2.25}$$

3
Datum Dönüşümü

Koordinat dönüşümü ile datum dönüşümü çoğu kez karıştırılmaktadır. Koordinat dönüşümü aynı datum içinde bir koordinat sisteminde belirlenmiş olan nokta kümesinin ikinci bir sisteme dönüştürülmesi iken; datum dönüşümü iki ayrı datumdaki nokta koordinatlarının, bir datumdan diğerine dönüştürülmesi işlemidir.

Yeryüzünü ölçme sistemleri teknolojik anlamda geliştikçe alınan modellere bağlı olarak farklı koordinat sistemleri geliştirilmektedir. Böylece eski koordinat sisteminde oluşturulan bir çalışmanın günümüz koordinatlarına dönüştürülmesi veya tersi işlemi kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu işlem, koordinat sistemlerinden birinin eksen doğrultularında kaydırılması, döndürülmesi ve koordinatların belli oranda küçültülmesi ya da büyütülmesi ile sağlanır [23].

Jeodezide datumlar arasındaki dönüşüm ilişkisi geometrik olarak iki boyutlu veya üç boyutlu benzerlik ve afin dönüşüm modelleri ile sağlanmaktadır. İki sistem arasındaki dönüşüm probleminin çözümü, fonksiyonel modeli belirleyen dönüşüm parametrelerinin hesaplanması ile mümkündür.

Dönüşüm parametrelerinin belirlenebilmesi için her iki datumda koordinatları bilinen belirli sayıda ortak (eşlenik) noktaya ihtiyaç vardır. Bu ortak noktaların çalışma alanını kapsamasına ve alana olabildiğince homojen dağılmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca çözüme katkı sunacak ortak nokta sayısının kullanılan dönüşüm modelindeki parametre sayısının iki katı kadar serbestlik derecesini sağlayacak şekilde olması gerekmektedir. Ortak nokta sayısının fazla olması dönüşüm doğruluğunu doğrudan etkilemektedir [23].

Jeodezik çalışmalarda en sık kullanılan datum dönüşüm modelleri iki ve üç boyutlu benzerlik ve afin dönüşüm yöntemleridir.

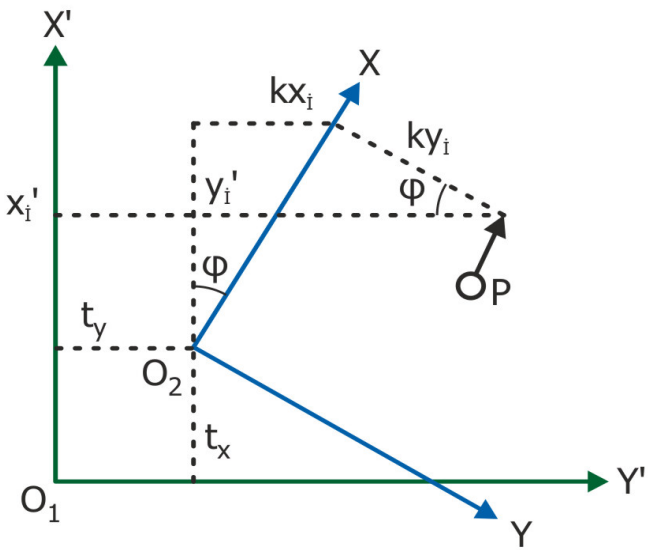
3.1 İki Boyutlu Datum Dönüşüm Modelleri

3.1.1 Benzerlik (Helmert) Dönüşümü

Benzerlik dönüşümü 4 parametreli dönüşüm modeli olarak da bilinmektedir. Bu model, dönüşüm sonrası kendini koruyan karakteristik bir özelliğe sahiptir. Benzerlik dönüşümünün amacı geometrik şekli korumaktır.

Model üç aşama sonucu tamamlanmaktadır:

1. İki koordinat sistemini de eşit boyutlara getirebilmek için ölçekleme,
2. Koordinat eksenlerini paralel hale getirebilmek için döndürme,
3. İki koordinat sisteminin başlangıç noktalarını çakıştırmak için öteleme [24]



Şekil 3.1 İki boyutlu benzerlik dönüşümü

Şekil 3.1' de görüldüğü gibi benzerlik dönüşümünde, dönüşümden önceki şekil dönüşümden sonraki şekle benzerdir. Dönüşüm parametrelerinde tek bir ölçek faktörü olduğu için açılar korunur. Eksenler, ölçek katsayısı miktarına göre aynı oranda büyür veya küçülür [24].

Bir ölçek, bir dönüklük ve iki öteleme parametrelerinin bulunduğu dört parametreli benzerlik dönüşüm modeli,

$$\mathbf{X}' = \mathbf{T} + k\mathbf{R}\mathbf{X} \tag{3.1}$$

olarak tanımlanır Burada,

X' birinci sistem koordinatlarını, **X** ikinci sistem koordinatlarını, **T** vektörü öteleme parametrelerini, k ölçek faktörünü, **R** dönüklük matrisini temsil etmekte olup her nokta için modelin açık formu,

$$\begin{aligned} x_i' &= t_x + k\cos\varphi\, x_i - k\sin\varphi\, y_i \\ y_i' &= t_y + k\cos\varphi\, y_i + k\sin\varphi\, x_i \end{aligned} \tag{3.2}$$

şeklinde gösterilir.

$$a = k\cos\varphi, \quad b = k\sin\varphi \tag{3.3}$$

kısaltmalarıyla doğrusal olmayan eşitlik doğrusal hale getirilir:

$$\begin{aligned} x_i' &= t_x + a x_i - b y_i \\ y_i' &= t_y + a y_i + b x_i \end{aligned} \tag{3.4}$$

(3.4) dönüşüm eşitliklerinde düzeltme denklemleri,

$$\begin{pmatrix} x_i' \\ y_i' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_{x_i'} \\ v_{y_i'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & x_i & -y_i \\ 0 & 1 & y_i & x_i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ a \\ b \end{pmatrix} \tag{3.5}$$

$$\mathbf{l} + \mathbf{v} = \mathbf{A}\mathbf{x} \tag{3.6}$$

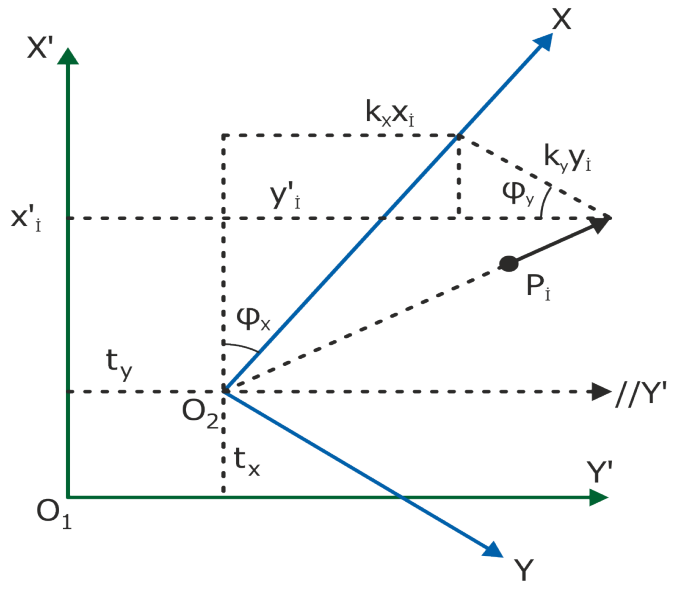
olur. P ağırlık matrisi olmak üzere düzeltme denklemleri ile birlikte en küçük kareler yöntemine göre bilinmeyenler hesaplanır (3.7), ölçek ve dönüklük parametreleri (3.8)' deki gibi bulunur:

$$\mathbf{Nx\text{-}n = 0} \quad \text{(normal denklemler)}$$
$$(N = A^T PA \quad , \quad n = A^T Pl)$$
$$Q_{xx} = N^{-1} \quad \text{(bilinmeyenlerin kofaktör matrisi)}$$
$$\mathbf{x} = Q_{xx}\mathbf{n} = \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ a \\ b \end{pmatrix} \tag{3.7}$$

$$k = \sqrt{a^2 + b^2} \quad , \quad \varphi = \arctan\frac{b}{a} \tag{3.8}$$

3.1.2 İki Boyutlu Afin Dönüşümü

Bu dönüşüm X ve Y eksenleri yönünde farklı ölçek ve dönüklük parametrelerine sahip olması sebebiyle benzerlik dönüşümünden farklıdır. Bu farklılık açı koruma özelliğini ortadan kaldırmakta ve dönüşüm öncesi ve sonrası şekiller arası farklılığa sebep olmaktadır [24]:



Şekil 3.2 İki boyutlu afin dönüşümü

$$\mathbf{X'} = \mathbf{T} + \mathbf{RKX} \tag{3.9}$$

Burada, **T** öteleme parametrelerini, **R** dönüklük matrisini, **K** ölçek parametrelerini göstermek üzere kaynak sistemden (2.sistem:**X**) hedef sisteme (1.sistem:**X'**) dönüşüm modeli,

$$\begin{pmatrix} x_i' \\ y_i' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos\varphi_x & -\sin\varphi_y \\ \sin\varphi_x & \cos\varphi_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_x x_i \\ k_y y_i \end{pmatrix} \tag{3.10}$$

elde edilir. Daha açık ifadeyle

$$\begin{aligned} x_i' &= t_x + k_x \cos\varphi_x x_i - k_y \sin\varphi_y y_i \\ y_i' &= t_y + k_x \sin\varphi_x x_i + k_y \cos\varphi_y y_i \end{aligned} \tag{3.11}$$

yazılır. t_x, t_y öteleme parametreleri, φ_x,φ_y dönüklük parametreleri, k_x, k_y ölçek parametrelerini göstermektedir.

$$a = k_x cos\varphi_x \quad , \quad b = k_x sin\varphi_x \quad , \quad c = k_y cos\varphi_y \quad , \quad d = k_y sin\varphi_y \tag{3.12}$$

kısaltmaları kullanılarak denklem doğrusal hale getirilir:

$$\begin{aligned} x_i' &= t_x + a x_i - d y_i \\ y_i' &= t_y + b x_i + c y_i \end{aligned} \tag{3.13}$$

(3.13) dönüşüm eşitliklerinde düzeltme denklemleri,

$$\begin{pmatrix} x_i' \\ y_i' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_{x_i'} \\ v_{y_i'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & x_i & 0 & 0 & -y_i \\ 0 & 1 & 0 & x_i & y_i & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix} \tag{3.14}$$

$$\mathbf{l} + \mathbf{v} = \mathbf{A}\mathbf{x} \tag{3.15}$$

olur.

Düzeltme denklemleri ile en küçük kareler yöntemine göre bilinmeyenler belirlenir (3.16), öteleme ve ölçek dönüşüm parametreleri hesaplanır :

$$k_x = \sqrt{a^2 + b^2} \quad , \quad k_y = \sqrt{c^2 + d^2} \quad , \quad \varphi_x = \arctan\frac{b}{a} \quad , \quad \varphi_y = \arctan\frac{d}{c} \tag{3.16}$$

3.2 Üç Boyutlu Datum Dönüşüm Modelleri

Jeodezik çalışmalarda üç boyutlu koordinat çiftleri arasındaki fonksiyonel ilişkiyi belirleyen birçok matematiksel model geliştirilmiştir. Bu modeller arasında, Bursa–Wolf, Moledensky-Badekas, Afin Veis, Thomson-Krakiwsky, Hotine, Vanicek-Wells modelleri yer almaktadır.

Bunlardan, Bursa-Wolf (Bursa, 1962, Wolf,1963) ve Moledensky-Badekas (Moledensky, Badekas, 1962) ve üç boyutlu Afin dönüşüm modelleri, dünyada sık kullanılan etkili modellerdir. Bu modeller, başlangıç koşulları, koordinat tipleri ve elde edilen dönüşüm parametreleri açısından farklılıklar göstermektedir.

3.2.1 Üç Boyutlu Bursa-Wolf Datum Dönüşüm Modeli

Bursa-Wolf modeli, iki farklı datumda tanımlı kartezyen koordinat sisteminin birbirine 7 parametre ile ilişkisini gösteren 3 boyutlu benzerlik dönüşümüdür. Bu modelde, 3 öteleme (t_x, t_y, t_z), 3 dönüklük $(\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z)$ ve 1 ölçek faktörü (k) olmak üzere toplam 7 dönüşüm parametresi bulunur (Şekil 3.3).

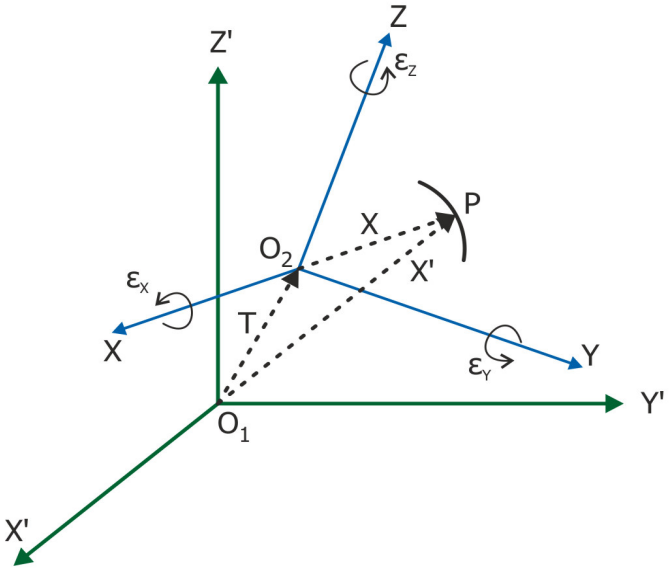
$$\mathbf{X}' = \mathbf{T} + (1+k)\mathbf{R}\mathbf{X} \tag{3.17}$$

T öteleme parametrelerini, **R** dönüklük matrisini, *k* ölçek faktörünü göstermek üzere kaynak sistemden **(X)** hedef sisteme **(X')** dönüşüm modeli,

$$\begin{pmatrix} x_i' \\ y_i' \\ z_i' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix} + (1+k)\begin{pmatrix} \mathbf{R}_x & \mathbf{R}_y & \mathbf{R}_z \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} \tag{3.18}$$

elde edilir.

Kaynak sistem eksenleri etrafındaki dönüklük açıları sırasıyla ϵ_x,ϵ_y,ϵ_z olmak üzere *R*



Şekil 3.3 Bursa-Wolf datum dönüşüm modeli

dönüklük matrisi ardışık üç matrisin çarpımının bir sonucudur:

$$\mathbf{R}_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & cos\epsilon_x & sin\epsilon_x \\ 0 & -sin\epsilon_x & cos\epsilon_x \end{pmatrix} \tag{3.19}$$

$$\mathbf{R}_y = \begin{pmatrix} cos\epsilon_y & 0 & sin\epsilon_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -sin\epsilon_y & 0 & cos\epsilon_y \end{pmatrix} \tag{3.20}$$

$$\mathbf{R}_z = \begin{pmatrix} cos\epsilon_z & sin\epsilon_z & 0 \\ -sin\epsilon_z & cos\epsilon_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{3.21}$$

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} \cos\epsilon_y \cos\epsilon_z & \cos\epsilon_x \sin\epsilon_z + \sin\epsilon_x \sin\epsilon_y \cos\epsilon_z & \sin\epsilon_x \sin\epsilon_z - \cos\epsilon_x \sin\epsilon_y \cos\epsilon_z \\ -\cos\epsilon_y \sin\epsilon_z & \cos\epsilon_x \cos\epsilon_z - \sin\epsilon_x \sin\epsilon_y \sin\epsilon_z & \sin\epsilon_x \cos\epsilon_z + \cos\epsilon_x \sin\epsilon_y \sin\epsilon_z \\ \sin\epsilon_y & -\sin\epsilon_x \cos\epsilon_y & \cos\epsilon_x \cos\epsilon_y \end{pmatrix} \tag{3.22}$$

olur. Dönüklük açılarının diferansiyel anlamda küçük oldukları kabul edilir;

$\cos\epsilon_x \cong \cos\epsilon_y \cong \cos\epsilon_z \cong 1$

$\sin\epsilon_x \cong \epsilon_x, \quad \sin\epsilon_y \cong \epsilon_y, \quad \sin\epsilon_z \cong \epsilon_z$

$\sin\epsilon_x \sin\epsilon_y \cong \sin\epsilon_x \sin\epsilon_z \cong \sin\epsilon_y \sin\epsilon_z \cong 0$

sonuçları göz önüne alınırsa **R** dönüklük matrisi,

$$\mathbf{R} = \mathbf{I} + \mathbf{Q} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & \epsilon_z & -\epsilon_y \\ -\epsilon_z & 0 & \epsilon_x \\ \epsilon_y & -\epsilon_x & 0 \end{pmatrix} \tag{3.23}$$

elde edilir.

(3.18) dönüşüm eşitliklerinde düzeltme denklemleri gözönüne alınırsa bir nokta için

$$\begin{pmatrix} v_{x'_i} \\ v_{y'_i} \\ v_{z'_i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -z_i & y_i & x_i \\ 0 & 1 & 0 & z_i & 0 & -x_i & y_i \\ 0 & 0 & 1 & -y_i & x_i & 0 & z_i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \\ \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \\ k \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_i - x'_i \\ y_i - y'_i \\ z_i - z'_i \end{pmatrix} \tag{3.24}$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{Ax} - \mathbf{l} \tag{3.25}$$

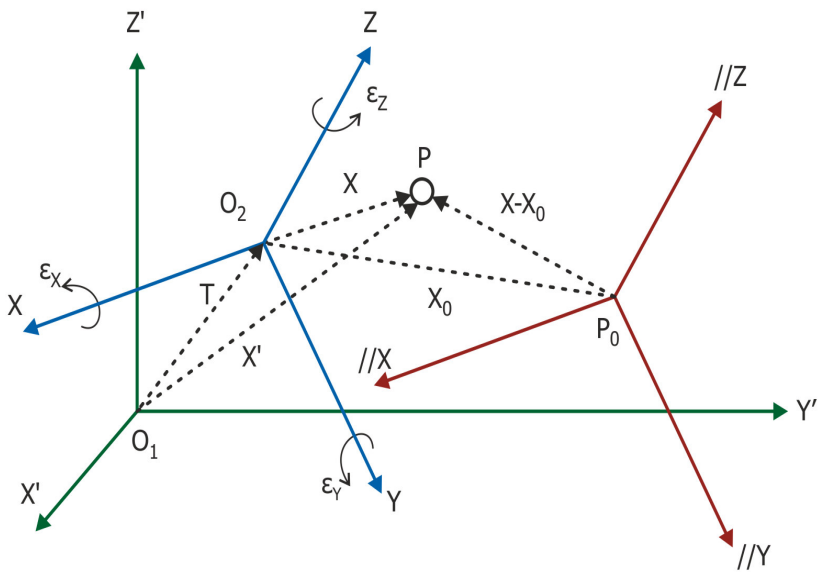
fonksiyonel modeli elde edilir. (3.25) fonksiyonel modeli kullanılarak en küçük kareler yöntemine göre bilinmeyen dönüşüm parametreleri hesaplanır.

3.2.2 Üç Boyutlu Moledensky-Badekas Datum Dönüşüm Modeli

Üç boyutlu benzerlik dönüşüm modelleri arasında olan Moledensky-Badekas modeli, kartezyen koordinatlar arasında 7 parametreli konform bir dönüşüm modelidir.

Teorik olarak Bursa-Wolf ve Moledensky-Badekas modellerinde aynı veriler kullanıldığında öteleme parametreleri dışında aynı sonuçları vermektedir. Bu farklılığın nedeni nokta koordinatlarının bir yerel başlangıç noktasına göre (genellikle ağırlık merkezi) kullanılan ötelenmiş değerleriyle hesaplanmasıdır. Bu yöntem dengeleme modelinin hassasiyetini arttırmak için yapılmaktadır [25],

[26]. Moledensky-Badekas modeli,



Şekil 3.4 Moledensky-Badekas datum dönüşüm modeli

$$\mathbf{X}' = \mathbf{T} + \mathbf{X}_0 + (1+k)\mathbf{R}(\mathbf{X} - \mathbf{X}_0) \tag{3.26}$$

$$\begin{pmatrix} x_i' \\ y_i' \\ z_i' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} (1+k) \begin{pmatrix} 0 & \epsilon_z & -\epsilon_y \\ -\epsilon_z & 0 & \epsilon_x \\ \epsilon_y & -\epsilon_x & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_i - x_0 \\ y_i - y_0 \\ z_i - z_0 \end{pmatrix} \tag{3.27}$$

olarak tanımlanır [15]. Burada;

$\mathbf{T} = [t_x t_y t_z]^T$	: öteleme parametreleri
R	: dönüklük matrisi
(1+k)	: sistemler arasındaki ölçek
$\mathbf{X} = [x_i y_i z_i]^T$	: i noktasının ikinci (kaynak) sistemdeki koordinatları
$\mathbf{X} = [x_i' y_i' z_i']^T$	: i noktasının ilk (hedef) sistemdeki koordinatları
$\mathbf{X}_0 = [x_{i0} y_{i0} z_{i0}]^T$	: ikinci sistemin ağırlık merkezidir.

p her iki sistemde ortak nokta sayısı olmak üzere ağırlık merkezi,

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^{p} x_i}{p}, \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{p} y_i}{p}, \quad z_0 = \frac{\sum_{i=1}^{p} z_i}{p} \tag{3.28}$$

olarak hesaplanır.

İki sistem arasındaki eşlenik (ortak) nokta sayısı $p \geq 3$ için en küçük kareler yöntemi ile kestirim için fonksiyonel model,

$$\begin{pmatrix} v_{x_i'} \\ v_{y_i'} \\ v_{z_i'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -(z_i - z_0) & (y_i - y_0) & (x_i - x_0) \\ 0 & 1 & 0 & (z_i - z_0) & 0 & -(x_i - x_0) & (y_i - y_0) \\ 0 & 0 & 1 & -(y_i - y_0) & (x_i - x_0) & 0 & (z_i - z_0) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \\ \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \\ k \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_i - x_i' \\ y_i - y_i' \\ z_i - z_i' \end{pmatrix} \tag{3.29}$$

olur [15].

3.2.3 Üç Boyutlu Afin Datum Dönüşüm Modeli

Üç boyutlu afin dönüşüm modeli 3 öteleme, 3 dönüklük ve 3 ölçek faktörü olmak üzere 9 parametreli bir çözüm modelidir. Benzerlik yöntemlerinden farklı olarak her eksende farklı ölçek faktörü olduğundan şekil korunmamaktadır. Afin dönüşüm modeli,

$$\mathbf{X}' = \mathbf{T} + (\mathbf{I} + \mathbf{K})\mathbf{R}\mathbf{X} \tag{3.30}$$

ile verilir. Burada K ile gösterilen ölçek faktörü köşegen matris olup (3.31) ile daha açık ifade edilmiştir:

$$\mathbf{(I+K)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} k_x & 0 & 0 \\ 0 & k_y & 0 \\ 0 & 0 & k_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1+k_x & 0 & 0 \\ 0 & 1+k_y & 0 \\ 0 & 0 & 1+k_z \end{pmatrix} \tag{3.31}$$

İki sistem arasındaki eşlenik (ortak) nokta sayısı $p \geq 4$ için en küçük kareler yöntemi ile kestirim için fonksiyonel model,

$$\begin{pmatrix} v_{x_i'} \\ v_{y_i'} \\ v_{z_i'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -z_i & y_i & x_i & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & z_i & 0 & -x_i & 0 & y_i & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -y_i & x_i & 0 & 0 & 0 & z_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \\ \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \\ k_x \\ k_y \\ k_z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_i - x_i' \\ y_i - y_i' \\ z_i - z_i' \end{pmatrix} \tag{3.32}$$

olur [15].

4
İstatistik Testler

4.1 Hata Hesabı ve Doğruluk Ölçütleri

Bir dengeleme hesabında kullanılan doğruluk ölçütlerinin başında ölçülere getirilen düzeltmelerin ve bilinmeyenlerin karesel ortalama hatası (standart sapma) gelmektedir.

$$s_0 = \sqrt{\frac{[PVV]}{f}} = \sqrt{\frac{[V^T PV]}{n-u}} \tag{4.1}$$

n ölçü sayısı iken u bilinmeyen sayısıdır. Ölçü sayısı, her iki sistemde verilen eşlenik noktaların koordinat sisteminin boyutlarına çarpılması ile elde edilir. Bilinmeyenler ise kullanılan dönüşüm modelinin parametre sayısı kadardır.

Bir ölçünün doğruluğunun istatistiksel olarak irdelenebilmesi için kullanılacak bilinmeyenlerin standart sapmaları, dengeli ölçülerin kofaktör matrisi ve düzeltmelere ait kofaktör matrisi sırasıyla verilmiştir:

$$\begin{aligned} s_i &= s_0\sqrt{Q_{xx}} \quad \text{(i=1,2,...,p)} \\ \mathbf{Q}_{ll} &= \mathbf{A}\mathbf{Q}_{xx}\mathbf{A}^T \quad \text{(dengeli ölçülerin kofaktör matrisi)} \\ \mathbf{Q}_{vv} &= \mathbf{P}^{-1}\mathbf{Q}_{ll} \quad \text{(düzeltmelerin kofaktör matrisi)} \end{aligned} \tag{4.2}$$

4.2 Uyuşumsuz Ölçü Testleri

Dengelemede kullanılan matematiksel modeller, ölçüler ile bilinmeyenler arasındaki fiziksel ve geometrik ilişkiyi belirler. Kullanılan ölçü grubunun modele uygun olup olmadığı istatistik yöntemlerle ortaya çıkmaktadır. Baarda, Pope ve t-testi bu uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerdir [22].

4.2.1 Uyuşumsuz Ölçü (Koordinat) Testi

Test büyüklüğü koordinatlara getirilen düzeltmelerin standart sapmalarına bölünmesiyle normlandırılmış düzeltmeler elde edilir:

$$T_{x_i} = \overline{V_{x_i}} = \frac{|V_{x_i}|}{s_{v_{x_i}}} = \frac{|V_{x_i}|}{s_0\sqrt{Q_{v_{x_i}v_{x_i}}}} \sim \tau_f \quad \text{(tau dağılımlı)} \tag{4.3}$$

$$T_{y_i} = \overline{V}_{y_i} = \frac{|V_{y_i}|}{s_{v_{y_i}}} = \frac{|V_{y_i}|}{s_0\sqrt{Q_{v_{y_i}v_{y_i}}}} \sim \tau_f \quad \text{(tau dağılımlı)} \tag{4.4}$$

$$\tau_{f,1-\alpha_0/2} = \sqrt{\frac{f.F_{1,f,1-\alpha_0}}{f-1+F_{1,f,1-\alpha_0}}} \tag{4.5}$$

Her bir koordinat ölçüsü için test büyüklüğü hesaplanır, güven sınırı ile karşılaştırılır. T_i, $\tau_{f,1-\alpha_0/2}$ sınır değerinden küçükse uyuşumsuz ölçü yoktur. Büyük ise i. ölçü uyuşumsuz olup sistemden ilgili nokta atılarak dengeleme hesabı tekrar yapılır.

Uyuşumsuz ölçü testinde yalnızca bir ölçünün kaba hatalı olduğu kabul edilir. Toplam yanılma olasılığı α (α=0.05 ya da 0.01) ise bir ölçü için yanılma olasılığı $\alpha_0 \approx \alpha/\mathrm{n}$ olarak tanımlanır.

4.2.2 Uyuşumsuz Nokta (Koordinat Çiftleri) Testi

Uyuşumsuz nokta testinde her bir nokta çiftine kuşkuyla yaklaşılır. Sınır değere yakın olup da uyuşumsuz ölçü testi ile yakalanamayan ölçüler, uyuşumsuz nokta testi ile yakalanabilmektedir [27].

α yanılma olasılığı yerine $\alpha_0 = \alpha/p$, p eşlenik nokta sayısı alınırsa uyuşumsuz nokta testinde karşılaştırma değeri olarak kullanılacak test büyüklüğü için güven sınırı

$$c = \sqrt{(p-2)(1-\alpha_0^{1/(p-3)})} \tag{4.6}$$

hesaplanır. Bu değer benzerlik ve afin dönüşümü koordinat çiftleri uyuşum testi için (4.6)' daki test büyüklüğü ile karşılaştırılarak hangi noktanın uyuşumsuz olduğuna karar verilir.

$$T_i = \sqrt{\frac{V_{x_i}^2 + V_{y_i}^2}{2s_0^2 Q_{v_i v_i}}} \quad (i = 1, 2, ..., p) \tag{4.7}$$

Eğer, $T_i < c$ ise i. nokta uyuşumludur; aksi halde, ilgili nokta sistemden çıkarılarak tekrar dönüşüm hesabı yapılır. Birden fazla uyuşumsuz nokta çıkması durumunda T_i değeri büyük olan nokta çıkarılarak işlem tekrarlanır.

4.3 Parametre Testi

Dengeleme sonucu bulunan bir dönüşüm parametresi x ve bunun standart sapması s_x olmak üzere bu parametrenin dönüşüm modeline dahil olup olmayacağı

$$T = \frac{x}{s_x} \sim t_f \quad veya \quad T^2 = \frac{x^2}{s_x^2} \sim F_{1,f} \tag{4.8}$$

dağılımlarıyla test edilebilir. Yanılma olasılığı α olmak üzere;

$$T > t_{f,1-\alpha/2} \quad veya \quad T^2 > F_{1,f,1-\alpha} \tag{4.9}$$

çıkıyorsa parametre istatistiksel olarak anlamlıdır, yani dengeleme modeline dahil edilmelidir [27].

5
Uygulama

5.1 Kullanılan Yazılımlar ve Araçlar

5.1.1 MATLAB

MATLAB kelimesi MATrix LABoratory kelimelerinin kısaltılması ile oluşmuştur. MATLAB, C tabanlı çalışan bir programdır. Bu program ilk geliştirildiğinde, matris işlemlerinin kullanıcılar tarafından kolaylıkla yapılmasını sağlamak amaçlanmıştır. Geliştirilmesiyle birlikte özellikle bilimsel çalışmalarda üniversitelerde tercih edilen bir program olmuş ve basit matematiksel hesaplamalardan karmaşık analizlere ve robotik uygulamalara varan çeşitli alanlarda kullanılabilir hale gelmiştir.

MATLAB'in mühendislik uygulamalarında tercih ediliyor olması sunduğu çeşitli komutların yanı sıra, grafiksel arabirime sahip oluşu, kullanım kolaylığı, bilimsel ve endüstriyel alanlara hizmet veren zengin bir kütüphanesinin olması yatmaktadır.

5.1.1.1 MATLAB Fonksiyon Dosyaları

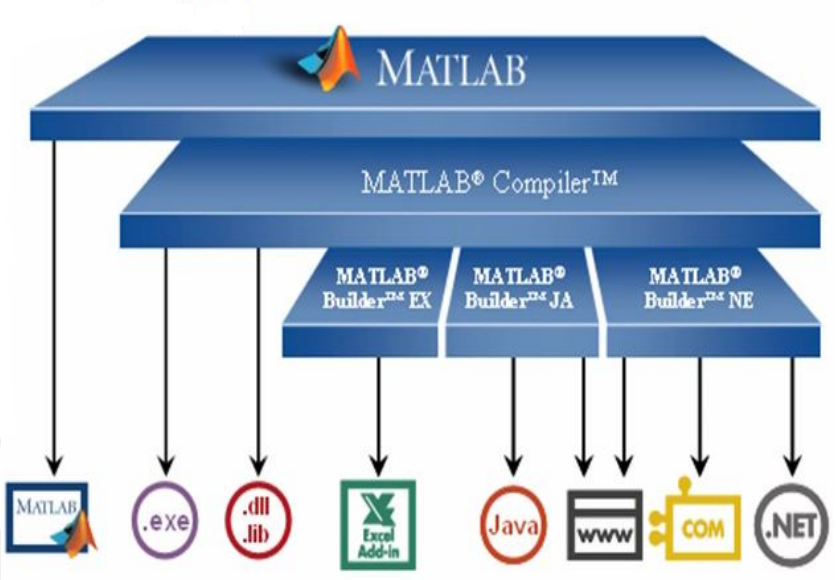
Çok sayıda hazır fonksiyon dosyası barındıran MATLAB, geliştiricilere m-file editörü üzerinden kodlama olanağı sağlamaktadır. Dosya ismiyle oluşturulan ve uzantısı .m olan fonksiyonlar aşağıda görüldüğü gibi parametreye bağlı olmadan çalışabileceği gibi giriş ve çıkış parametreleri alarak da çalışabilir:

function [output1, output2, ..., outputn] = Untitled1(input1, input2, ..., inputn)
end

5.1.1.2 MATLAB Derleme (Builder NE) Aracı

MATLAB'in veri paylaşımı konusunda üstün yönleri bulunmaktadır. Kodlarını, diğer MATLAB kullanıcıları ile paylaşabildiği gibi MATLAB kurulu olmayan ortamlarda da MATLAB'in alt ürünleri olan MATLAB Compiler ve MATLAB Builder sayesinde paylaşma imkanı sağlamaktadır. MATLAB Builder ürünleri bir MATLAB dosyasını

Excel eklentisine, Java, masaüstü ve .Net uygulamalarına dönüştürme imkanı verir. Böylelikle farklı uygulama ortamlarından MATLAB'in matematiksel özel fonksiyonlarına ve grafiksel arabirimine ulaşmak mümkündür (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 MATLAB derleme aracı [28]

MATLAB Compiler'ın uzantısı olan MATLAB Builder NE içinde bulundurduğu sınıflarla MATLAB kodlarını derleyerek veri tiplerini uyumlu hale getirmek suretiyle kodları .Net metodlarına dönüştürür ve MATLAB' deki birçok özellik .Net ortamına taşınmış olur. Böylelikle MATLAB Builder NE ile MATLAB fonksiyonlarına C#, C, VB.Net, Jscript.Net gibi programlama dilleriyle erişme imkanı sağlanır [29].

5.1.1.3 MATLAB Web Grafik (Web Figure) Aracı

MATLAB'in avantajlı bir diğer yönü ise uygulamalarına web ortamında ulaşabilmektir. MATLAB'ın güçlü görsel ve web temelli bir yapıya kavuşturabilmek ve dinamik bir görüntü kazandırabilmek için MATLAB Builder NE ile birlikte çalışan MATLAB Web Figure (MWF) araçlarından yararlanılır. Önceleri PHP ve ASP .Net programlama dilleri ile iletişim sağlayarak MATLAB Web Server aracılığı ile hazırlanan web uygulamaları, günümüzde MATLAB Web Figure aracı ile yapılmaktadır. Böylelikle son kullanıcı internet ortamında grafiksel uygulamalara yazılımdan bağımsız kolaylıkla erişebilir, sınırlarına, bakış açısına müdahale edebilir ve değişiklikler yapabilir [30].

5.1.2 MATLAB'in Üstün Yönleri

MATLAB basit ve karmaşık teknik hesaplamaların çözümü için geliştirilmiş yüksek performanslı bir dildir. Güçlü grafiksel altyapısı ve programlama yetenekleri

sayesinde büyük verileri işleme, çözümleme ve görselleştirme MATLAB'in en önemli avantajlarıdır.

Tez kapsamında MATLAB'ın tercih edilmesinin temel nedenleri;

- Mühendislik ve istatistik alanlarında kullanılan teknik hesaplama problemlerinin çözümünü çok hızlı bir şekilde yapması,
- Ortamdan bağımsız çalışmasını sağlayacak MATLAB Builder (NE, JA, EX) derleme araçlarının bulunması,
- DLL oluşturma seçeneği ile farklı uygulamaların içine MATLAB komutlarının gömülebilmesi ve ortak paylaşım kütüphanelerinin oluşturulabilmesi,
- MATLAB figürlerini web temelli bir yapıya kavuşturabilmek ve dinamik bir görüntü kazandırabilmek için MATLAB Builder NE ile birlikte çalışan MATLAB Web Figure (MWF) araçlarından yararlanabilmek,

yer almaktadır [31].

5.1.3 Microsoft Visual Studio

Microsoft tarafından geliştirilen Visual Studio yazılım geliştirme araçlarından biridir. Yazılım geliştiricilerin sıklıkla tercih ettiği bu ortam desteklediği yüksek seviyeli diller ile IDE (Integrated Development Environment -Tümleşik Geliştirme Ortamı) özelliği sayesinde grafik, windows, web hizmetleri, mobil uygulamalar tasarlaması aşamasında kolaylıkla test edilebilmekte, kod editörü sayesinde Windows, MacOS ve Linux ortamında uygulamalar geliştirmeye yardımcı olmaktadır [32].

5.1.4 ASP .Net Web Uygulama Geliştirme Teknolojisi

ASP .Net, Visual Basic .Net ve C# programlama dillerinde web server tarafında çalışan Microsoft'un ürettiği .NET platformunun web uygulama geliştirme teknolojisidir. ASP .Net bir programlama dili değildir.

5.1.5 ASP .Net'in Üstün Yönleri

Son kullanıcı ile buluşacak arayüz Visual Studio programında ASP .Net uygulaması teknolojisi kullanılarak tasarlanmıştır. ASP .Net'in en başta gelen tercih sebepleri arasında yazılımdan bağımsız, ekonomik, çok kullanıcılı olması ve internet temelli bir yapıya sahip olması gelmektedir. Bunun yanı sıra,

- İşlem yükünün sunucu tarafından yürütülmesi,
- Veri tabanı desteğinin olması,
- Kodlama ve tasarlama aşamasında geliştiriciye kolaylık sağlaması,
- .Net çatısı altında desteklenen tüm programlama dilleri ile birlikte çalışabilmesi,
- Nesne tabanlı programlama esasına göre çalışan C# dili ile uyumlu olmakla birlikte derlenmiş MATLAB fonksiyonlarını tanıması,
- Bootstrap teknolojisi ile birlikte çalışarak duyarlı web sayfaları oluşturulmakta ve kullanıcı dostu bir arayüz geliştirme imkânı vermesi

ASP .Net'in üstün yönleri arasında yer almaktadır.

5.1.6 C# Programlama Dili

Microsoft tarafından geliştirilen C#, OOP (Object Oriented Programming – Nesneye Dayalı Programlama) esaslarına uygun, söz dizimi C'ye benzeyen bir programlama dilidir. C#, hem masaüstü hem de web projelerinde yazılım geliştirmek için Visual Studio programında kodlanan temel ve özelleştirilebilen sınıflara sahiptir.

5.1.7 Bootstrap Teknolojisi

Günümüzde, özellikle mobil uyumlu web sayfası uygulamaları için kullanılan Bootstrap teknolojisi HTML, CSS ve JavaScript kütüphaneleri içeren açık kaynak kodlu bir projedir. 2010 yılında hazır stil şablonları olarak Twitter tarafından kurulmuş Bootstrap, geliştirilen versiyonlarıyla birlikte mobil cihazlara da duyarlı (Responsive) yaklaşımlar getirmiştir [33].

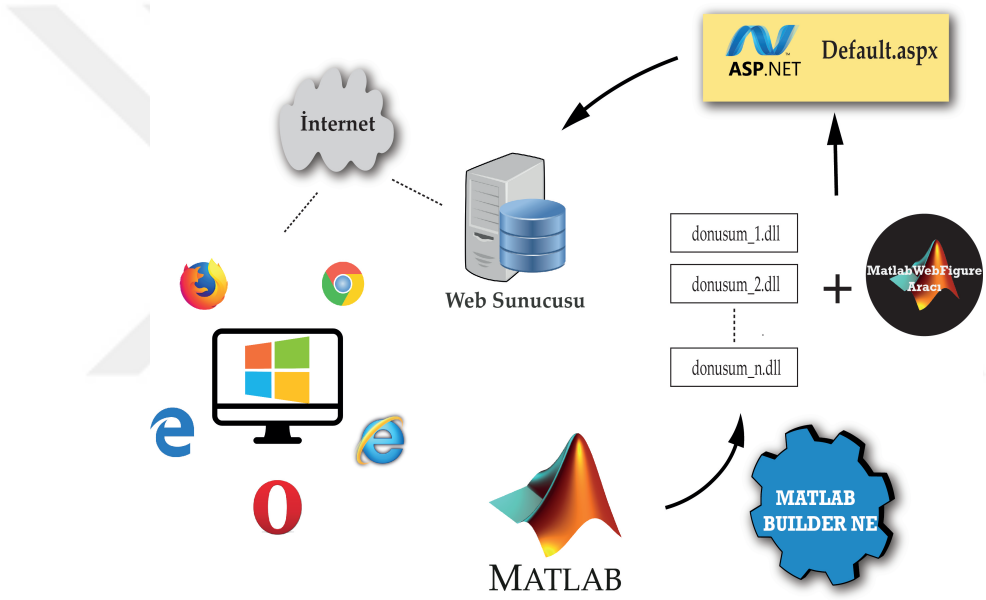
5.1.8 Leaflet Teknolojisi

CBS web uygulamaları incelendiğinde ücretsiz olarak hizmet veren Leaflet karşımıza çıkmaktadır. Bir web harita görüntüleme servisi olan Leaflet interaktif harita oluşturmak için kullanılan açık kaynak kütüphanedir. Esnek ve basit kullanımıyla oluşturulan haritalar masaüstü ve mobil platformlarda verimli şekilde çalışmakta eklentileri ile zenginleştirme imkanı bulunmaktadır [34].

5.2 Uygulamanın Tasarımı ve Geliştirilmesi

Uygulama Microsoft 2010 Visual Studio .Net programı, ASP .Net ortamında C# programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Koordinat ve datum dönüşüm işlemlerini aynı uygulama içerisinde web ortamında çözmek için gerekli matematiksel hesaplama ve grafikler MATLAB R2014a ortamında hazırlanmıştır. Hazırlanan MATLAB (.m file) dosyaları MATLAB Builder NE ve WebFigure araçları aracılığıyla Visual Studio .Net platformuna aktarılmıştır. ASP .Net web uygulamaları geliştirme teknolojisi ve C# programlama dili ile uygulama nesneye dayalı programlama esaslarına uygun olarak kodlanmıştır. Ayrıca tasarımın her ekran boyutunda (masaüstü, tablet, mobil vs.) bozulmadan korunabilmesi (responsive) için Bootstrap v4.3 teknolojisi kullanılmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Kullanılan teknolojiler

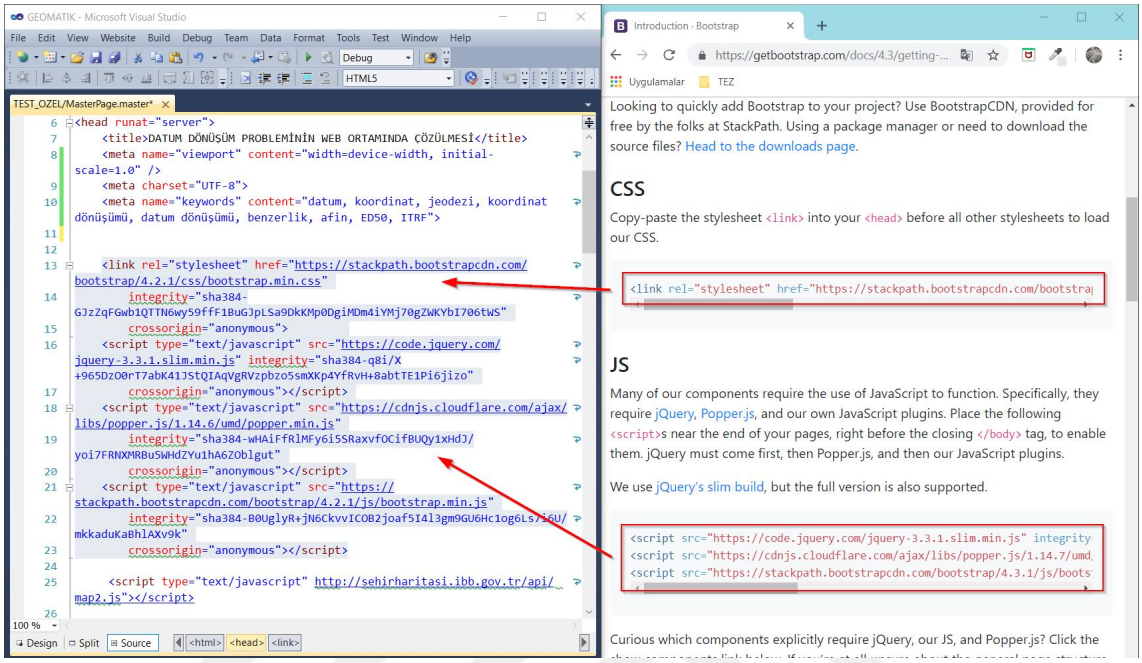
5.2.1 Bootstrap Kütüphanesinin Kullanımı

Uygulamalı web projesinde sayfanın anlaşılabilir ve kullanılabilir olması açısından sayfa elemanların belli bir düzende olması ve okunması gerekmektedir.

Geliştirilen bir arayüzün iki önemli bileşeni vardır. Biri kendisi diğeri ise onu kullanan kullanıcıdır. Tasarım aşamasından önce arayüzün kimler tarafından kullanılacağı bilinmektedir. Bu bilinç ile hazırlanan proje Bootstrap ile ASP .Net ortamında geliştirilen bir arayüz grafikler, resimler gibi etkili bileşenler sayesinde zenginleştirecek ve kullanıcının algılarını kolaylaştıracaktır.

Açık kaynak kodlu olan Bootstrap stil ve metodlar kütüphanesine

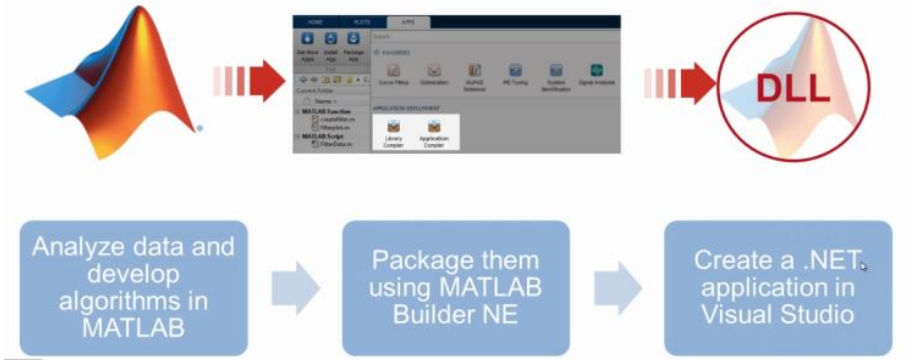
https://getbootstrap.com/ web adresinden ulaşılabilir. Söz konusu hazır stil şablon ve metod kütüphaneleri ilgili web sitesinin CSS ve JS başlıkları altından alınmış ve web uygulamasının tasarım sayfasında yer alan “head” etiketleri arasına yerleştirilmiştir [33] (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Bootstrap kütüphanesinin kullanımı

Duyarlı web tasarımı olarak bilinen bir web sitesinin farklı boyutlardaki cihazlarda sorunsuz görüntülenmesini sağlama düşüncesi projede Bootstrap teknolojisinin kullanılmasında aktif rol oynamış ve kullanılabilirlik bakımından önemli bir sorunun aşılması sağlanmıştır.

5.2.2 MATLAB Builder NE ve MATLAB Web Figure Araçlarının Kullanımı

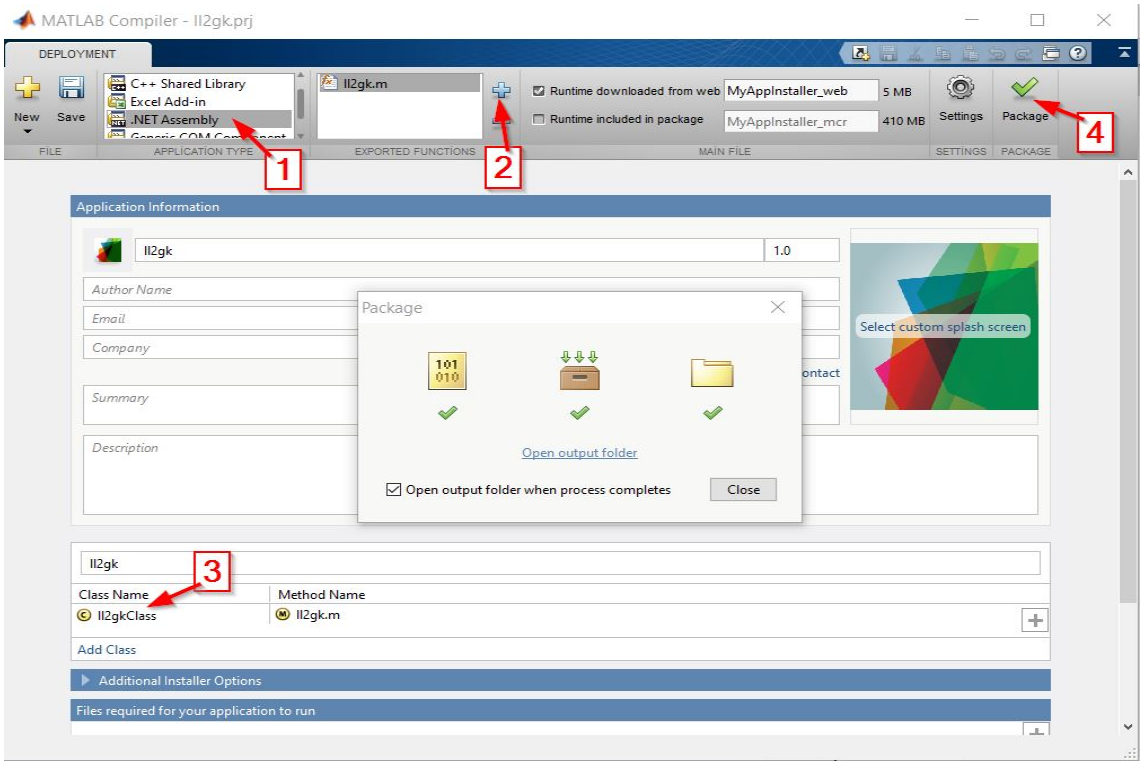


Şekil 5.4 MATLAB dosyalarının derlenmesi [28]

MATLAB Builder NE, MATLAB Compiler ile birlikte çalışan bir araçtır. MATLAB programında oluşturulan fonksiyonlar MATLAB Builder NE ile .Net bileşenleri haline

getirilebilmektedir [12]. Tez kapsamında MATLAB (.m) dosyaları oluşturulduktan sonra bu fonksiyonlar .Net platformunda kullanılmak üzere MATLAB Builder NE araç kutusu ile derlenerek .Net bileşenleri haline getirilmiştir (Şekil 5.4).

Komut penceresine yazılan "deploytool" komutu ile kodlanan fonksiyonların derleme süreci başlatılır ve "Library Compiler" derleyici seçeneği ile derleyici sayfası açılır.



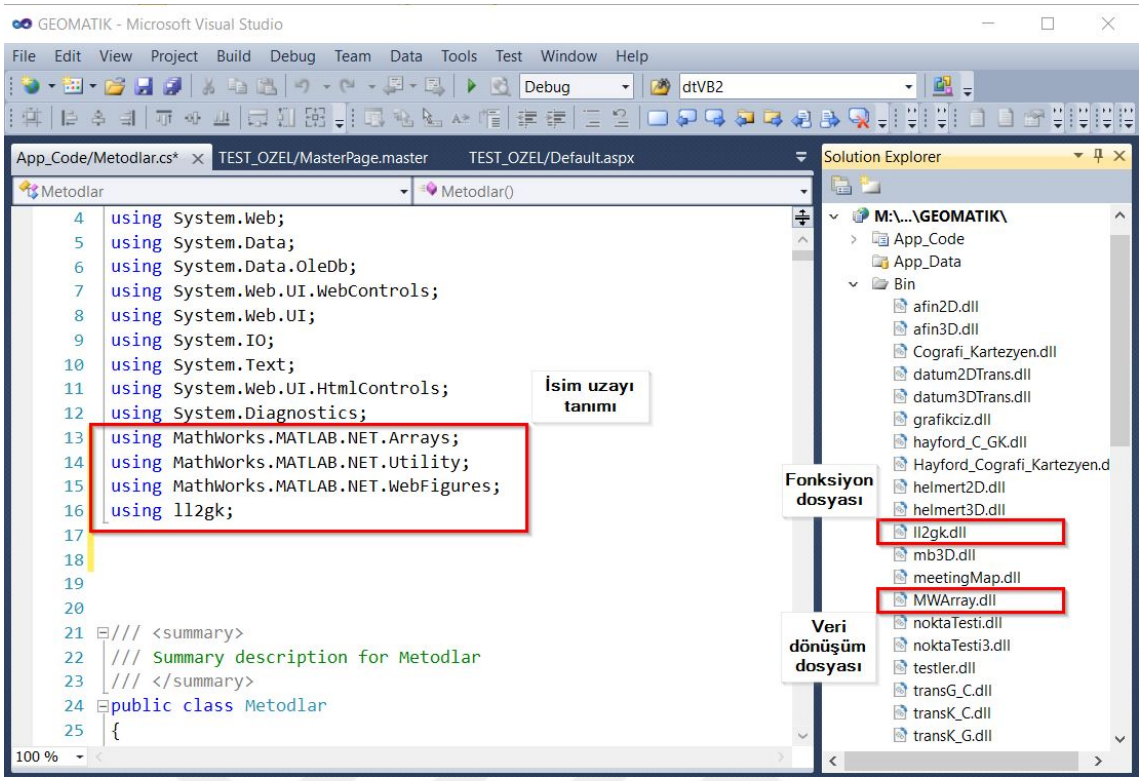
Şekil 5.5 MATLAB dosyalarının .Net bileşeni haline getirilmesi

Uygulama .Net ortamına aktarılacağı için uygulama tipi olarak .Net Assembly seçilir. İkinci adım olarak derlenmesi istenen MATLAB (.m) dosyası/dosyaları fonksiyonlar bölümüne aktarılır. Ardından fonksiyonu çağıracak sınıf ismi belirlenir ve son olarak derleme işlemi başlatılır (Şekil 5.5).

MATLAB tarafında derleme süreci tamamlandıktan sonra dll dosyaları Visual Studio programında referans olarak eklenir. Şekilde gösterilen dll uzantılı fonksiyon dosyası ve C# ile MATLAB arası veri tipi dönüşümünü sağlayan MWArray.dll dosyası referans bölümüne eklenmesi gereken dosyalardır [30] (Şekil 5.6).

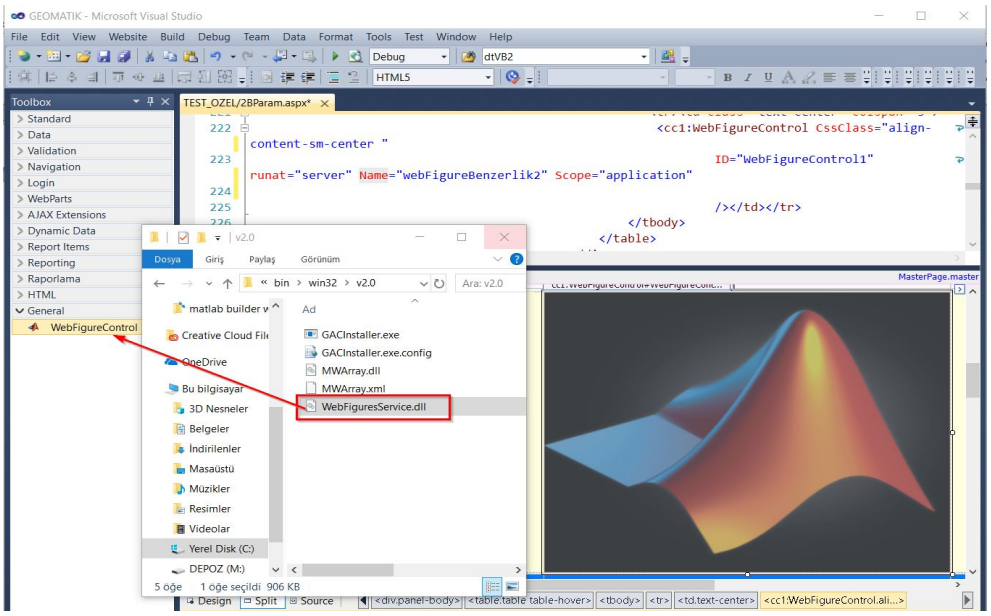
Bunun yanı sıra referans olarak eklenen dosyalara ait veri türleri ve sınıflarını kullanabilmemiz için kod sayfasında using anahtar sözcüğü ile isim uzayı (namespace) tanımlanır ve böylelikle derleyiciye bildirilir.

Tez kapsamında istatistiksel testler bölümünde WebFigure aracı kullanılmıştır. Bunun için MATLAB'in kök dizininde yer alan WebFiguresService.dll dosyası ilgili web



Şekil 5.6 Derlenen MATLAB dosyalarının Visual Studio ortamında kullanılması

sayfasının araç çubuğuna Şekil 5.7'deki gibi sürüklenip bırakılmıştır. Sonrasında özellikler penceresinden WebFigureControl aracına ait bir isim verilmiş ve "scope" kısmı "application" olarak tanımlanmıştır.



Şekil 5.7 MATLAB WebFigure aracının kullanımı

5.3 Veri Setinin Uygulanması

Uygulamada veri seti olarak İstanbul GPS Nirengi Ağına (İGNA) ait Avrupa ve Anadolu yakası C1 Nirengi GPS Ağı içinden aynı dilim orta meridyeninde bulunan homojen dağılımlı, Tablo 5.1'de koordinatları verilen 47 adet nokta ve dönüşüm işlemlerinde uygulanarak test edilmiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 İstanbul GPS Nirengi Ağı (47 adet nokta)

Tablo 5.1 İstanbul GPS Nirengi Ağı nokta koordinatları (devam ediyor)

Datum:ITRF96 **Elipsoit:**GRS80				**DG:**3^o **DOM:**30^o		**Datum:**ED50 **Elipsoit:**Hayford 1950	
No	**Nokta**	**Sağa**	**Yukarı**	**Elipsoit Yük.**	**Ortometrik Yük.**	**Sağa**	**Yukarı**
1	F211H002	397256.8006	4565864.844	171.8121	134.7611	397290.857	4566050.588
2	F2110007	395547.9547	4544695.383	97.19	60.2257	395582.155	4544881.053
3	F2110008	386860.7255	4552062.802	221.1149	183.9121	386894.894	4552248.35
4	F211H013	379707.0277	4575292.676	112.2601	75.0903	379740.923	4575478.358
5	F211H014	381473.6625	4582748.158	44.0838	7.0242	381507.584	4582933.919
6	F2110015	395896.3235	4572606.962	109.7663	72.9054	395930.36	4572792.734
7	F211H016	410717.5849	4566647.060	180.4708	143.8154	410751.726	4566832.892
8	F2110017	410973.9042	4560439.921	106.2128	69.4255	411008.06	4560625.731
9	F2110018	405690.0194	4556594.720	167.8594	130.8976	405724.162	4556780.483
10	F211H019	401909.3244	4548274.782	154.6954	117.7246	401943.515	4548460.486
11	F211H020	414776.3974	4542863.722	43.2415	6.5717	414810.67	4543049.498
12	F2110001	404597.8597	4571634.902	142.046	105.465	404631.958	4571820.722
13	F211H003	405308.5385	4562946.679	132.6039	95.7442	405342.656	4563132.462
14	F2110004	414808.3691	4559214.617	210.4767	173.7577	414842.547	4559400.447
15	F211H005	398737.2474	4557534.496	278.8144	241.6254	398771.151	4557720.302
16	F2110006	408164.2762	4545677.946	123.2173	86.3503	408198.511	4545863.685
17	F211H009	376922.1718	4548478.650	74.9243	37.7212	376956.261	4548664.16
18	F211H011	388864.8931	4565910.706	173.6007	136.3554	388898.886	4566096.394
19	F2110012	381380.1159	4569471.733	248.329	210.96	381414.034	4569657.389
20	F21-G001	389679.2943	4574969.635	103.3369	66.3542	389713.281	4575155.383
21	F221H019	419553.5481	4569290.410	80.3919	44.1442	419587.769	4569476.347
22	F221H020	421503.9700	4563974.6400	209.461	173.0258	421538.169	4564160.523
23	F221H001	446895.7346	4564040.616	81.6201	45.9739	446930.011	4564226.61
DG: Dilim Genişliği **DOM:**Dilim Orta Meridyeni							

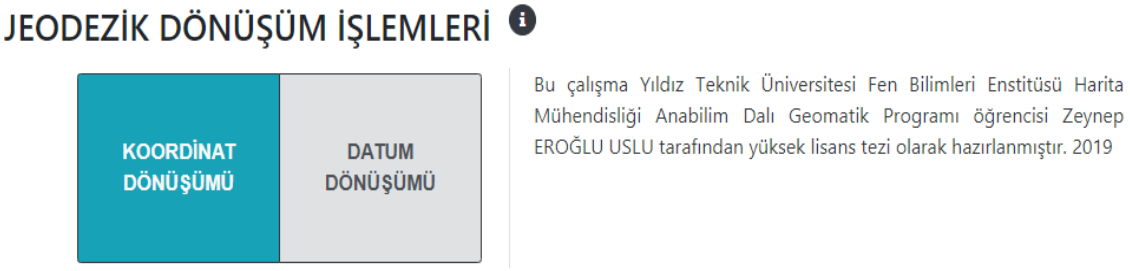
Tablo 5.2 devam ediyor

Datum:ITRF96 **Elipsoit:**GRS80				**DG:**3^o **DOM:**30^o		**Datum:**ED50 **Elipsoit:**Hayford 1950	
No	**Nokta**	**Sağa**	**Yukarı**	**Elipsoit Yük.**	**Ortometrik Yük.**	**Sağa**	**Yukarı**
24	F221H002	434824.6734	4566135.932	77.3362	41.4609	434858.956	4566321.947
25	F221H003	423498.8701	4560771.529	88.2811	51.9422	423533.082	4560957.413
26	F221H004	430480.2351	4560180.583	210.525	174.1038	430514.474	4560366.503
27	F221H005	439325.4798	4558930.565	104.3218	68.2298	439359.745	4559116.524
28	F221H006	446706.8565	4555650.768	193.1668	156.9791	446741.138	4555836.757
29	F221H007	433564.9126	4554316.344	181.0628	144.6289	433599.167	4554502.271
30	F221H008	451197.142	4551010.677	191.7334	155.4862	451231.428	4551196.687
31	F221H009	443375.9674	4550057.933	81.837	45.5248	443410.244	4550243.908
32	F221H011	428976.6155	4550343.526	185.7425	149.192	429010.867	4550529.421
33	F221H013	437301.8433	4545883.186	228.3296	191.6919	437336.118	4546069.124
34	F221H014	426035.4376	4542837.378	175.7431	139.0062	426069.718	4543023.236
35	F2210016	432916.6844	4541523.291	194.2819	157.5649	432950.972	4541709.192
36	F221H018	422222.7591	4556669.763	39.8126	3.364	422256.974	4556855.631
37	F22-G001	420259.765	4551291.514	137.6941	100.921	420293.991	4551477.357
38	F22-G002	446374.3947	4542667.29	156.7541	120.2266	446408.676	4542853.277
39	F22-G003	421292.4277	4548057.424	166.6168	129.9073	421326.671	4548243.265
40	G211H002	405106.3989	4538412.007	89.4828	52.8148	405140.663	4538597.69
41	G211H001	377086.02	4540353.085	107.9064	71.0015	377120.303	4540538.531
42	G2210001	417775.6047	4538945.575	80.9499	44.3495	417809.962	4539131.354
43	G2210002	440962.5503	4539439.39	243.7408	207.0936	440996.841	4539625.339
44	G2210004	441900.4491	4532673.577	143.6888	107.0009	441934.766	4532859.509
45	G2210005	427987.0773	4530796.728	149.162	112.6173	428021.55	4530982.524
46	G221H011	428610.2563	4532641.997	111.7198	75.1112	428644.62	4532827.824
47	ISTA	417621.8544	4552636.166	147.2359	110.4908	417656.066	4552821.995

DG: Dilim Genişliği **DOM:**Dilim Orta Meridyeni

5.3.1 Koordinat Dönüşümleri için Uygulama

Jeodezik dönüşüm işlemleri altında yer alan koordinat ve datum dönüşüm problemlerinin çözümü için hazırlanan programın açılış sayfası iki ayrı bölüm olarak ayrılmıştır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 Açılış sayfası

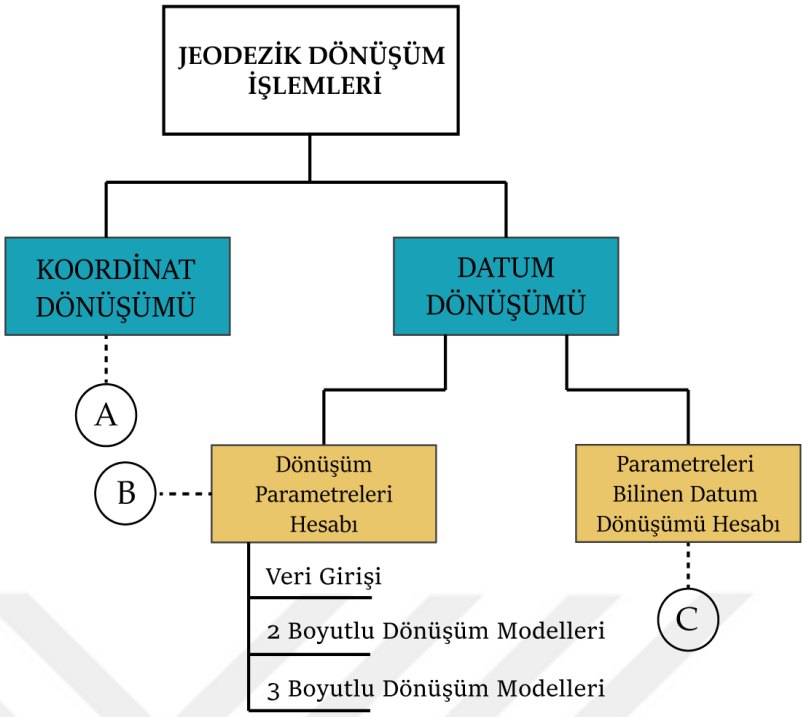
İki bölümün ayrı gösterilmesindeki amaç, çok karıştırılan datum ve koordinat dönüşümü kavramlarının birbirinden farklı jeodezik işlemler içerdiğini farkettirmek ve kullanıcıyı yormadan rahatlıkla sonuca ulaşmasını sağlamaktır.

Bu kapsamda hazırlanan web sayfaları datum dönüşümü başlığı altında sırasıyla *dönüşüm parametreleri hesabı* ve *parametreleri bilinen datum dönüşümü hesabı* sayfaları yer almaktadır. Ayrıca dönüşüm parametrelerinin sık kullanılan 2 boyutlu ve 3 boyutlu modelleri ile bulunması sağlanmış ve sayfalar arası bağlantılar ile veri akışı kolaylaştırılmıştır. Şekil 5.10' daki sıra takip edilerek uygulama veri seti üzerinde dönüşüm işlemleri anlatılacaktır.

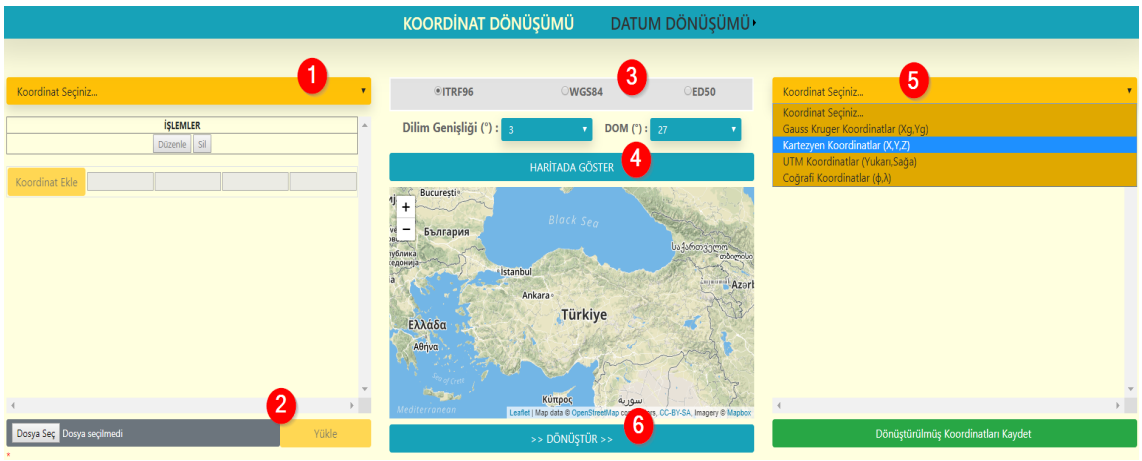
Koordinat dönüşümü bölümü kullanıcının seçeceği jeodezik datuma bağlı olarak Coğrafi (φ,λ), Kartezyen (X,Y,Z), Gauss Kruger (Xg,Yg) ve UTM (Sağa, Yukarı) koordinatlarının birbirleri arasında dönüşümü sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Şekil 5.12' de yer alan grafik koordinat dönüşümü işlemlerini yedi adımda özetlemektedir. Şekil 5.11' de adımların hangi bölümlere karşılık geldiği gösterilmektedir.

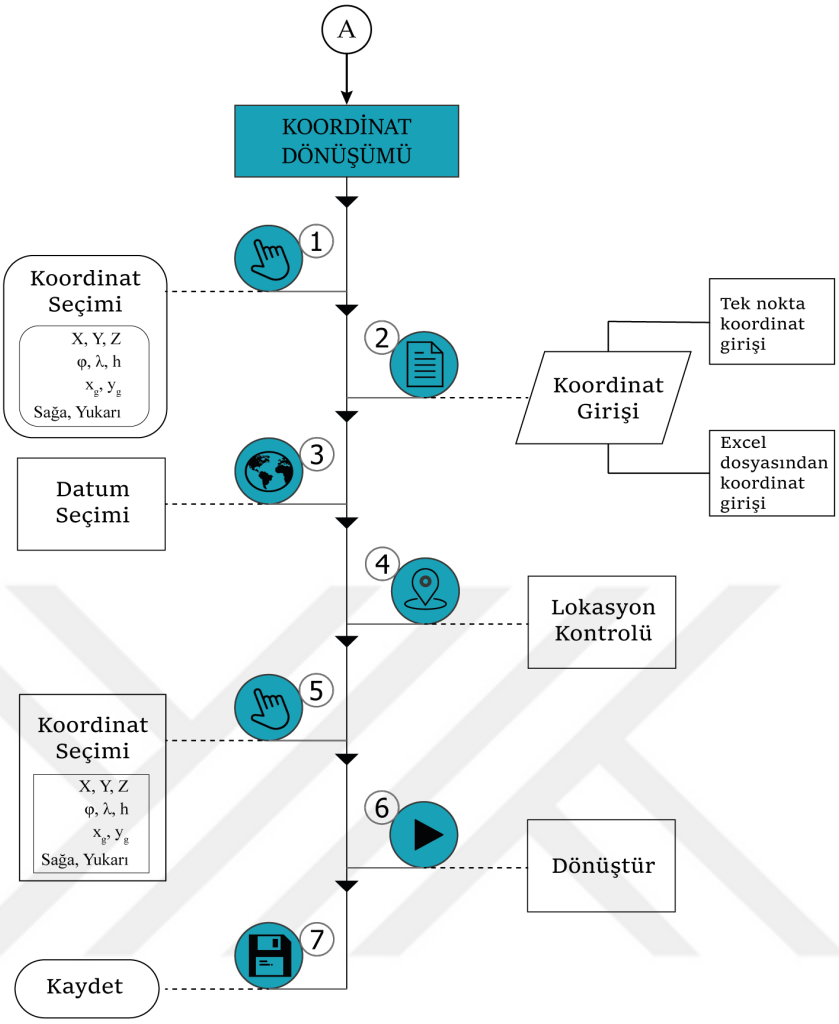
- 1.adımda, sayfa ilk açıldığında pasif görünen koordinat girişi ekranı, dönüştürülmesi istenen koordinat seçimi ile aktif hale gelecektir.
- 2.adımda koordinat belirlendikten sonra hangi parametrelerin girileceği ekrana çıkan tablo başlıkları ile belirlenmiştir. *Koordinat ekle* ile tek nokta girişi veya excel (.xls veya .xlsx uzantılı) dosyası yüklemesi ile veri girişi sağlanmaktadır. Yükseklik verisinin olmadığı durumlarda 0 (sıfır) girilerek veri girişi tamamlanır.



Şekil 5.10 Uygulama sayfaları

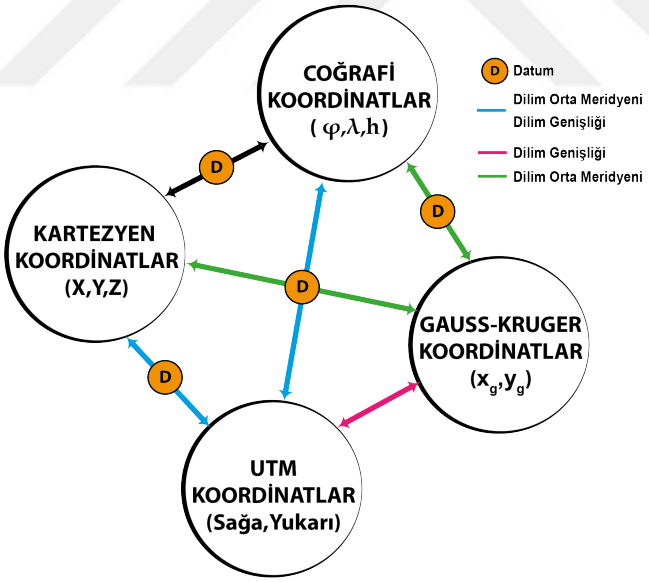


Şekil 5.11 Koordinat dönüşümü sayfası arayüzü



Şekil 5.12 Koordinat dönüşümleri akış şeması

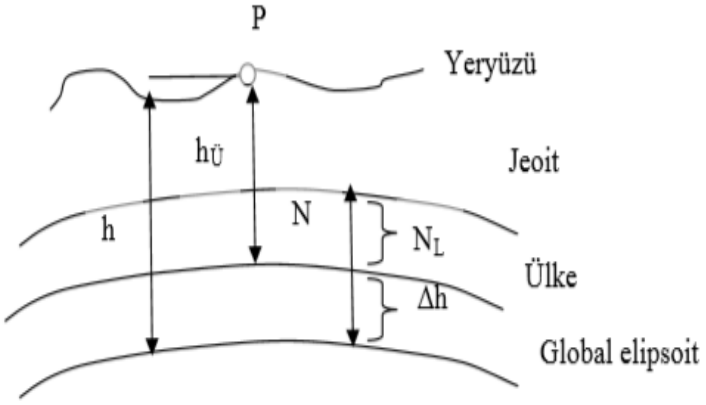
- 3.adımda dönüştürülmesi istenen koordinatların hangi datumda tanımlı olduğu belirlenmelidir. Datum koordinat dönüşümü sonuçlarını etkileyeceğinden doğru seçimin yapılması önemlidir.
- 4.adımda girişi yapılan koordinatların haritada lokasyon kontrolü yapılır. İşaretçinin hangi noktaya ait olduğu üzerine gelince açığa çıkmakta böylece hatalı koordinat girişi olduğunda kolaylıkla tespit edilmektedir. Ancak Gauss-Kruger ve UTM koordinatları ile işlem yapılacak ise sistem dilim genişliği ve dilim orta meridyeni belirlendikten sonra lokasyon kontrolüne izin vermektedir (Şekil 5.11).
- 5.adımda girişi yapılan koordinatların hangi koordinat sistemine dönüştürülmesi isteniyorsa seçim yapılır.
- 6.adımda tüm veri girişi ve parametre tanımlamalarının yapılmasından sonra dönüştürme işlemi gerçekleştirilir.
- 7.adımda sağ panel tablosunda yer alan dönüştürülmüş koordinatların excel dosyasına kaydedilmesi sağlanır.



Şekil 5.13 Uygulamada yer alan koordinat dönüşümleri

Şekil 5.13 uygulama kapsamında koordinat dönüşümünün hangi koordinatlar arasında gerçekleştiğini ve dönüşüm sırasında hangi parametrelerin seçilmesi gerektiği konusunda bilgi vermektedir. Bu doğrultuda ITRF96 ve ED50 datumlarında tanımlı gerçek verilerle UTM-Kartezyen koordinatları arasındaki dönüşüm işlemleri projede üzerinde anlatılmak için seçilmiş ve sonuçları tablolaştırılmıştır. Farklı ikili dönüşümlerin de yapılması mümkündür.

GNSS teknolojisiyle elde edilen yükseklik verisi (h:elipsoit yüksekliği) ITRF96 sisteminin üç boyutlu bir sistem olmasına katkı sağlamaktadır. Ancak ED50 datumunda yersel tekniklerle üretilen yatay koordinatlar iki boyutlu olup üçüncü bileşen için (2.3) eşitliğinden bilindiği gibi noktaların elipsoit veya jeoit yüksekliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Ancak jeoit yüksekliğinin yeterli doğrulukta modellenememesinden dolayı pratikte kullanılan ortometrik yüksekliklerden elipsoidal yüksekliğe geçişte sorun yaşanmaktadır [35]. Dolayısıyla ülke sisteminde üç boyutlu dik koordinatların belirlenebilmesi için farklı yaklaşımlar önerilmektedir. Bunlardan biri de Şekil 5.14'deki iki elipsoit arasındaki farkın bulunması esasına dayanır. (5.2) Moledensky diferansiyel eşitliğinden elde edilen Δh yükseklik farkı (5.1)'de yerine konularak uygulamalar için önerilen yükseklik farkı yaklaşımıyla ülke sistemine ait elipsoit yüksekliği Tablo 5.3'te elde edilmiş olur [15]. Abridged Molodensky dönüşümü olarak bilinen yöntem National Imagery and Mapping Agency (NIMA) tarafından kullanılan ve öteleme parametrelerini ($t_x = 87m$, $t_y = 98m$, $t_z = 121m$) Defence Mapping Agency (DMA,1987) 'nin belirlediği datum dönüşüm modelidir [36].



Şekil 5.14 Ülke elipsoidi ile global elipsoit arasındaki ilişki [15]

$$h_{ULKE} = h_{ITRF} - \Delta h \tag{5.1}$$

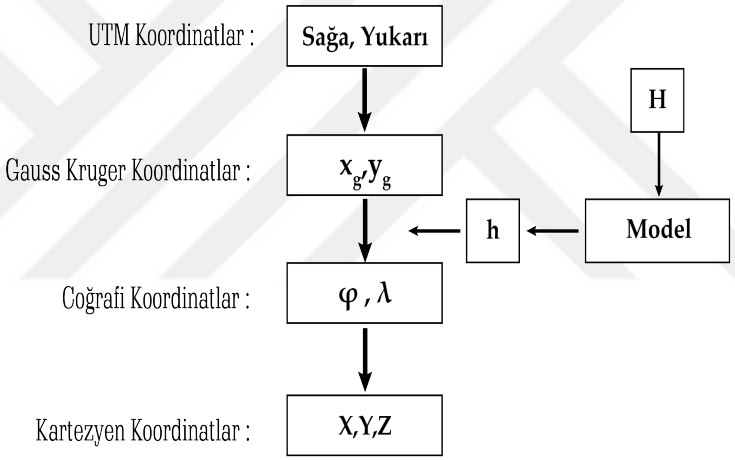
$$\Delta h = t_x \cos\varphi cos\lambda + t_y \cos\varphi \sin\lambda + t_z \sin\varphi + (a\Delta f + f\Delta a)\sin^2\varphi - \Delta a \tag{5.2}$$

a: Global elipsoidin büyük yarı ekseni,
f: Global elipsoidin basıklık parametresi (2.1),

Δa, Δf: İki elipsoit arasındaki büyük yarı eksenleri ve basıklıkları arasındaki farklar. Dönüşüm işlemi global datumdan lokal datuma doğru olacağından bu fark hedef sistem parametrelerinden kaynak sistem parametrelerinin çıkarılması ile elde edilmektedir [37],

Uygulama aşamasında seçilen IGNA'ya ait 47 GPS noktasının ED50 datumunda tanımlanan koordinatlarından yararlanılarak ve Abridged Molodensky dönüşüm modeli kullanılarak noktalara ilişkin ED50 datumununda Hayford elipsoidine göre elipsoit yükseklikleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 5.3'te verilmiştir.

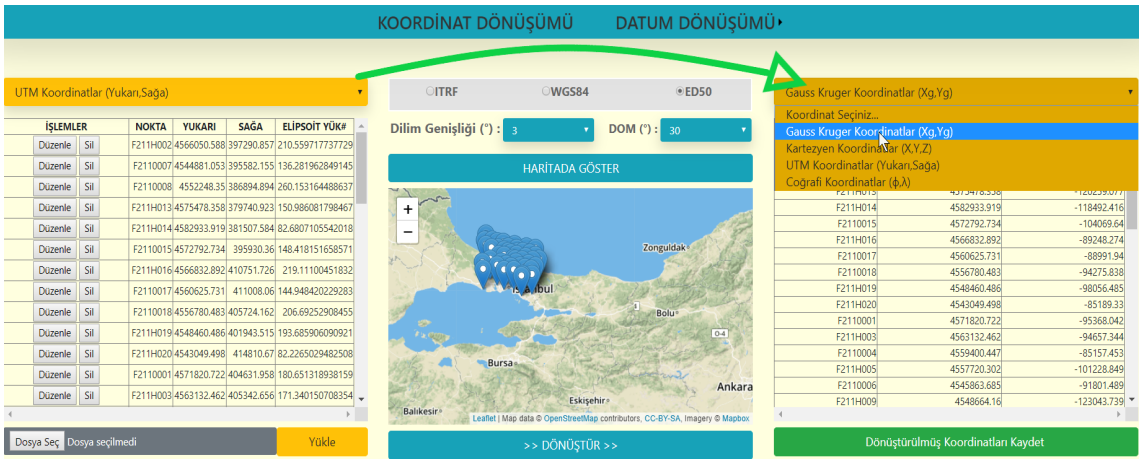
Ülke sistemine ait elipsoit yüksekliği yükseklik farkı yaklaşımıyla bulunduktan sonra ED50 sisteminde UTM koordinatlarından kartezyen koordinatlara geçiş doğrudan yapılabildiği gibi aşamalı olarak da gerçekleşmektedir (Şekil 5.15).



Şekil 5.15 UTM koordinatlarından kartezyen koordinatlara geçiş

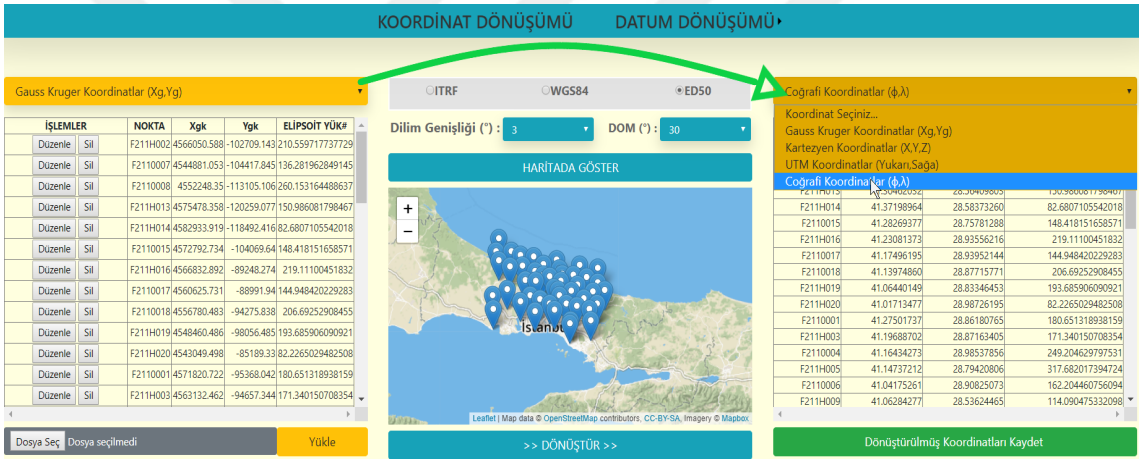
Tablo 5.3 Abridged Molodensky dönüşümü ile ED50 elipsoit yükseklikleri

Nokta	h_itrf	delta_h	h_ed50		Nokta	h_itrf	delta_h	h_ed50
F211H002	171.8121	-38.7476	210.5597		F221H002	77.3362	-38.4806	115.8168
F2110007	97.1900	-39.0920	136.2820		F221H003	88.2811	-38.6429	126.9240
F2110008	221.1149	-39.0383	260.1532		F221H004	210.5250	-38.6038	249.1288
F211H013	112.2601	-38.7260	150.9861		F221H005	104.3218	-38.5625	142.8843
F211H014	44.0838	-38.5969	82.6807		F221H006	193.1668	-38.5636	231.7304
F2110015	109.7663	-38.6519	148.4182		F221H007	181.0628	-38.6745	219.7373
F211H016	180.4708	-38.6402	219.1110		F221H008	191.7334	-38.6059	230.3393
F2110017	106.2128	-38.7356	144.9484		F221H009	81.8370	-38.6741	120.5111
F2110018	167.8594	-38.8331	206.6925		F221H011	185.7425	-38.7686	224.5111
F211H019	154.6954	-38.9905	193.6859		F221H013	228.3296	-38.7813	267.1109
F211H020	43.2415	-38.9850	82.2265		F221H014	175.7431	-38.9070	214.6501
F2110001	142.0460	-38.6053	180.6513		F2210016	194.2819	-38.8801	233.1620
F211H003	132.6039	-38.7363	171.3402		F221H018	39.8126	-38.7161	78.5287
F2110004	210.4767	-38.7279	249.2046		F22-G001	137.6941	-38.8142	176.5083
F211H005	278.8144	-38.8676	317.6820		F22-G002	156.7541	-38.7699	195.5240
F2110006	123.2173	-38.9872	162.2045		F22-G003	166.6168	-38.8578	205.4746
F211H009	74.9243	-39.1662	114.0905		G211H002	89.4828	-39.1231	128.6059
F211H011	173.6007	-38.8068	212.4075		G211H001	107.9064	-39.2928	147.1992
F2110012	248.3290	-38.8049	287.1339		G2210001	80.9499	-39.0257	119.9756
F21-G001	103.3369	-38.6593	141.9962		G2210002	243.7408	-38.8577	282.5985
F221H019	80.3919	-38.5370	118.9289		G2210004	143.6888	-38.9579	182.6467
F221H020	209.4610	-38.6066	248.0676		G2210005	149.1620	-39.0832	188.2452
F221H001	81.6201	-38.4308	120.0509		G221H011	111.7198	-39.0498	150.7696
ISTA	147.2359	-38.8115	186.0474					



Şekil 5.16 UTM koordinatlardan Gauss-Krugere dönüşüm işlemi

Şekil 5.15'e göre ilk aşama olarak UTM koordinatlarından Gauss-Kruger koordinatlarına dönüşüm işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.16)



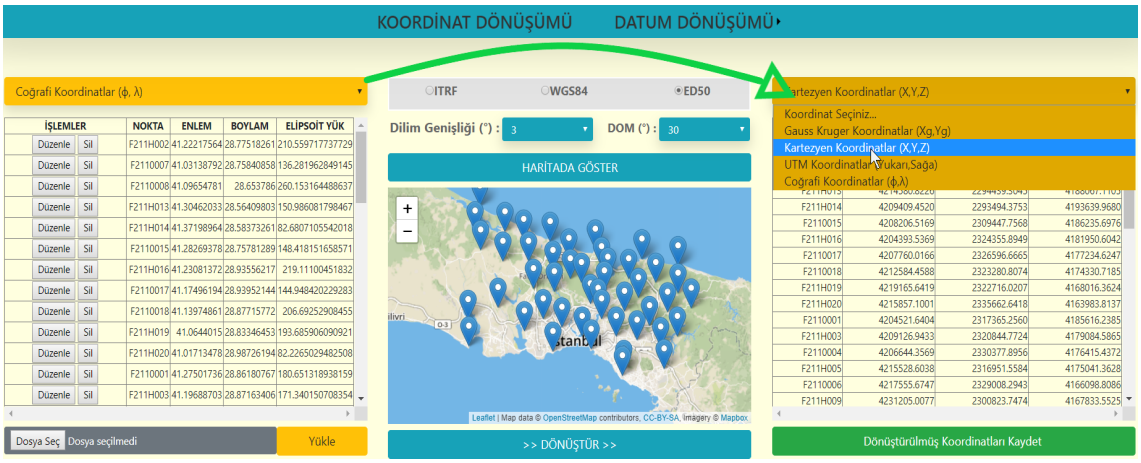
Şekil 5.17 Gauss-Kruger koordinatlardan coğrafi koordinatlara dönüşüm işlemi

İkinci aşamada ise belirlenen Gauss-Kruger koordinatlarından aynı datumda coğrafi koordinatlar dönüşüm işlemi yapılmıştır (Şekil 5.17).

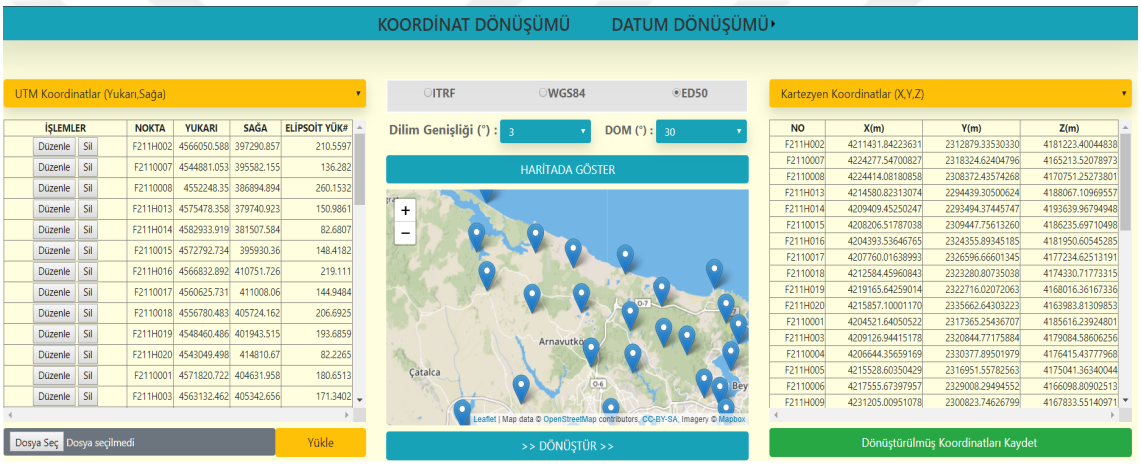
Son aşamada ise bir önceki aşamada belirlenen coğrafi koordinatlar ile noktaların elipsoit yükseklikleri kullanılarak aynı datumda kartezyen koordinatlar hesaplanmaktadır (Şekil 5.18).

Adım adım gerçekleştirilen bu işlem direk olarak da yapılabilir. Bunun için Şekil 5.19'da görüldüğü gibi birinci kısımda noktaların UTM koordinatları yer alırken ikinci kısımda (belirlenecek koordinatlar) kartezyen koordinatlar seçilerek gerçekleştirilmektedir.

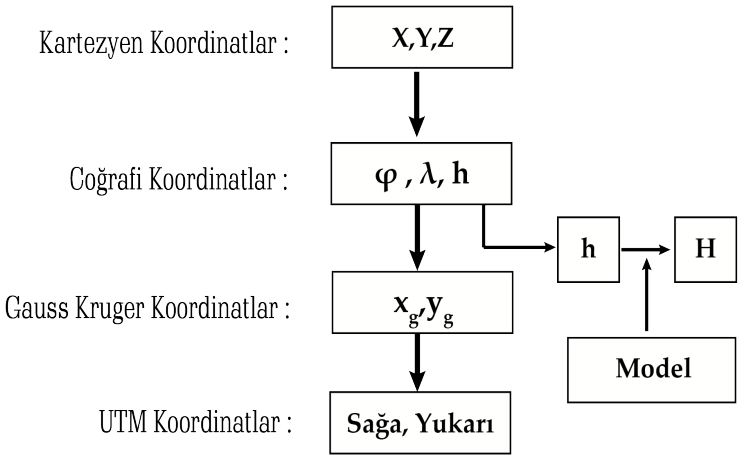
Şekil 5.20'ye göre ilk aşama olarak aynı datumda coğrafi koordinatlara geçiş sağlanmaktadır (Şekil 5.21).



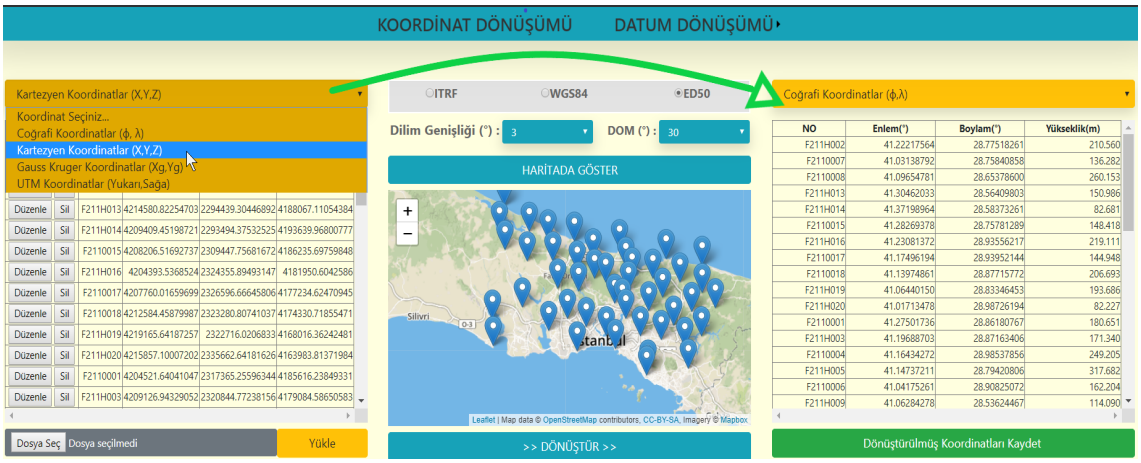
Şekil 5.18 Coğrafi koordinatlardan kartezyen koordinatlara dönüşüm işlemi



Şekil 5.19 UTM koordinatlardan kartezyen koordinatlara dönüşüm işlemi

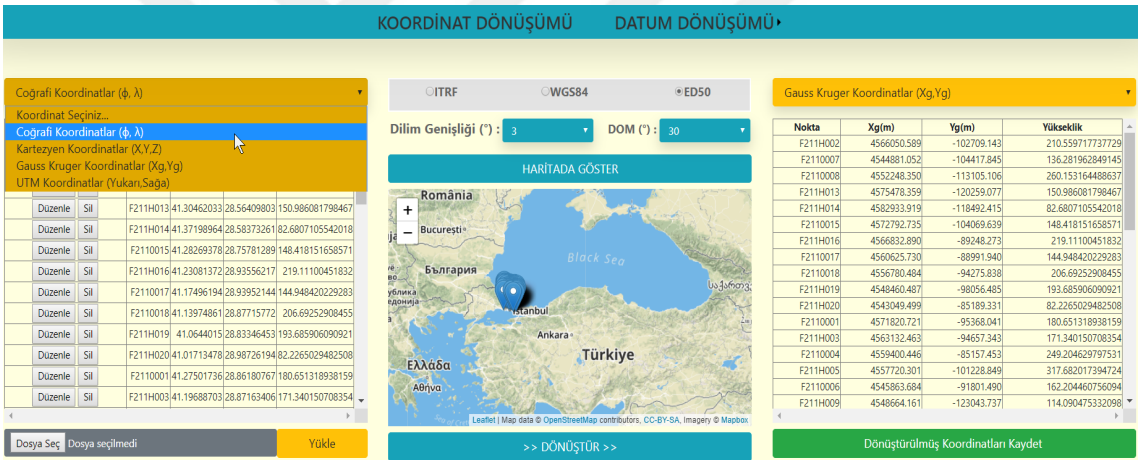


Şekil 5.20 Kartezyen koordinatlardan UTM koordinatlara geçiş



Şekil 5.21 Kartezyen koordinatlardan coğrafi koordinatlara dönüşüm işlemi

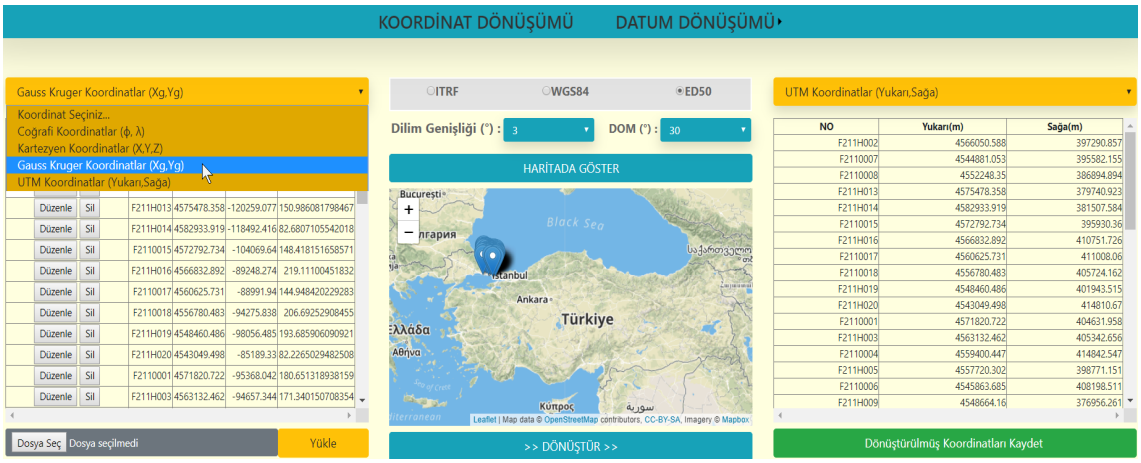
İkinci aşama olarak coğrafi koordinatlardan Gauss-Kruger koordinatlara geçiş yapılmaktadır (Şekil 5.22). Burada elipsoit ve dilim orta meridyeni bilgileri doğru girilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.22 Coğrafi koordinatlardan Gauss-Kruger koordinatlara dönüşüm işlemi

Son aşama olarak Gauss-Kruger koordinatlardan UTM koordinatlara dönüşüm yapılarak geçişler sağlanmış olmaktadır (Şekil 5.23). Burada dilim genişliği (3° veya 6°) tanımlanmalıdır.

Koordinat dönüşümleri hem ED50 hem de ITRF96 datumda gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 5.4, Tablo 5.5'te ve Tablo 5.6, Tablo 5.7'de verilmektedir.



Şekil 5.23 Gauss-Kruger koordinatlardan UTM koordinatlara dönüşüm işlemi

Tablo 5.4 Dönüşüm sonucu elde edilen ED50 datumuna bağlı koordinatlar (devam ediyor)

Nokta	X_g	Y_g	φ	λ	h	X	Y	Z
F211H002	4565864.844	-102743.199	41° 13’ 16.383864”	28° 46’ 29.058996”	171.812	4211431.8420	2312879.3350	4181223.4009
F2110007	4544695.383	-104452.045	41° 01’ 49.530108”	28° 45’ 28.668816”	97.190	4224277.5478	2318324.6240	4165213.5200
F2110008	4552062.802	-113139.275	41° 05’ 44.115143”	28° 39’ 12.015684”	221.115	4224414.0819	2308372.4360	4170751.2524
F211H013	4575292.676	-120292.972	41° 18’ 13.192812”	28° 33’ 49.136076”	112.260	4214580.8225	2294439.3045	4188067.1105
F211H014	4582748.158	-118526.338	41° 22’ 15.727187”	28° 34’ 59.820024”	44.084	4209409.4520	2293494.3753	4193639.9680
F2110015	4572606.962	-104103.677	41° 16’ 54.254496”	28° 45’ 26.525484”	109.766	4208206.5169	2309447.7568	4186235.6976
F211H016	4566647.060	-89282.415	41° 13’ 47.481168”	28° 56’ 06.439380”	180.471	4204393.5369	2324355.8949	4181950.6043
F2110017	4560439.921	-89026.096	41° 10’ 26.409575”	28° 56’ 20.693868”	106.213	4207760.0166	2326596.6665	4177234.6247
F2110018	4556594.720	-94309.981	41° 08’ 19.638528”	28° 52’ 36.178895”	167.859	4212584.4588	2323280.8074	4174330.7186
F211H019	4548274.782	-98090.676	41° 03’ 48.382307”	28° 49’ 58.878192”	154.695	4219165.6419	2322716.0207	4168016.3624
F211H020	4542863.722	-85223.603	41° 00’ 58.216787”	28° 59’ 12.563592”	43.242	4215857.1001	2335662.6418	4163983.8137
F2110001	4571634.902	-95402.140	41° 16’ 26.618304”	28° 51’ 40.915800”	142.046	4204521.6404	2317365.2560	4185616.2385
F211H003	4562946.679	-94691.462	41° 11’ 45.342167”	28° 52’ 16.292855”	132.604	4209126.9433	2320844.7724	4179084.5865
F2110004	4559214.617	-85191.631	41° 09’ 48.179231”	28° 59’ 05.783891”	210.477	4206644.3569	2330377.8956	4176415.4372
F211H005	4557534.496	-101262.753	41° 08’ 47.081615”	28° 47’ 37.561010”	278.814	4215528.6038	2316951.5584	4175041.3629
F2110006	4545677.946	-91835.724	41° 02’ 26.843784”	28° 54’ 28.115496”	123.217	4217555.6747	2329008.2943	4166098.8086
F211H009	4548478.650	-123077.828	41° 03’ 42.773147”	28° 32’ 08.857931”	74.924	4231205.0077	2300823.7474	4167833.5525
F211H011	4565910.706	-111135.107	41° 13’ 13.880567”	28° 40’ 28.838891”	173.601	4215510.4071	2305546.2470	4181166.5170
F2110012	4569471.733	-118619.884	41° 15’ 05.455007”	28° 35’ 05.110548”	248.329	4217180.5684	2297868.6605	4183804.2467
F21-G001	4574969.635	-110320.706	41° 18’ 07.850916”	28° 40’ 57.896976”	103.337	4209891.8873	2303243.9267	4187937.3881
F221H019	4569290.410	-80446.452	41° 15’ 16.488935”	29° 02’ 24.526031”	80.392	4198477.4123	2331143.2026	4183949.3196
F221H020	4563974.640	-78496.030	41° 12’ 24.889175”	29° 03’ 50.751179”	209.461	4200637.3994	2334640.2617	4180053.0877
F221H001	4564040.616	-53104.265	41° 12’ 34.452323”	29° 22’ 00.530579”	81.620	4187991.0205	2356658.0595	4180190.6930

Tablo 5.5 devam ediyor

Nokta	X_g	Y_g	φ	λ	h	X	Y	Z
F221H002	4566135.932	-65175.327	41° 13’ 39.194183”	29° 13’ 21.624779”	77.336	4192754.8551	2345470.9944	4181690.3047
F221H003	4560771.529	-76501.130	41° 10’ 41.758572”	29° 05’ 17.807603”	88.281	4201403.1578	2337387.3263	4177579.1735
F221H004	4560180.583	-69519.765	41° 10’ 24.867407”	29° 10’ 17.544863”	210.525	4198382.0813	2343702.0925	4177267.4141
F221H005	4558930.565	-60674.52	41° 09’ 46.906091”	29° 16’ 37.427556”	104.322	4194661.3272	2351768.0530	4176315.8960
F221H006	4555650.768	-53293.144	41° 08’ 2.4614519”	29° 21’ 55.049868”	193.167	4192941.1433	2359296.8600	4173948.1157
F221H007	4554316.344	-66435.087	41° 07’ 15.721931”	29° 12’ 32.153220”	181.063	4200183.7978	2348304.3001	4172854.1233
F221H008	4551010.677	-48802.858	41° 05’ 33.071784”	29° 25’ 08.887692”	191.733	4193361.0024	2364724.0717	4170475.0226
F221H009	4550057.933	-56624.033	41° 05’ 0.3648839”	29° 19’ 34.100976”	81.837	4197699.5155	2358199.2049	4169642.3710
F221H011	4550343.526	-71023.385	41° 05’ 5.5555799”	29° 09’ 17.139888”	185.743	4204710.7210	2345620.1775	4169831.4055
F221H013	4545883.186	-62698.157	41° 02’ 43.443023”	29° 15’ 15.421248”	228.330	4203170.9297	2354343.1503	4166553.9529
F221H014	4542837.378	-73964.562	41° 01’ 1.3186200”	29° 07’ 14.385864”	175.743	4210422.2083	2345522.0080	4164142.9397
F2210016	4541523.291	-67083.316	41° 00’ 20.866680”	29° 12’ 09.381779”	194.282	4207790.4990	2351947.4511	4163213.4556
F221H018	4556669.763	-77777.241	41° 08’ 28.377060”	29° 04’ 24.937032”	39.813	4204337.2766	2337608.6831	4174449.4372
F22-G001	4551291.514	-79740.235	41° 05’ 33.374148”	29° 03’ 03.287376”	137.694	4208430.4041	2337704.0974	4170446.6550
F22-G002	4542667.29	-53625.605	41° 01’ 01.532999”	29° 21’ 44.866152”	156.754	4200470.0814	2363260.1630	4164135.4034
F22-G003	4548057.424	-78707.572	41° 03’ 48.913199”	29° 03’ 49.017312”	166.617	4209782.0348	2339676.3350	4168036.4879
G211H002	4538412.007	-94893.601	40° 58’ 30.090900”	28° 52’ 21.234791”	89.483	4223162.0202	2328715.4630	4160565.3734
G211H001	4540353.085	-122913.98	40° 59’ 19.545360”	28° 32’ 21.731964”	107.906	4235766.2384	2303645.7900	4161729.1861
G2210001	4538945.575	-82224.395	40° 58’ 52.330296”	29° 01’ 22.782647”	80.950	4216634.4512	2339573.6190	4161077.6800
G2210002	4539439.39	-59037.45	40° 59’ 15.557387”	29° 17’ 54.369096”	243.741	4205036.1969	2359646.7280	4161725.2806
G2210004	4532673.577	-58099.551	40° 55’ 36.488676”	29° 18’ 36.773855”	143.689	4208348.0647	2362642.8648	4156556.1137
G2210005	4530796.728	-72012.923	40° 54’ 31.670496”	29° 08’ 42.944856”	149.162	4216279.8960	2351157.8528	4155048.7810
G221H011	4532641.997	-71389.744	40° 55’ 31.678787”	29° 09’ 08.806139’	111.720	4214901.4974	2351081.9082	4156423.0933
ISTA	4552636.166	-82378.146	41° 06’ 16.009812”	29° 01’ 09.625440”	147.236	4208968.1217	2334968.7993	4171444.0938

Tablo 5.6 Dönüşüm sonucu elde edilen ITRF96 datumuna bağlı koordinatlar (devam ediyor)

Nokta	X_g	Y_g	φ	λ	h	X	Y	Z
F211H002	4565864.844	-102743.199	41° 13’ 16.383864”	28° 46’ 29.058996”	171.812	4211294.003	2312761.158	4181046.637
F2110007	4544695.383	-104452.045	41° 01’ 49.530108”	28° 45’ 28.668816”	97.19	4224139.19	2318206.001	4165036.447
F2110008	4552062.802	-113139.275	41° 05’ 44.115143”	28° 39’ 12.015684”	221.115	4224275.721	2308253.909	4170574.318
F211H013	4575292.676	-120292.972	41° 18’ 13.192812”	28° 33’ 49.136076”	112.26	4214442.892	2294321.388	4187890.404
F211H014	4582748.158	-118526.338	41° 22’ 15.727187”	28° 34’ 59.820024”	44.084	4209271.783	2293376.563	4193463.342
F2110015	4572606.962	-104103.677	41° 16’ 54.254496”	28° 45’ 26.525484”	109.766	4208068.834	2309329.7	4186059.014
F211H016	4566647.06	-89282.415	41° 13’ 47.481168”	28° 56’ 06.439380”	180.471	4204255.967	2324237.675	4181773.901
F2110017	4560439.921	-89026.096	41° 10’ 26.409575”	28° 56’ 20.693868”	106.213	4207622.29	2326478.341	4177057.837
F2110018	4556594.72	-94309.981	41° 08’ 19.638528”	28° 52’ 36.178895”	167.859	4212446.544	2323162.427	4174153.856
F211H019	4548274.782	-98090.676	41° 03’ 48.382307”	28° 49’ 58.878192”	154.695	4219027.466	2322597.464	4167839.374
F211H020	4542863.722	-85223.603	41° 00’ 58.216787”	28° 59’ 12.563592”	43.242	4215719.02	2335543.955	4163806.789
F2110001	4571634.902	-95402.14	41° 16’ 26.618304”	28° 51’ 40.915800”	142.046	4204384.094	2317247.142	4185439.576
F211H003	4562946.679	-94691.462	41° 11’ 45.342167”	28° 52’ 16.292855”	132.604	4208989.18	2320726.509	4178907.812
F2110004	4559214.617	-85191.631	41° 09’ 48.179231”	28° 59’ 05.783891’	210.477	4206506.669	2330259.538	4176238.644
F211H005	4557534.496	-101262.753	41° 08’ 47.081615”	28° 47’ 37.56101”	278.814	4215390.538	2316833.417	4174864.427
F2110006	4545677.946	-91835.724	41° 02’ 26.843784”	28° 54’ 28.115496”	123.217	4217417.548	2328889.672	4165921.804
F211H009	4548478.65	-123077.828	41° 03’ 42.773147”	28° 32’ 08.857931”	74.924	4231066.377	2300705.23	4167656.505
F211H011	4565910.706	-111135.107	41° 13’ 13.880567”	28° 40’ 28.838891”	173.601	4215372.406	2305428.111	4180989.727
F2110012	4569471.733	-118619.884	41° 15’ 05.455007”	28° 35’ 05.110548”	248.329	4217042.512	2297750.634	4183627.475
F21-G001	4574969.635	-110320.706	41° 18’ 07.850916”	28° 40’ 57.896976”	103.337	4209754.149	2303125.942	4187760.711
F221H019	4569290.41	-80446.452	41° 15’ 16.488935”	29° 02’ 24.526031”	80.392	4198340.108	2331024.982	4183772.655
F221H020	4563974.64	-78496.03	41° 12’ 24.889175”	29° 03’ 50.751179”	209.461	4200499.947	2334521.966	4179876.39
F221H001	4564040.616	-53104.265	41° 12’ 34.452323”	29° 22’ 00.530579”	81.62	4187853.961	2356539.72	4180014.122

Tablo 5.7 devam ediyor

Nokta	X_g	Y_g	φ	λ	h	X	Y	Z
F221H002	4566135.932	-65175.327	41° 13’ 39.194183”	29° 13’ 21.624779”	77.336	4192617.724	2345352.693	4181513.654
F221H003	4560771.529	-76501.130	41° 10’ 41.758572”	29° 05’ 17.807603”	88.281	4201265.656	2337268.972	4177402.439
F221H004	4560180.583	-69519.765	41° 10’ 24.867407”	29° 10’ 17.544863”	210.525	4198244.68	2343583.716	4177090.699
F221H005	4558930.565	-60674.520	41° 09’ 46.906091”	29° 16’ 37.427556”	104.322	4194524.03	2351649.644	4176139.204
F221H006	4555650.768	-53293.144	41° 08’ 2.4614519”	29° 21’ 55.049868”	193.167	4192803.877	2359178.395	4173771.404
F221H007	4554316.344	-66435.087	41° 07’ 15.721931”	29° 12’ 32.153220”	181.063	4200046.3	2348185.828	4172677.328
F221H008	4551010.677	-48802.858	41° 05’ 33.071784”	29° 25’ 08.887692”	191.733	4193223.684	2364605.544	4170298.255
F221H009	4550057.933	-56624.033	41° 05’ 0.3648839”	29° 19’ 34.100976”	81.837	4197562.06	2358080.663	4169465.552
F221H011	4550343.526	-71023.385	41° 05’ 5.5555799”	29° 09’ 17.139888”	185.743	4204573.051	2345501.644	4169654.532
F221H013	4545883.186	-62698.157	41° 02’ 43.443023”	29° 15’ 15.421248”	228.33	4203033.281	2354224.543	4166377.04
F221H014	4542837.378	-73964.562	41° 01’ 1.3186200”	29° 07’ 14.385864”	175.743	4210284.31	2345403.334	4163965.946
F2210016	4541523.291	-67083.316	41° 00’ 20.866680”	29° 12’ 09.381779”	194.282	4207652.676	2351828.762	4163036.463
F221H018	4556669.763	-77777.241	41° 08’ 28.377060”	29° 04’ 24.937032”	39.813	4204199.651	2337490.265	4174272.636
F22-G001	4551291.514	-79740.235	41° 05’ 33.374148”	29° 03’ 03.287376”	137.694	4208292.613	2337585.588	4170269.766
F22-G002	4542667.290	-53625.605	41° 01’ 01.532999”	29° 21’ 44.866152”	156.754	4200332.488	2363141.515	4163958.474
F22-G003	4548057.424	-78707.572	41° 03’ 48.913199”	29° 03’ 49.017312”	166.617	4209644.184	2339557.764	4167859.554
G211H002	4538412.007	-94893.601	40° 58’ 30.090900”	28° 52’ 21.234791”	89.483	4223023.658	2328596.695	4160388.265
G211H001	4540353.085	-122913.980	40° 59’ 19.545360”	28° 32’ 21.731964”	107.906	4235627.463	2303526.97	4161552.053
G2210001	4538945.575	-82224.395	40° 58’ 52.330296”	29° 01’ 22.782647”	80.95	4216496.352	2339454.801	4160900.614
G2210002	4539439.390	-59037.450	40° 59’ 15.557387”	29° 17’ 54.369096”	243.741	4204898.444	2359528.017	4161548.282
G2210004	4532673.577	-58099.551	40° 55’ 36.488676”	29° 18’ 36.773855”	143.689	4208210.158	2362524.029	4156379.022
G2210005	4530796.728	-72012.923	40° 54’ 31.670496”	29° 08’ 42.944856”	149.162	4216141.78	2351038.819	4154871.648
G221H011	4532641.997	-71389.744	40° 55’ 31.678787”	29°? 09’ 08.806139’	111.72	4214763.4	2350963.005	4156245.972
ISTA	4552636.166	-82378.146	41° 06’ 16.009812”	29° 01’ 09.625440”	147.236	4208830.319	2334850.32	4171267.214

Tablo 5.8 İstanbul GPS Nirengi Ağı kartezyen koordinatları (devam ediyor)

	Datum:ITRF96 **Elipsoit:**GRS80			**Datum:**ED50 **Elipsoit:**Hayford 1924		
Nokta	**X**	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
F211H002	4211294.0029	2312761.1580	4181046.6371	4211431.8420	2312879.3350	4181223.4009
F2110007	4224139.1898	2318206.0010	4165036.4468	4224277.5478	2318324.6240	4165213.5200
F2110008	4224275.7206	2308253.9085	4170574.3180	4224414.0819	2308372.4360	4170751.2524
F211H013	4214442.8919	2294321.3877	4187890.4035	4214580.8225	2294439.3045	4188067.1105
F211H014	4209271.7830	2293376.5629	4193463.3419	4209409.4520	2293494.3753	4193639.9680
F2110015	4208068.8341	2309329.7000	4186059.0144	4208206.5169	2309447.7568	4186235.6976
F211H016	4204255.9669	2324237.6752	4181773.9008	4204393.5369	2324355.8949	4181950.6043
F2110017	4207622.2904	2326478.3407	4177057.8365	4207760.0166	2326596.6665	4177234.6247
F2110018	4212446.5439	2323162.4270	4174153.8558	4212584.4588	2323280.8074	4174330.7186
F211H019	4219027.4655	2322597.4643	4167839.3741	4219165.6419	2322716.0207	4168016.3624
F211H020	4215719.0199	2335543.9554	4163806.7892	4215857.1001	2335662.6418	4163983.8137
F2110001	4204384.0938	2317247.1424	4185439.5762	4204521.6404	2317365.2560	4185616.2385
F211H003	4208989.1796	2320726.5091	4178907.8121	4209126.9433	2320844.7724	4179084.5865
F2110004	4206506.6685	2330259.5377	4176238.6443	4206644.3569	2330377.8956	4176415.4372
F211H005	4215390.5378	2316833.4169	4174864.4274	4215528.6038	2316951.5584	4175041.3629
F2110006	4217417.5476	2328889.6716	4165921.8040	4217555.6747	2329008.2943	4166098.8086
F211H009	4231066.3767	2300705.2304	4167656.5049	4231205.0077	2300823.7474	4167833.5525
F211H011	4215372.4060	2305428.1107	4180989.7269	4215510.4071	2305546.2470	4181166.5170
F2110012	4217042.5116	2297750.6344	4183627.4752	4217180.5684	2297868.6605	4183804.2467
F21-G001	4209754.1494	2303125.9417	4187760.7113	4209891.8873	2303243.9267	4187937.3881
F221H019	4198340.1077	2331024.9815	4183772.6552	4198477.4123	2331143.2026	4183949.3196
F221H020	4200499.9465	2334521.9659	4179876.3902	4200637.3994	2334640.2617	4180053.0877
F221H001	4187853.9605	2356539.7195	4180014.1218	4187991.0205	2356658.0595	4180190.6930

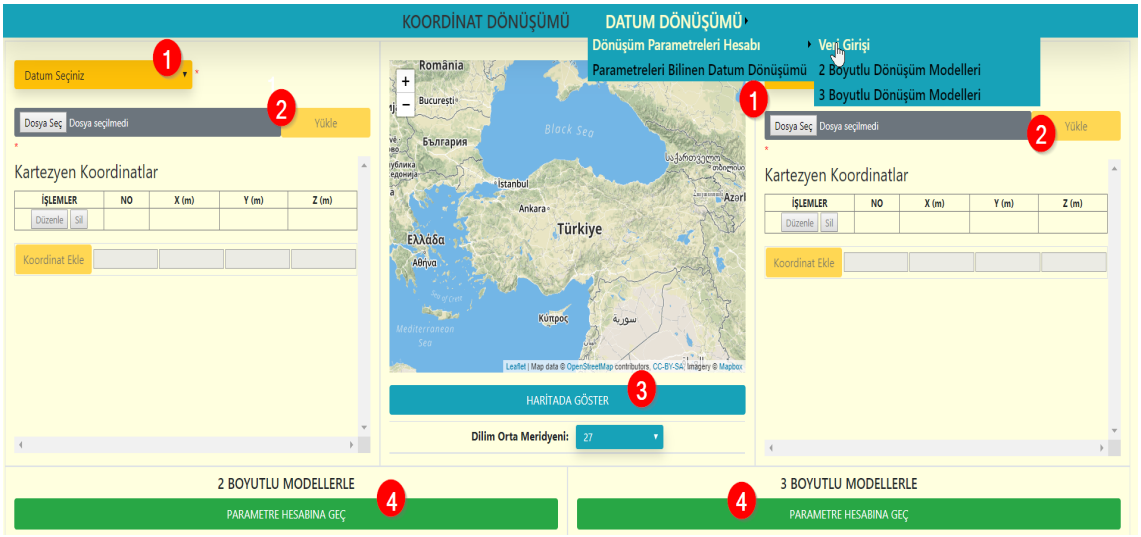
Tablo 5.9 devam ediyor

	Datum:ITRF96 **Elipsoit:**GRS80			**Datum:**ED50 **Elipsoit:**Hayford 1924		
Nokta	**X**	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
F221H002	4192617.7244	2345352.6926	4181513.6540	4192754.8551	2345470.9944	4181690.3047
F221H003	4201265.6561	2337268.9724	4177402.4387	4201403.1578	2337387.3263	4177579.1735
F221H004	4198244.6798	2343583.7160	4177090.6987	4198382.0813	2343702.0925	4177267.4141
F221H005	4194524.0301	2351649.6437	4176139.2037	4194661.3272	2351768.0530	4176315.8960
F221H006	4192803.8765	2359178.3949	4173771.4044	4192941.1433	2359296.8600	4173948.1157
F221H007	4200046.3001	2348185.8277	4172677.3284	4200183.7978	2348304.3001	4172854.1233
F221H008	4193223.6842	2364605.5435	4170298.2547	4193361.0024	2364724.0717	4170475.0226
F221H009	4197562.0598	2358080.6626	4169465.5521	4197699.5155	2358199.2049	4169642.3710
F221H011	4204573.0511	2345501.6441	4169654.5321	4204710.7210	2345620.1775	4169831.4055
F221H013	4203033.2813	2354224.5428	4166377.0403	4203170.9297	2354343.1503	4166553.9529
F221H014	4210284.3096	2345403.3343	4163965.9457	4210422.2083	2345522.0080	4164142.9397
F2210016	4207652.6762	2351828.7620	4163036.4629	4207790.4990	2351947.4511	4163213.4556
F221H018	4204199.6506	2337490.2652	4174272.6356	4204337.2766	2337608.6831	4174449.4372
F22-G001	4208292.6133	2337585.5883	4170269.7656	4208430.4041	2337704.0974	4170446.6550
F22-G002	4200332.4877	2363141.5152	4163958.4738	4200470.0814	2363260.1630	4164135.4034
F22-G003	4209644.1835	2339557.7643	4167859.5541	4209782.0348	2339676.3350	4168036.4879
G211H002	4223023.6583	2328596.6950	4160388.2653	4223162.0202	2328715.4630	4160565.3734
G211H001	4235627.4629	2303526.9697	4161552.0528	4235766.2384	2303645.7900	4161729.1861
G2210001	4216496.3516	2339454.8012	4160900.6136	4216634.4512	2339573.6190	4161077.6800
G2210002	4204898.4440	2359528.0172	4161548.2822	4205036.1969	2359646.7280	4161725.2806
G2210004	4208210.1579	2362524.0293	4156379.0221	4208348.0647	2362642.8648	4156556.1137
G2210005	4216141.7801	2351038.8191	4154871.6479	4216279.8960	2351157.8528	4155048.7810
G221H011	4214763.4001	2350963.0054	4156245.9719	4214901.4974	2351081.9082	4156423.0933
ISTA	4208830.3192	2334850.3198	4171267.2142	4208968.1217	2334968.7993	4171444.0938

5.3.2 İki Boyutlu Datum Dönüşümü için Uygulama

Şekil 5.10'daki akış takip edildiğinde *datum dönüşümü* menüsünde bulunan *dönüşüm parametreleri hesabı* başlığı altında sırasıyla *veri girişi*, *2 boyutlu dönüşüm modelleri* ve *3 boyutlu dönüşüm modelleri* yer aldığı görülmektedir.

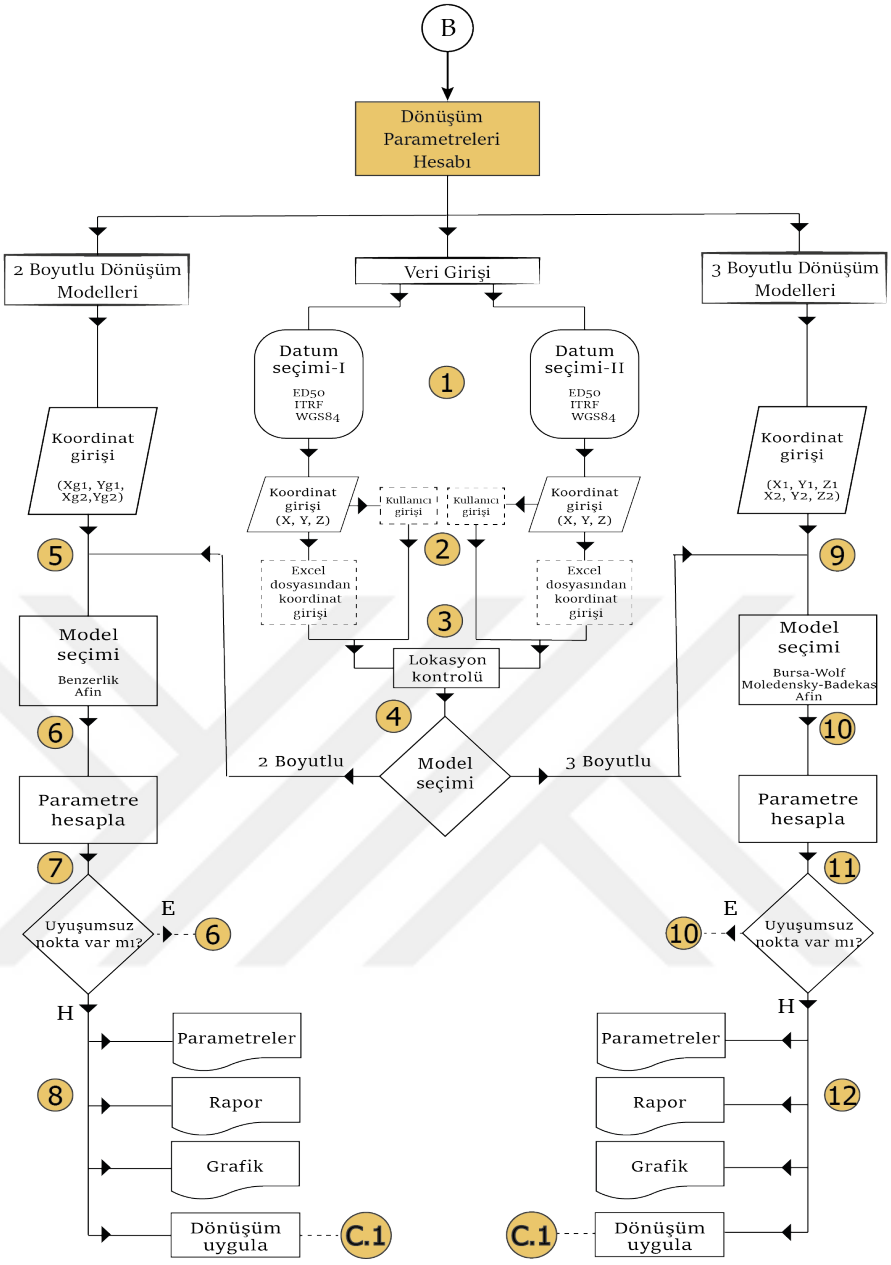
Şekil 5.25'e göre datum dönüşüm parametreleri hesabının doğrudan dönüşüm modelleri sayfasından yapılabildiği gibi veri girişi aracılığıyla da yapılabileceği anlaşılmaktadır. Ancak modeller bölümünde datum seçimi ve lokasyon kontrolü imkanı bulunmadığından parametre hesabı için veri girişi bölümünün kullanılması önerilmektedir.



Şekil 5.24 Dönüşüm parametreleri hesabı veri giriş sayfası arayüzü

Veri girişi sayfası, dönüşüm parametreleri hesabında kullanılacak datum ve koordinat tanımlamaların yapıldığı bölümdür. Dört aşamada veri girişi tamamlanmakta ve model sayfalarına geçiş sağlanmaktadır. Şekil 5.24'te adımların hangi bölümlere karşılık geldiği gösterilmektedir.

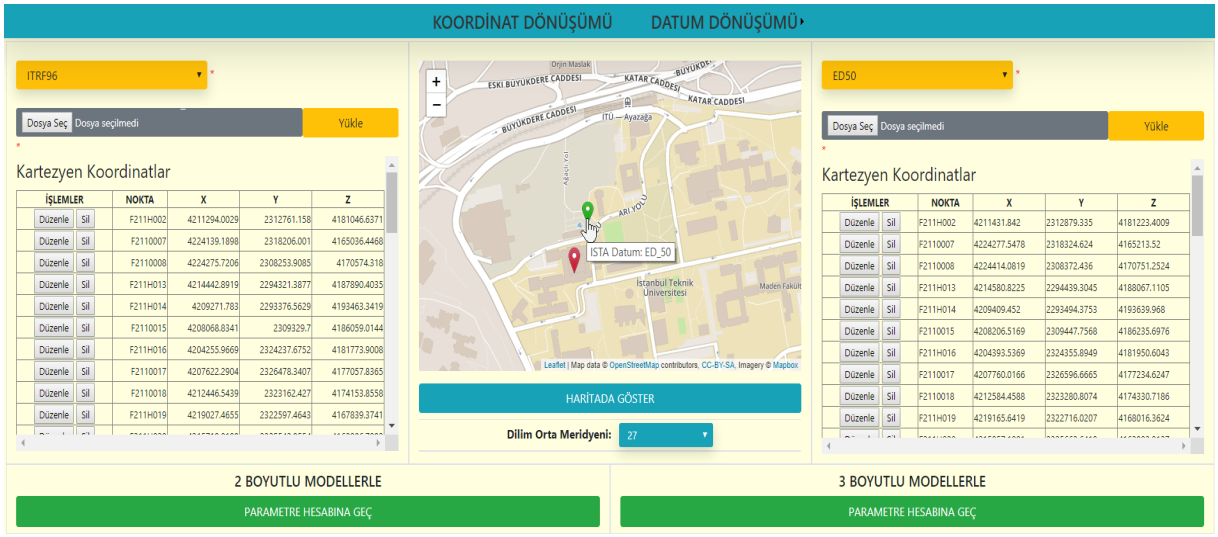
- 1.adımda, sayfa ilk açıldığında pasif görünen koordinat girişleri ekranı, datum seçimi ile aktif hale gelecektir.
- 2.adımda datumlar belirlendikten sonra seçilen datumda tanımlı kartezyen koordinatlar *koordinat ekle* ile veya excel dosyası (.xls veya .xlsx uzantılı) ile yüklenmelidir.
- 3.adımda her iki datumda da tanımlı koordinatların haritada lokasyon kontrolü yapılır. İşaretçinin hangi noktaya ve datuma ait olduğu üzerine gelince açığa çıkmakta böylece hatalı koordinat girişi kolaylıkla tespit edilmektedir.



Şekil 5.25 Dönüşüm parametreleri hesabı akış şeması

- 4.adımda üç boyutlu modellerle parametre hesabına doğrudan geçmek mümkün iken iki boyutlu modellerle parametre hesabı için öncelikle dilim orta meridyeninin belirlenmesi gerekmektedir. Aksi halde varsayılan dilim orta meridyen değerine (27°) göre Gauss-Kruger koordinatları üretilecektir.

Yukarıdaki adımlar takip edilerek ITRF96 sisteminden ED50 sistemine geçişi sağlayacak datum dönüşüm parametrelerini iki ve üç boyutlu dönüşüm modelleri aracılığı ile belirlemek için Tablo 5.8 ve Tablo 5.9'da yer alan kartezyen koordinatların veri girişi yapılmıştır (Şekil 5.26).



Şekil 5.26 Veri girişinin uygulanması

Veri girişi tamamlandıktan sonra iki boyutlu modellerle dönüşüm parametreleri hesabı için geçiş yapıldığında Şekil 5.27'de kartezyen koordinatların Gauss-Kruger koordinatlara dönüştürülerek aktarıldığı, üç boyutlu modellerle dönüşüm parametreleri hesabı için geçiş yapıldığında birinci sistem (ITRF96) ve ikinci sistemin (ED50) kartezyen koordinatlarının doğrudan aktarıldığı görülmektedir (Şekil 5.28).



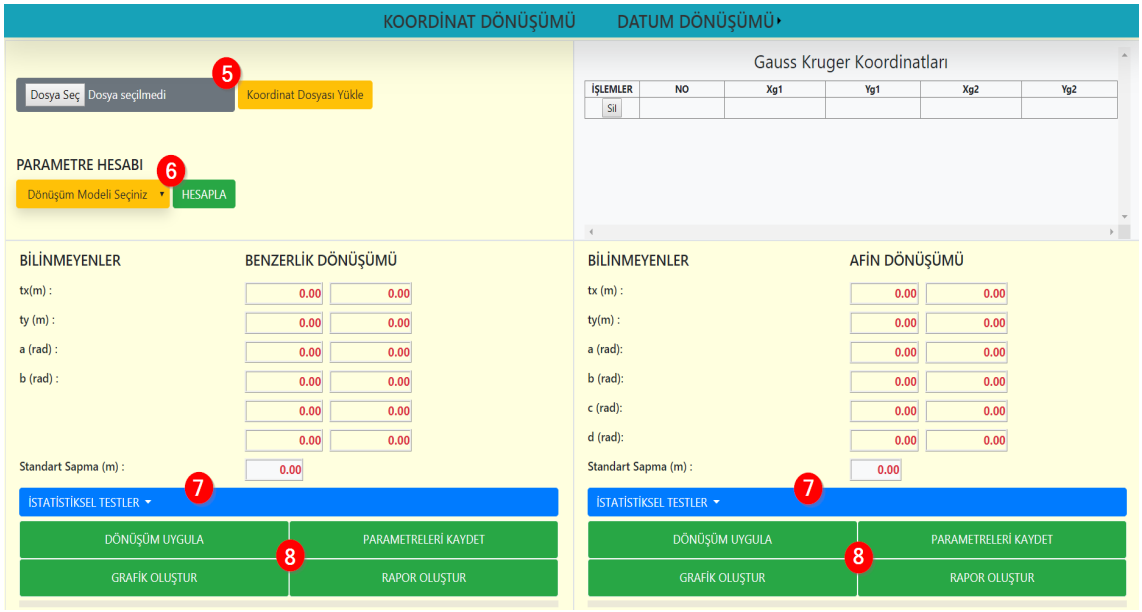
Şekil 5.27 Koordinatların iki boyutlu dönüşüm modelleri sayfasına aktarılması

İki boyutlu datum dönüşüm parametreleri hesabında koordinatların Gauss-Kruger koordinatlarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Şekil 5.25' deki akış takip



Şekil 5.28 Koordinatların üç boyutlu dönüşüm modelleri sayfasına aktarılması

edildiğinde koordinatların veri girişi sayfasından aktarımı mümkün olduğu gibi doğrudan iki datumda da tanımlı Tablo 5.4 Tablo 5.5 ve Tablo 5.6 Tablo 5.7'de verilen Gauss-Kruger koordinatlarının ($X_{g_1}, Y_{g_1}, X_{g_2}, Y_{g_2}$) excel dosyasını yüklenerek parametreleri hesaplamak mümkündür.



Şekil 5.29 İki boyutlu datum dönüşüm modelleri sayfası arayüzü

Gauss-Kruger koordinatlarının yüklenmesiyle birlikte model seçimine bağlı olarak dört adımda kesin parametre sonuçları elde edilmektedir. Şekil 5.29'a göre,

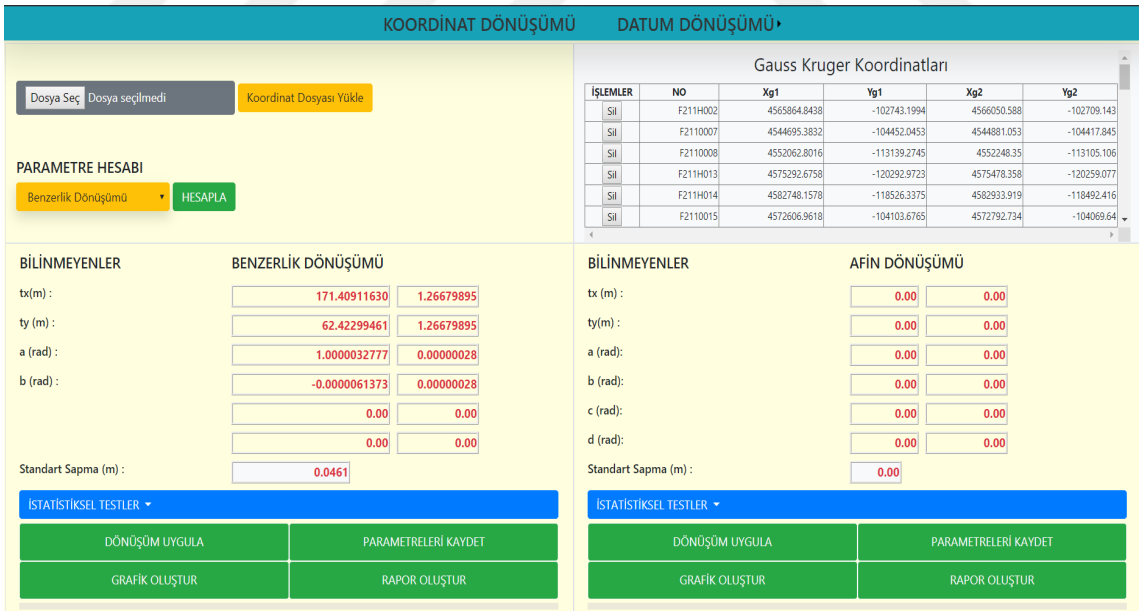
- 5.adımda, eğer veri girişi sayfasından herhangi bir koordinat aktarımı olmadıysa tablodaki formata uygun excel dosyasından Gauss-Kruger koordinatları yüklemesi yapılmalıdır.
- 6.adımda benzerlik ve afin dönüşüm modellerinden biri tercih edilerek hesaplama işlemine geçilir ve tercih edilen modelde hesaplanan parametreler ile standart sapmaları ekranda görünür.
- 7.adımda, dönüşüm parametrelerinin hesaplanması ile birlikte uyuşumsuz ölçü testi ve uyuşumsuz nokta testleri eş zamanlı yapılmaktadır. Gerek grafik ve

gerekse sözel olarak uyuşumsuz ölçülerin gösterildiği bölümde kullanıcıya hangi noktaları sistemden çıkaracağı konusunda bilgi vermektedir. Eğer uyuşumsuz ölçü varsa koordinat tablosundan ilgili nokta silinir ve 6. adım yinelenir. Uyuşumsuz ölçünün olmaması durumuda 8. adıma geçilir.

- 8.adımda *Grafik Oluştur* ile koordinatlara getirilen düzeltme farkları grafiği elde edilir. Bunun yanı sıra yalnızca dönüşüm parametrelerinin kaydedilmesi ve ayrıntılı raporun oluşturulması için komut verilebilir. Ayrıca doğrudan, parametreleri bilinen datum dönüşüm hesabının yapılması isteniyorsa *Dönüşüm Uygula* ile son sayfaya geçiş yapılabilir. İlgili parametreler bu sayfaya otomatik olarak aktarılacaktır.

Yukarıdaki adımlar takip edildiğinde iki boyutlu datum dönüşüm modelleri veri seti üzerinde uygulanmıştır. Uyuşumsuz ölçü testleri sonucu kesin dönüşüm parametreleri ve standart sapmaları hesaplanmış ve grafikleri ile birlikte raporlaması yapılmıştır.

Öncelikle, *koordinat dönüşümleri* bölümünden excel formatında elde edilen ITRF96 ve ED50 sistemindeki Gauss-Kruger koordinatları tablo formatına uygun şekilde sisteme yüklenmiş ve iki sistem arasında iki boyutlu benzerlik dönüşümü uygulanmıştır (Şekil 5.30).



Şekil 5.30 İki boyutlu benzerlik dönüşüm hesabı

Dengelemeli çözümden elde edilen düzeltmeler ile sisteme giren bağlantı noktalarının ve ölçülerinin test edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle iki boyutlu dönüşüm modelleri için hem koordinat çifti testi (nokta testi) hem de tek tek koordinat (X_g, Y_g) uyuşum testi yapılmıştır.



Şekil 5.31 İki boyutlu benzerlik modeli ilk çözümünde istatistik test sonuçları

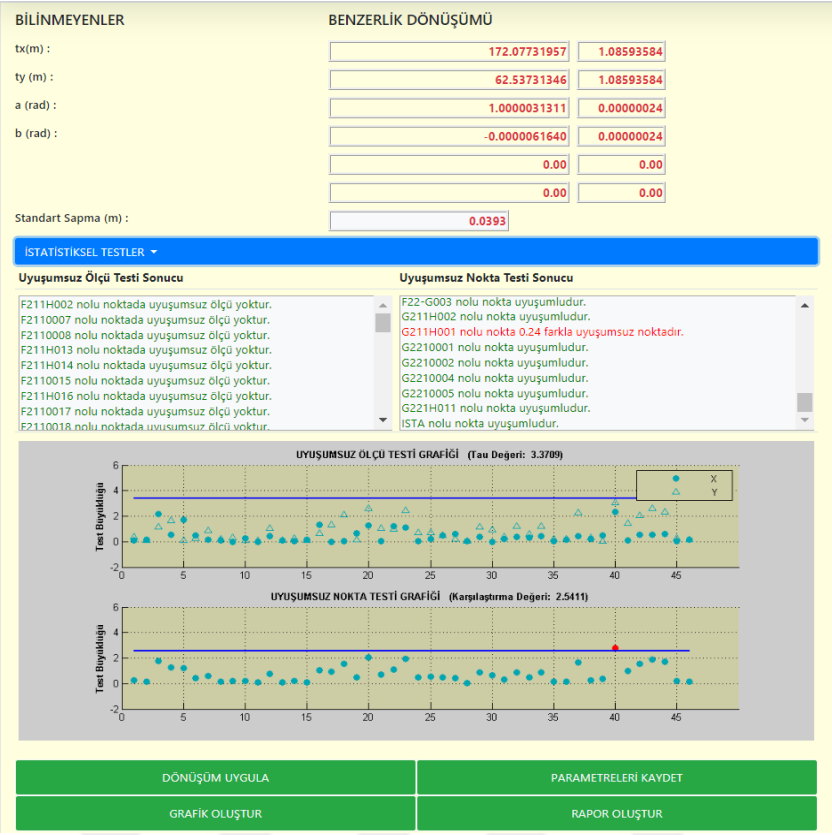
Uyuşumsuz ölçü ve nokta testlerinin karar notları ve grafiği istatistik testler bölümünde yer almaktadır. (4.5) ve (4.7) bağlantıları kullanılarak hangi noktada ne kadar farkla uyuşumsuz ölçü olduğunu hem liste halinde hem de karşılaştırma değerleri ile olan ilişkisini grafikte göstermektedir (Şekil 5.31).

İlk dengelemeli çözüme göre,

- uyuşumsuz ölçü testi sonucunda tau değerini (3.378) aşan F211H005 nolu noktanın Y koordinatında 1.38 birim sapma olduğu,
- uyuşumsuz nokta testi sonucunda karşılaştırma değerini (2.546) aşan F211H005 nolu noktanın 1.06 birim farkla uyuşumsuz nokta olduğu

kararlaştırılmıştır. Ayrıca iki grafikten 15 inci sırada bulunan noktaya ait T_i test büyüklüklerinin karşılaştırma değerlerinden büyük çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla F211H005 noktasının sistemden atılması ve tekrar dengelemenin tekrarlanması gerekmektedir.

Tekrarlanan ikinci çözümde bu sefer yeni koordinat listesine göre 40 ıncı sırada yer alan G211H001 nolu noktanın uyuşumsuz nokta olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.32).



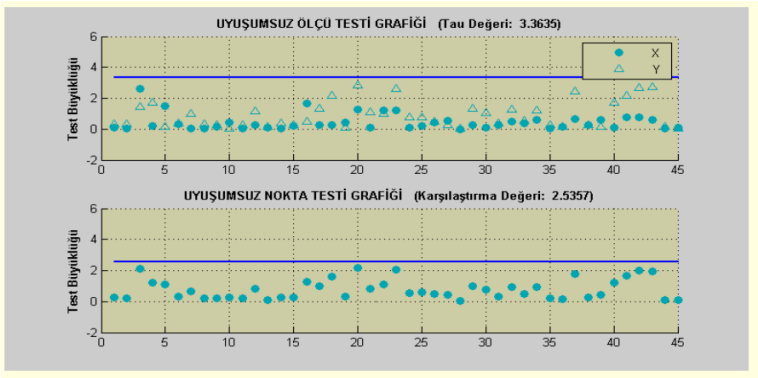
Şekil 5.32 İki boyutlu benzerlik modeli ikinci çözümünde istatistik test sonuçları

Koordinat çiftleri için uyuşum testi ya da tek tek koordinat uyuşum testleri genellikle aynı sonucu verir. Ancak düzeltmeler arasındaki farkın fazla olması durumunda bir testin yakayamadığını diğer test yakalayabilir [27]. Dolayısıyla uyuşumsuz ölçü ve nokta testlerinin her ikisinin de uygulanması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra sistemden atılan uyuşumsuz ölçülerin standart sapma miktarını 4.61 cm'den 3.93 cm'e düşürdüğü ve doğruluğun arttığı gözlenmektedir.

Uyuşumsuz noktalar veri kümesinden atılıp tekrar dengelemeye alındığında uyuşumsuz ölçünün kalmadığı Tablo 5.11 ve Şekil 5.33 de görülmüştür. Dengeleme sonucu elde edilen düzeltme denklemleri ve parametreler kesin değerler olup standart sapmaları ile birlikte Tablo 5.10' da verilmiştir.

Tablo 5.10 İki boyutlu benzerlik dönüşümüyle elde edilen parametreler ve standart sapmaları

BENZERLİK 2 BOYUTLU DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ		
$t_x(m)$	171.457574	±1.0309
$t_y(m)$	61.601240	±1.0309
a(rad)	1.0000032638	±0.00000023
b(rad)	-0.0000059567	±0.00000023
$s_0(m)$	0.0361	

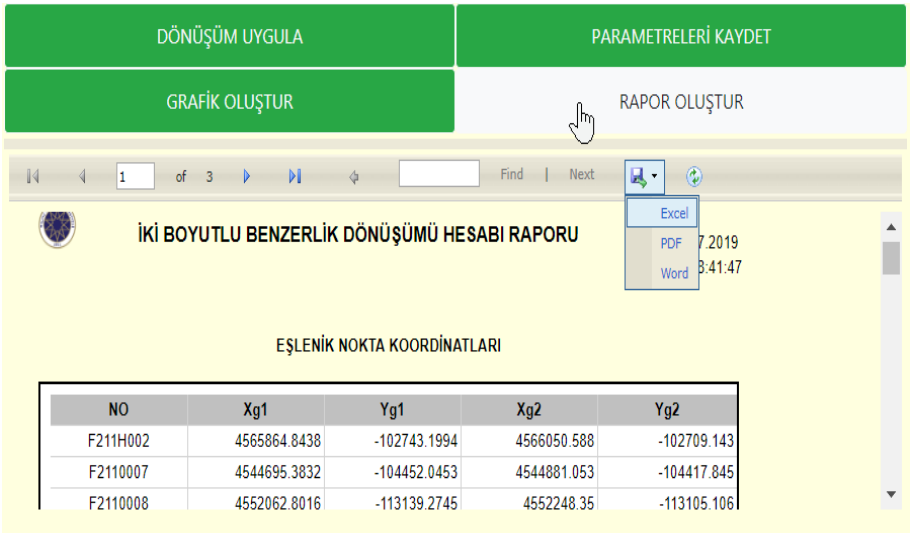


Şekil 5.33 İki boyutlu benzerlik modeli son çözümünde istatistik test sonuçları

Tablo 5.11'e göre,

- uyuşumsuz nokta testi için (4.7) eşitliğinden c sınır değeri 2.535 bulunmuş olup (4.8) eşitliğindeki T_{c_i} test büyüklüklerinin sınır değerinden küçük olduğu görülmüş ve uyuşumsuz noktaya rastlanmamıştır.
- α güven sınırı 0.05 olmak üzere tau-dağılımlı sınır değeri (4.6) eşitliğinde 3.366 olarak bulunmuştur. T_{x_i} ve T_{y_i} test büyüklükleri sınır değerle karşılaştırılmış ve uyuşumsuz ölçü olmadığı görülmüştür.

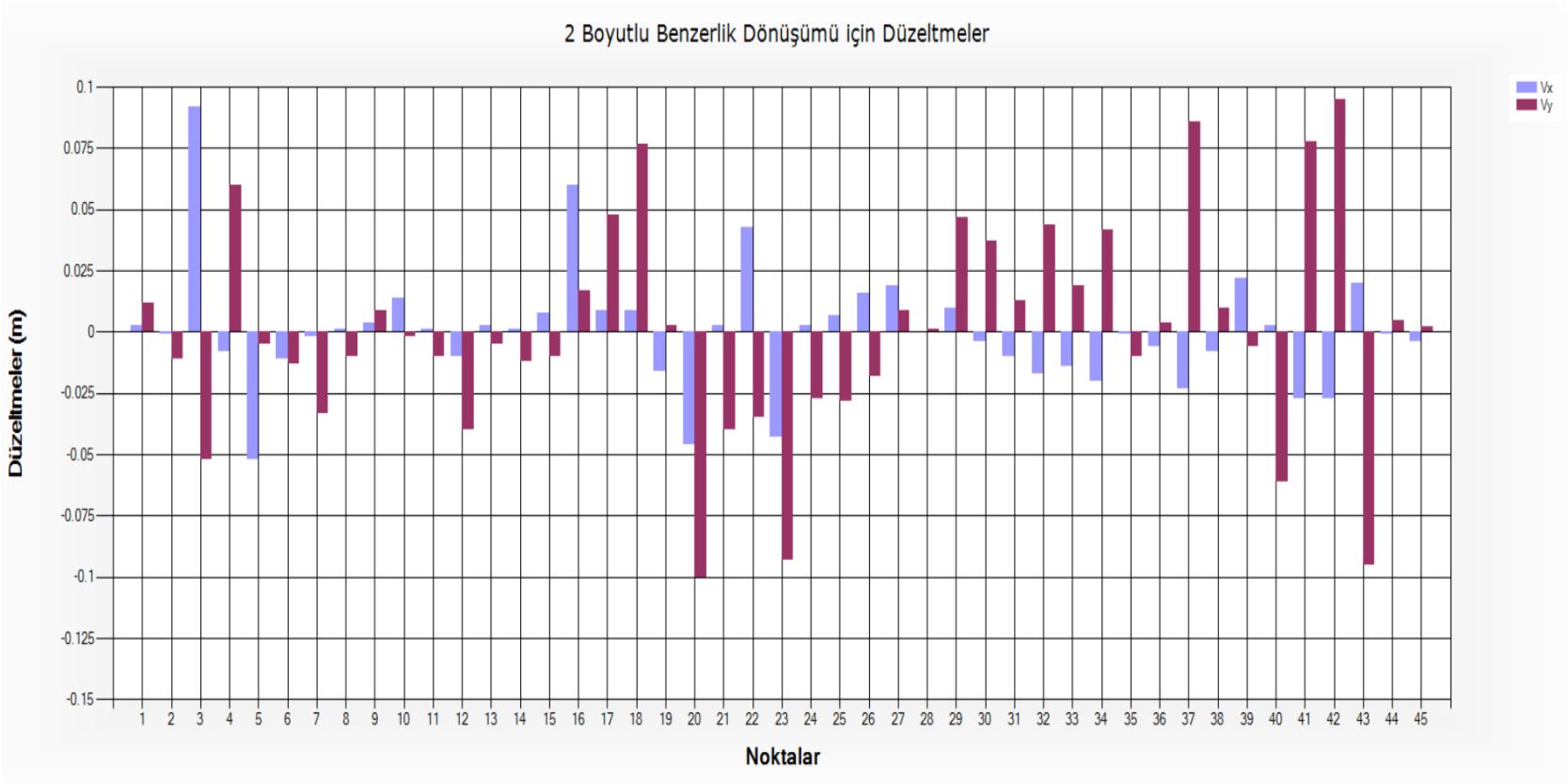
Ayrıca Şekil 5.35 *Grafik Oluştur* komutu ile elde edilen düzeltmelere ilişkin grafik yer almaktadır. Son olarak uygulama, *Rapor Oluştur* ile uyuşumlu ortak nokta koordinatlarının, dönüşüm parametelerinin ve düzeltmelerin yer aldığı detaylı bir rapor oluşturulmakta ve pdf, excel ve word formatlarında çıktı alma imkanı sunmaktadır (Şekil 5.34).



Şekil 5.34 İki boyutlu benzerlik dönüşümü rapor oluşturma

Tablo 5.11 İki boyutlu benzerlik dönüşümünde kullanılan uyuşumlu noktalar

NOKTA	Vx	Vy	Qvvx	Qvvy	Tc	Tx	Ty	SONUÇ
F211H002	0.0035	0.0122	0.9579	0.9579	0.2534	0.0981	0.3446	UYUŞUMLU
F2110007	-0.0014	-0.0112	0.9559	0.9559	0.2268	0.0400	0.3178	UYUŞUMLU
F2110008	0.0923	-0.0517	0.9421	0.9421	2.1368	2.6179	1.4653	UYUŞUMLU
F211H013	-0.0083	0.0598	0.9070	0.9070	1.2438	0.2357	1.6970	UYUŞUMLU
F211H014	-0.0525	-0.0050	0.8978	0.8978	1.0906	1.4987	0.1434	UYUŞUMLU
F2110015	-0.0106	-0.0125	0.9480	0.9480	0.3312	0.3040	0.3583	UYUŞUMLU
F211H016	-0.0019	-0.0333	0.9708	0.9708	0.6632	0.0555	0.9687	UYUŞUMLU
F2110017	0.0013	-0.0102	0.9752	0.9752	0.2032	0.0368	0.2957	UYUŞUMLU
F2110018	0.0043	0.0087	0.9728	0.9728	0.1934	0.1270	0.2548	UYUŞUMLU
F211H019	0.0140	-0.0021	0.9673	0.9673	0.2815	0.4087	0.0607	UYUŞUMLU
F211H020	0.0010	-0.0098	0.9720	0.9720	0.1970	0.0298	0.2805	UYUŞUMLU
F2110001	-0.0103	-0.0401	0.9607	0.9607	0.8292	0.2928	1.1436	UYUŞUMLU
F211H003	0.0027	-0.0053	0.9699	0.9699	0.1180	0.0759	0.1485	UYUŞUMLU
F2110004	0.0005	-0.0124	0.9768	0.9768	0.2470	0.0142	0.3502	UYUŞUMLU
F2110006	0.0075	-0.0104	0.9716	0.9716	0.2555	0.2119	0.2919	UYUŞUMLU
F211H009	0.0601	0.0166	0.9135	0.9135	1.2789	1.6876	0.4650	UYUŞUMLU
A211H011	0.0093	0.0480	0.9421	0.9421	0.9879	0.2621	1.3497	UYUŞUMLU
F2110012	0.0088	0.0772	0.9198	0.9198	1.5879	0.2463	2.1697	UYUŞUMLU
F21-G001	-0.0162	0.0029	0.9327	0.9327	0.3334	0.4557	0.0817	UYUŞUMLU
F221H019	-0.0458	-0.1000	0.9692	0.9692	2.1909	1.2928	2.8191	UYUŞUMLU
F221H020	0.0030	-0.0400	0.9736	0.9736	0.7981	0.0850	1.1264	UYUŞUMLU
F221H001	0.0431	-0.0350	0.9388	0.9388	1.1231	1.2121	0.9835	UYUŞUMLU
F221H002	-0.0432	-0.0930	0.9599	0.9599	2.0531	1.2217	2.6326	UYUŞUMLU
F221H003	0.0035	-0.0274	0.9746	0.9746	0.5476	0.0977	0.7739	UYUŞUMLU
F221H004	0.0073	-0.0280	0.9693	0.9693	0.5773	0.2058	0.7898	UYUŞUMLU
F221H005	0.0163	-0.0180	0.9571	0.9571	0.4874	0.4595	0.5077	UYUŞUMLU
F221H006	0.0195	0.0093	0.9426	0.9426	0.4360	0.5467	0.2609	UYUŞUMLU
F221H007	-0.0005	0.0015	0.9667	0.9667	0.0304	0.0128	0.0408	UYUŞUMLU
F221H008	0.0101	0.0471	0.9307	0.9307	0.9791	0.2837	1.3251	UYUŞUMLU
F221H009	-0.0040	0.0366	0.9491	0.9491	0.7420	0.1129	1.0310	UYUŞUMLU
F221H011	-0.0096	0.0130	0.9712	0.9712	0.3218	0.2772	0.3785	UYUŞUMLU
F221H013	-0.0168	0.0436	0.9581	0.9581	0.9360	0.4881	1.2647	UYUŞUMLU
F221H014	-0.0140	0.0193	0.9688	0.9688	0.4740	0.3992	0.5502	UYUŞUMLU
F2210016	-0.0203	0.0423	0.9606	0.9606	0.9393	0.5792	1.2099	UYUŞUMLU
F221H018	-0.0014	-0.0101	0.9765	0.9765	0.2021	0.0416	0.2916	UYUŞUMLU
F22-G001	-0.0057	0.0044	0.9768	0.9768	0.1432	0.1644	0.1286	UYUŞUMLU
F22-G002	-0.0230	0.0858	0.9376	0.9376	1.7981	0.6598	2.4626	UYUŞUMLU
F22-G003	-0.0084	0.0098	0.9752	0.9752	0.2559	0.2409	0.2809	UYUŞUMLU
G211H002	0.0215	-0.0064	0.9618	0.9618	0.4489	0.6062	0.1801	UYUŞUMLU
G2210001	0.0032	-0.0614	0.9679	0.9679	1.2261	0.0908	1.7303	UYUŞUMLU
G2210002	-0.0271	0.0779	0.9455	0.9455	1.6641	0.7630	2.1901	UYUŞUMLU
G2210004	-0.0265	0.0951	0.9337	0.9337	2.0035	0.7461	2.6725	UYUŞUMLU
G2210005	0.0205	-0.0950	0.9502	0.9502	1.9541	0.5855	2.7180	UYUŞUMLU
G221H011	-0.0013	0.0051	0.9530	0.9530	0.1056	0.0375	0.1457	UYUŞUMLU
ISTA	-0.0036	0.0022	0.9776	0.9776	0.0841	0.1021	0.0631	UYUŞUMLU

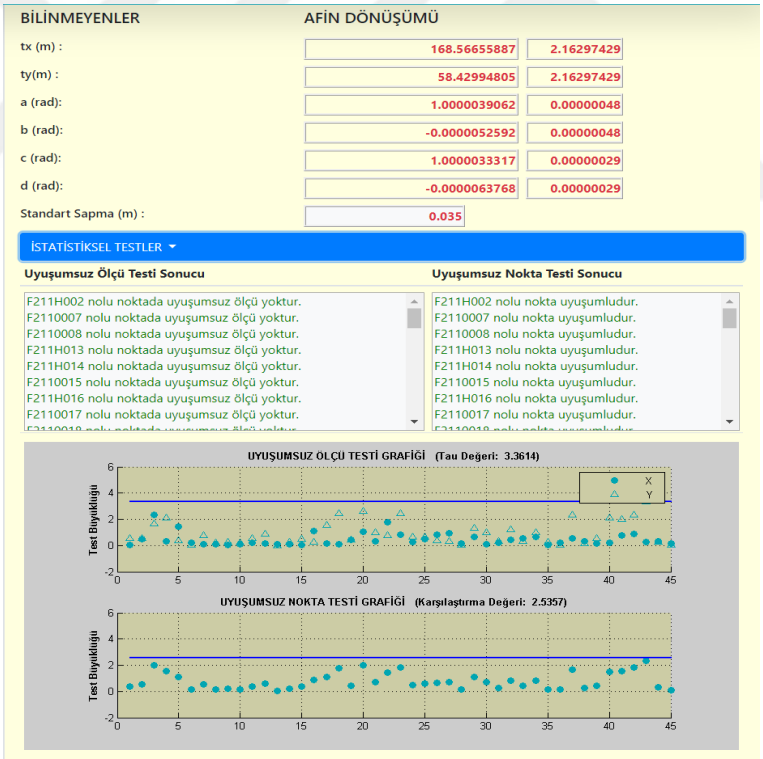


Şekil 5.35 İki boyutlu benzerlik dönüşümü için düzeltmeler

Benzer şekilde iki boyutlu afin dönüşümü için sırasıyla Gauss-Kruger koordinatları girişi, model seçimi ile birlikte parametreler hesaplanır. Öncelikle istatistiksel testler yardımıyla uyuşumsuz ölçüler belirlenir ve sistemden çıkarılır. Uyuşumsuz ölçü kalmayana kadar bu işleme devam edilir (Şekil 5.36). Bu kapsamda Tablo 5.8' deki parametreler F211H005 ve G211H001 nolu noktaların sistemden atılması ile elde edilmiştir.

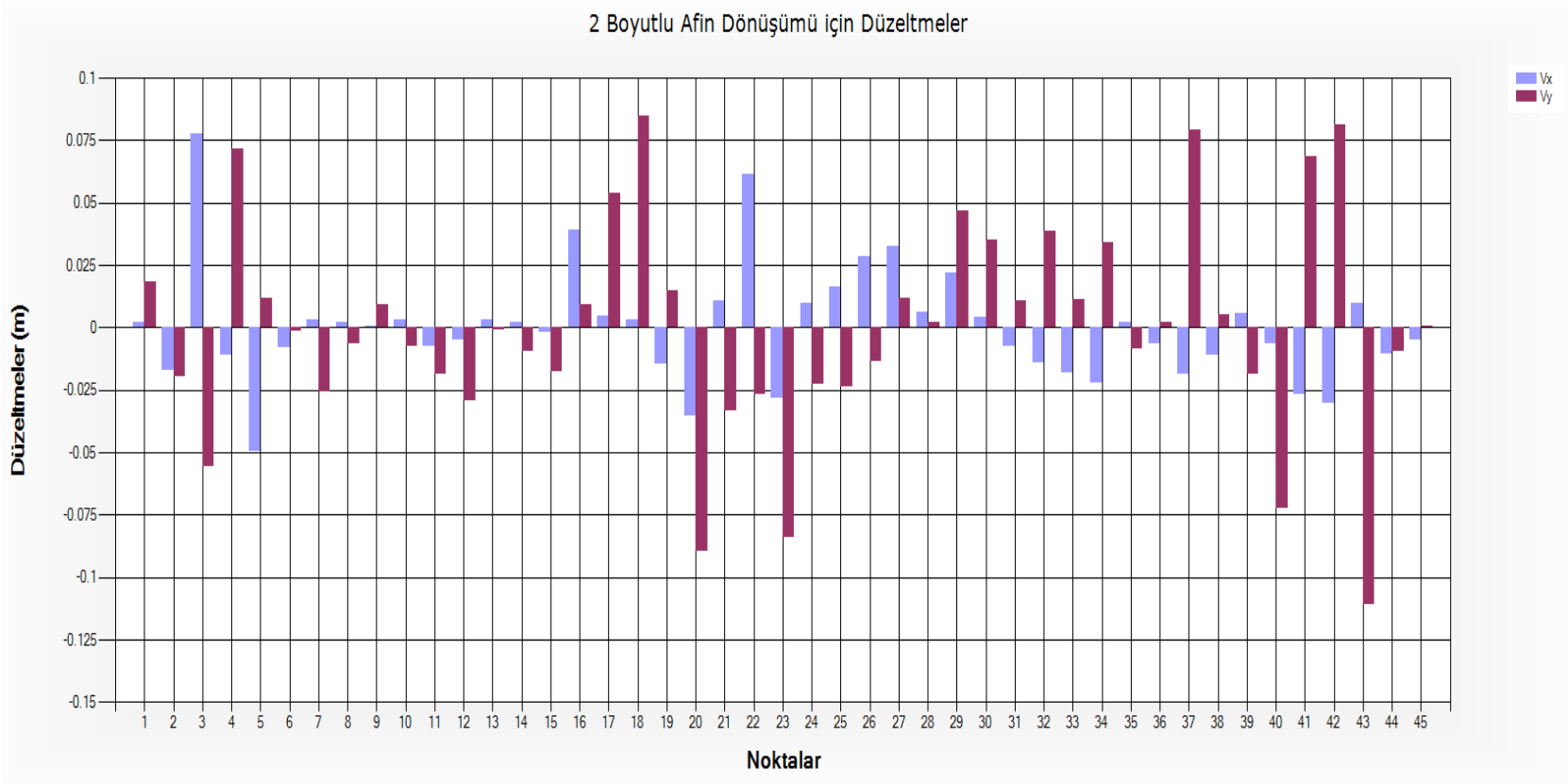
Tablo 5.12 İki boyutlu afin dönüşümüyle elde edilen parametreler ve standart sapmaları

AFİN 2 BOYUTLU DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ		
$t_x(m)$	168.566558	±2.1629
$t_y(m)$	58.429948	±2.1629
a (rad)	1.0000039062	±0.00000048
b (rad)	-0.0000052592	±0.00000048
c (rad)	0.9999965634	±0.00000029
d (rad)	-0.0000063768	±0.00000029
$s_0(m)$	0.035	



Şekil 5.36 İki boyutlu afin modeli son çözümünde istatistik test sonuçları ve parametreler

Benzerlik dönüşümünde olduğu gibi Afin modelinde de düzeltme farkları grafiği (Şekil 5.37) ve rapor oluşturma seçenekleri bulunmaktadır. Bunun yanı sıra parametrelerin doğrudan datum dönüşümde kullanılması için *Dönüşüm Uygula* ile sayfaya otomatik aktarım yapılmaktadır.



Şekil 5.37 İki boyutlu afin dönüşümü için düzeltmeler

5.3.2.1 İki Boyutlu Afin Dönüşüm Parametrelerinin Test Edilmesi

$H_0 : \lambda_x = \lambda_y$ sıfır hipotez: ölçekler eşittir

$H_k : \lambda_x \neq \lambda_y$ karşıt hipotez

$$\begin{aligned} \Delta\lambda &= \lambda_x - \lambda_y \\ s_{0\lambda} &= \sqrt{s_{0\lambda_x}^2 + s_{0\lambda_y}^2} \end{aligned} \tag{5.3}$$

Test büyüklüğü,

$$t_\lambda = \frac{|\Delta\lambda|}{s_{0\lambda}} \sim t_{f,1-\alpha/2} \tag{5.4}$$

$H_0 : \varphi_x = \varphi_y$ sıfır hipotez: dönüklük açıları eşittir

$H_k : \varphi_x \neq \varphi_y$ karşıt hipotez

$$\begin{aligned} \Delta\varphi &= \varphi_x - \varphi_y \\ s_{0\varphi} &= \sqrt{s_{0\varphi_x}^2 + s_{0\varphi_y}^2} \end{aligned} \tag{5.5}$$

Test büyüklüğü,

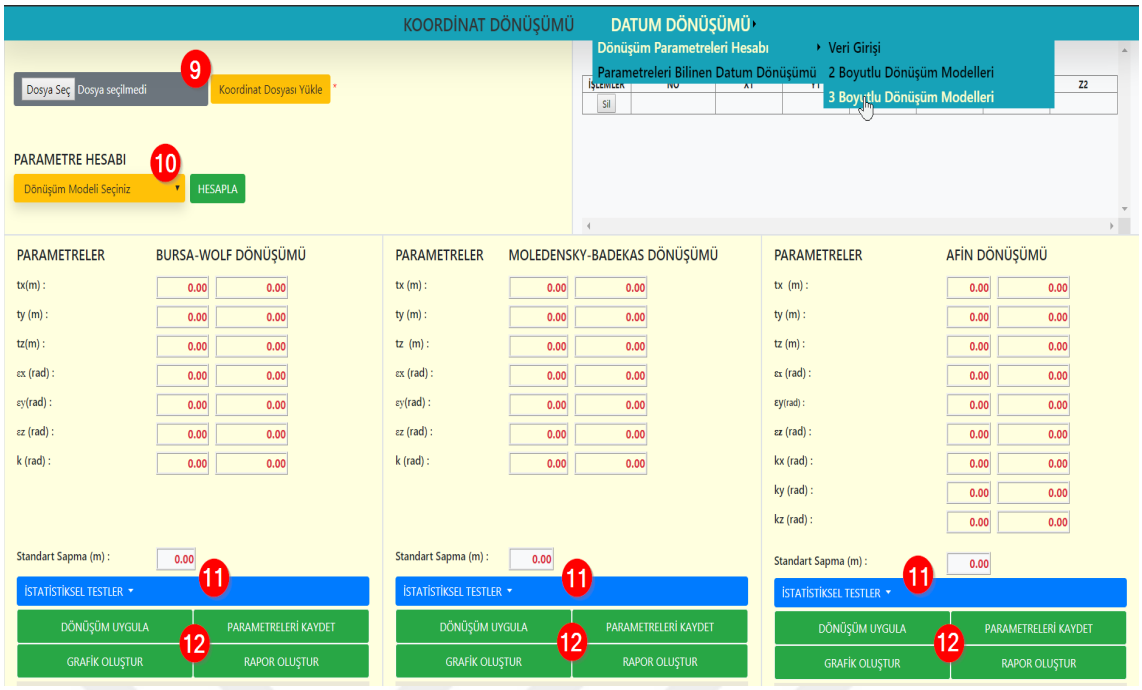
$$t_\varphi = \frac{|\Delta\varphi|}{s_{0\varphi}} \sim t_{f,1-\alpha/2} \tag{5.6}$$

test büyüklüğü t-dağılımlıdır. $t_\varphi < t_{f,1-\alpha/2}$ ve $t_\lambda < t_{f,1-\alpha/2}$ ise ölçekler ve dönüklük arasındaki farklar anlamlı değildir. Buna göre afin dönüşümünün uygulanması anlamlı değildir, benzerlik dönüşümü uygulanır.

5.3.3 Üç Boyutlu Datum Dönüşümü için Uygulama

Bursa-Wolf, Moledensky-Badekas ve üç boyutu Afin dönüşüm modellerinin yer aldığı Şekil 5.38' deki sayfada sırasıyla uyuşumsuz ölçü testi, parametre hesabı, veri analizi ve raporlama benzer şekilde gerçekleşmektedir. Ancak burada tanımlanacak koordinatların kartezyen koordinatlar (X, Y, Z) olmasına dikkat edilmelidir.

- 9.adımda, eğer veri girişi sayfasından herhangi bir koordinat aktarımı olmadıysa, tablodaki formata uygun excel dosyasından kartezyen koordinatlar yüklemesi yapılmalıdır.



Şekil 5.38 Üç boyutlu datum dönüşüm modelleri sayfası arayüzü

- 10.adımda Bursa-Wolf, Moledensky-Badekas ve üç boyutu Afin dönüşüm modellerinden biri tercih edilerek hesaplama işlemine geçilir ve tercih edilen modelde hesaplanan parametreler ile standart sapmaları ekranda görünür.

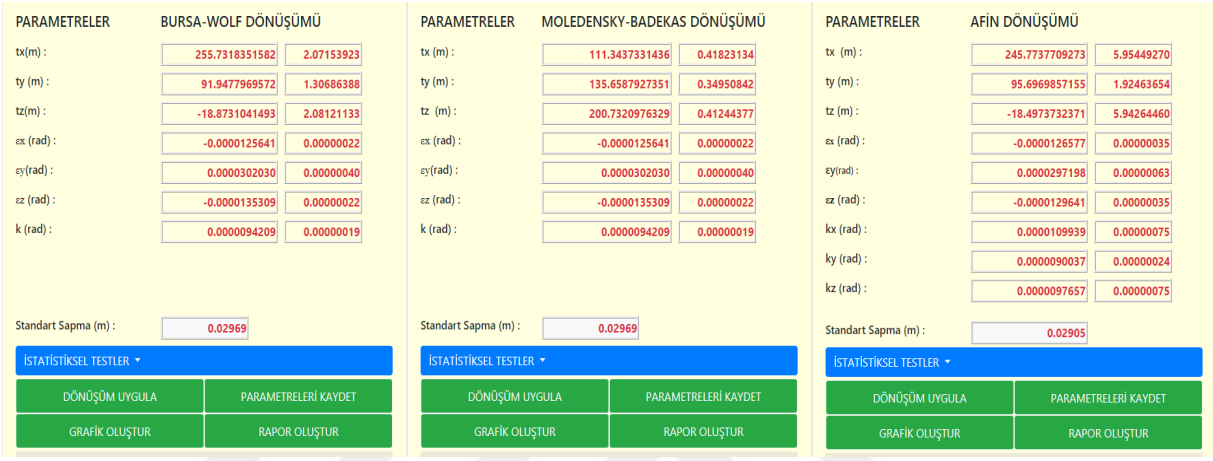
- 11.adımda, dönüşüm parametrelerinin hesaplaması ile birlikte uyuşumsuz ölçü testi eş zamanlı yapılmaktadır. Gerek grafik ve gerekse sözel olarak uyuşumsuz ölçülerin gösterildiği bölümde kullanıcıya hangi noktaları sistemden çıkaracağı konusunda bilgi verilmektedir. Eğer uyuşumsuz ölçü varsa koordinat tablosundan ilgili nokta silinir ve 10. adım yinelenir. Uyuşumsuz ölçünün olmaması durumuda 12. adıma geçilir.

- 12.adımda dönüşüm parametrelerinin kaydedilmesi ve rapor hazırlanması için tercihen komut verilir. Ayrıca doğrudan parametreleri bilinen datum dönüşüm hesabının yapılması için *dönüşüm uygula* ile son sayfaya geçiş yapılabilir.



Şekil 5.39 Üç boyutlu dönüşüm modelleri ile parametre hesabı

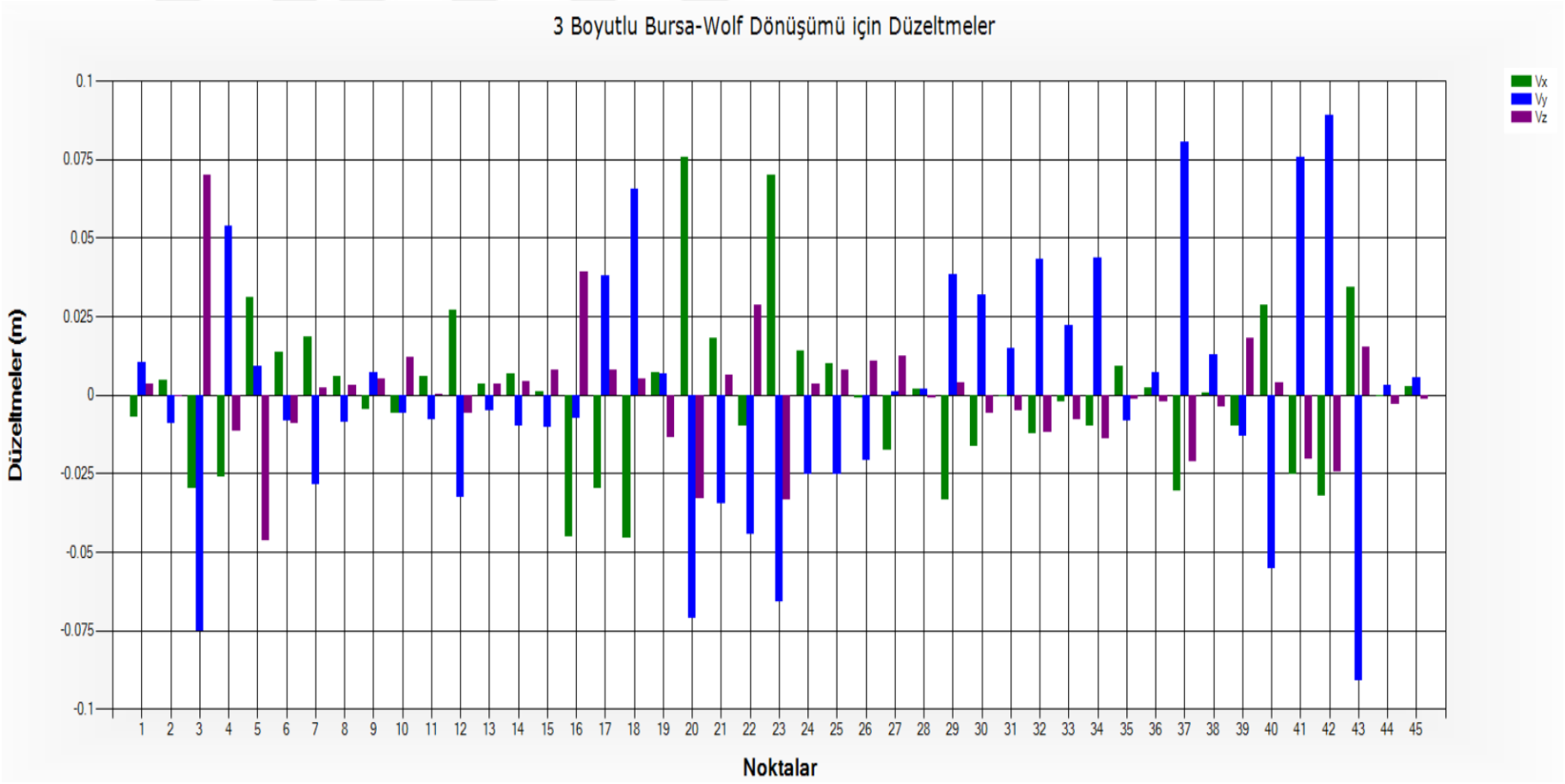
Yukarıdaki adımlar takip edilerek Tablo 5.8 ve Tablo 5.9' daki iki sisteme ait kartezyen koordinatların excel dosyası ile uygulamaya yüklenmiş ve her model için hesaplama yapılmıştır. İlk çözümde 3.507 tau değeri ile (X, Y, Z) yönündeki test büyüklükleri karşılaştırılmıştır. F211H005 ve G211H001 numaralı noktalarının Y koordinatlarının uyuşumsuz ölçü olduğu anlaşılmakta ve metin olarak karar listesi gösterilmiştir (Şekil 5.39). Sistemden uyuşumsuz 2 noktanın atılmasıyla geride kalan 45 noktadan elde edilen 3 boyutlu modellerle dönüşüm parametreleri karşılaştırmalı olarak hem Şekil 5.40' da hem de Tablo 5.13'de gösterilmiştir.



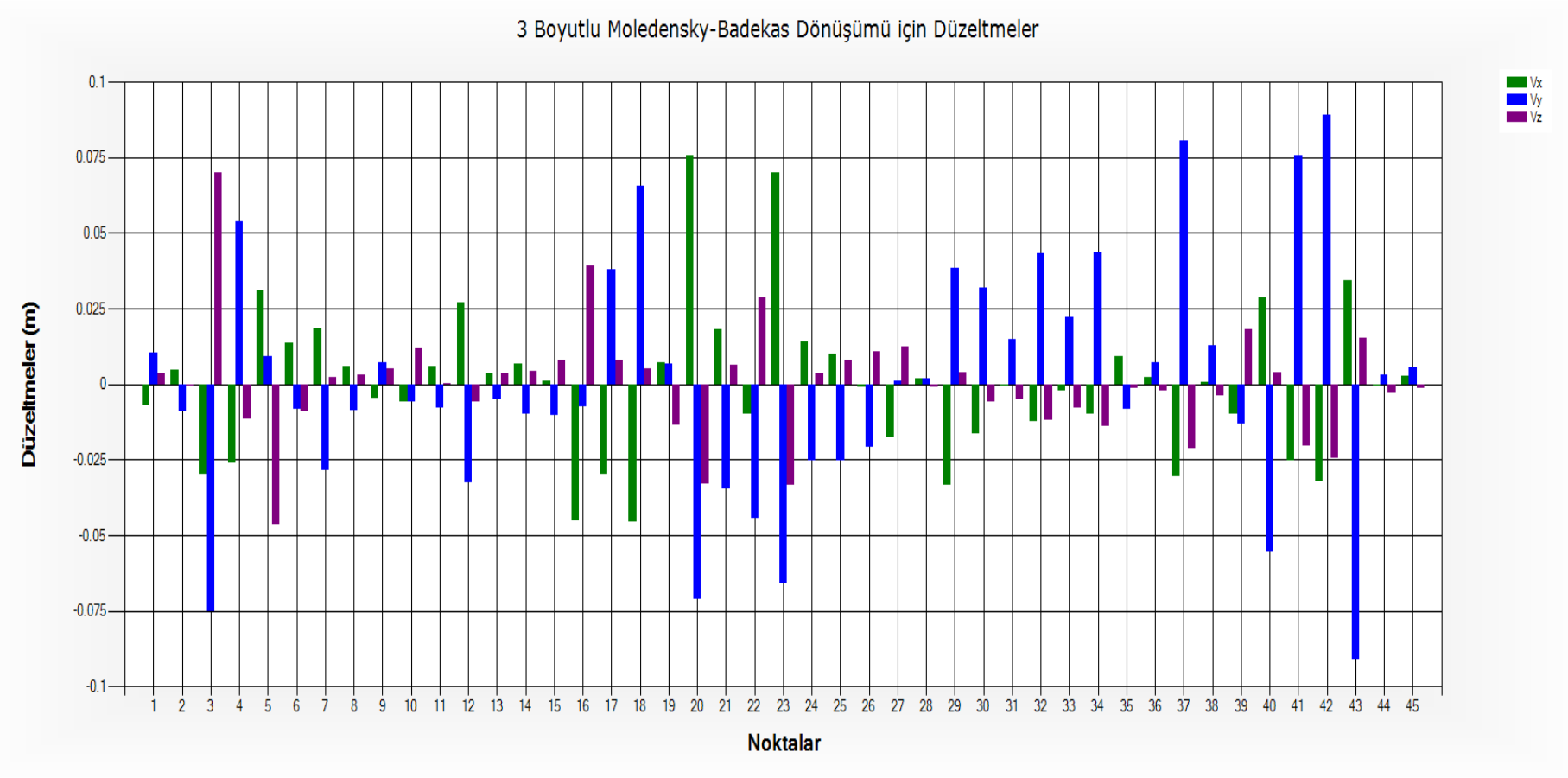
Şekil 5.40 Üç boyutlu dönüşüm modelleri ile bulunan parametreler

Tablo 5.13 Üç boyutlu datum dönüşüm modelleriyle elde edilen parametreler ve standart sapmaları

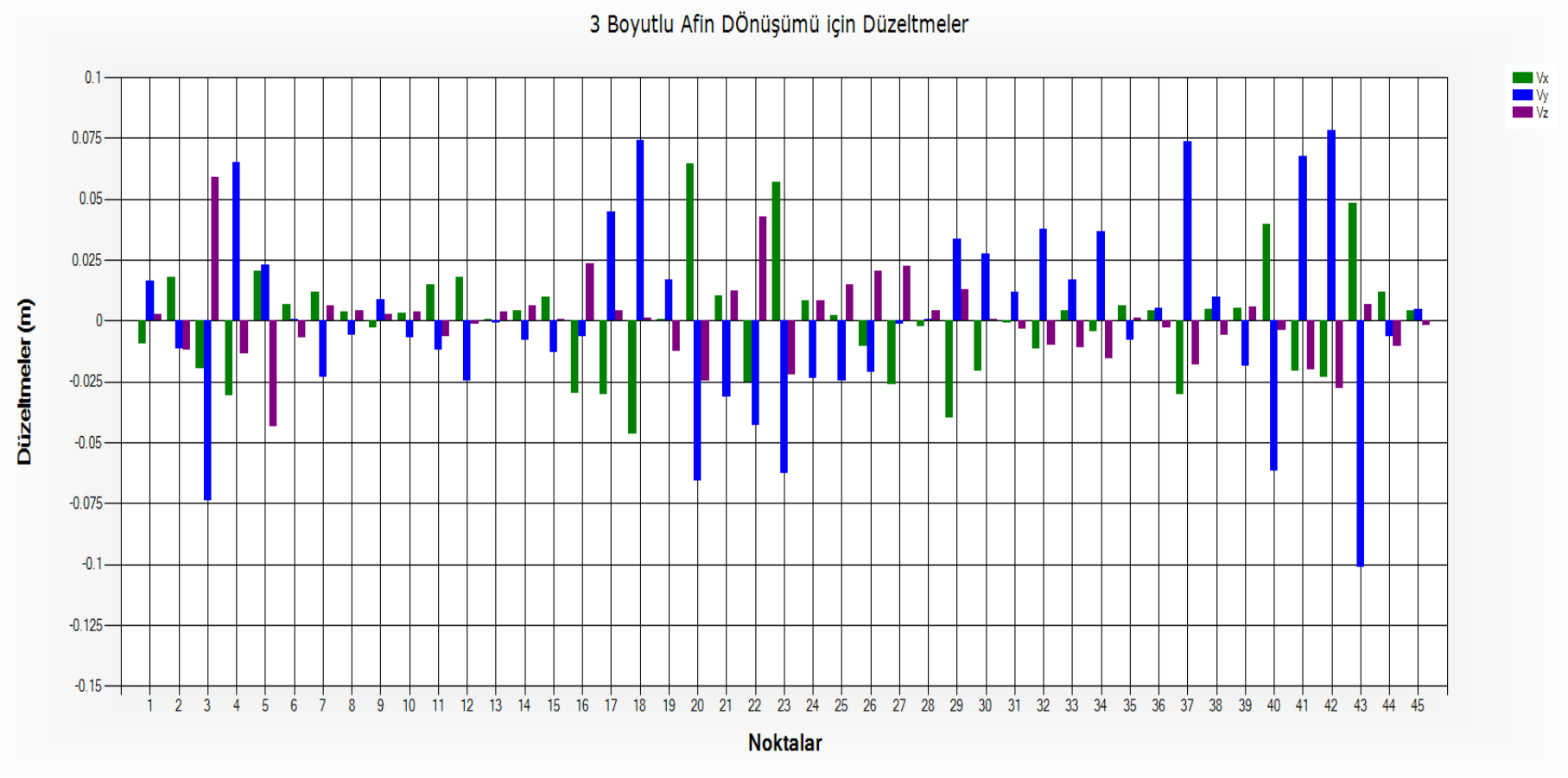
	Bursa-Wolf		Moledensky-Badekas		Afin	
$t_x(m)$	255.731835	±2.0715	111.343733	±0.4182	245.773770	±5.9544
$t_y(m)$	91.947796	±1.3068	135.658792	±0.3495	95.696985	±1.9246
$t_z(m)$	-18.873104	±2.0812	200.732097	±0.4124	-18.497373	±5.9426
$\epsilon_x(rad)$	-0.0000125	±0.0000	-0.0000125	±0.0000	-0.000012	±0.0000
$\epsilon_y(rad)$	0.0000302	±0.0000	0.0000302	±0.0000	0.0000297	±0.0000
$\epsilon_z(rad)$	-0.0000135	±0.0000	-0.0000135	±0.0000	-0.0000129	±0.0000
$k_x(rad)$	0.0000094	±0.0000	0.0000094	±0.0000	0.0000109	±0.0000
$k_y(rad)$					0.0000090	±0.0000
$k_z(rad)$					0.0000097	±0.0000
s_0	0.0297		0.0297		0.0291	



Şekil 5.41 Üç boyutlu Bursa-Wolf datum dönüşümü için düzeltmeler



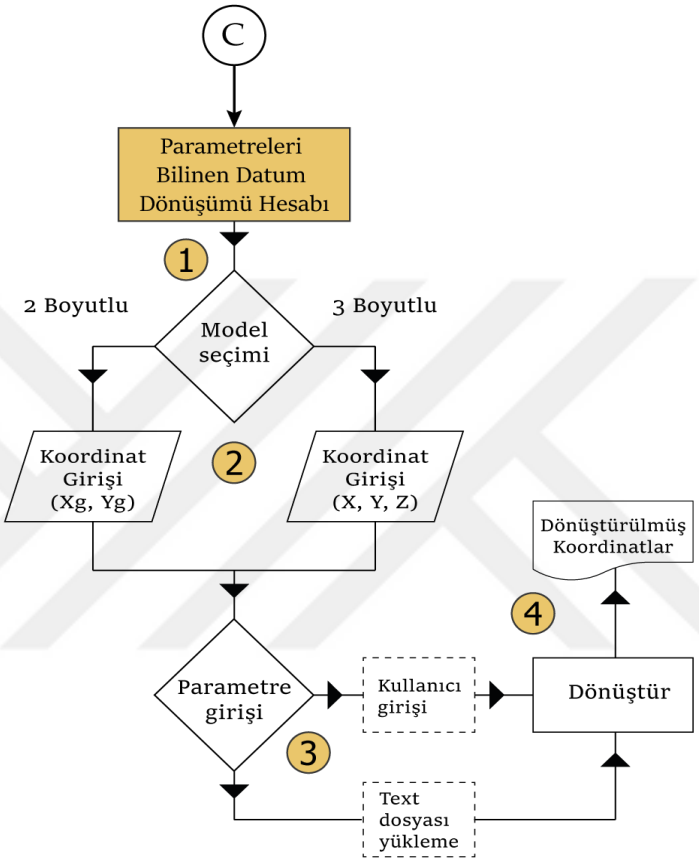
Şekil 5.42 Üç boyutlu Moledensky-Badekas datum dönüşümü için düzeltmeler



Şekil 5.43 Üç boyutlu Afin datum dönüşümü için düzeltmeler

5.3.4 Parametreleri Bilinen Datum Dönüşümü Hesabının Uygulanması

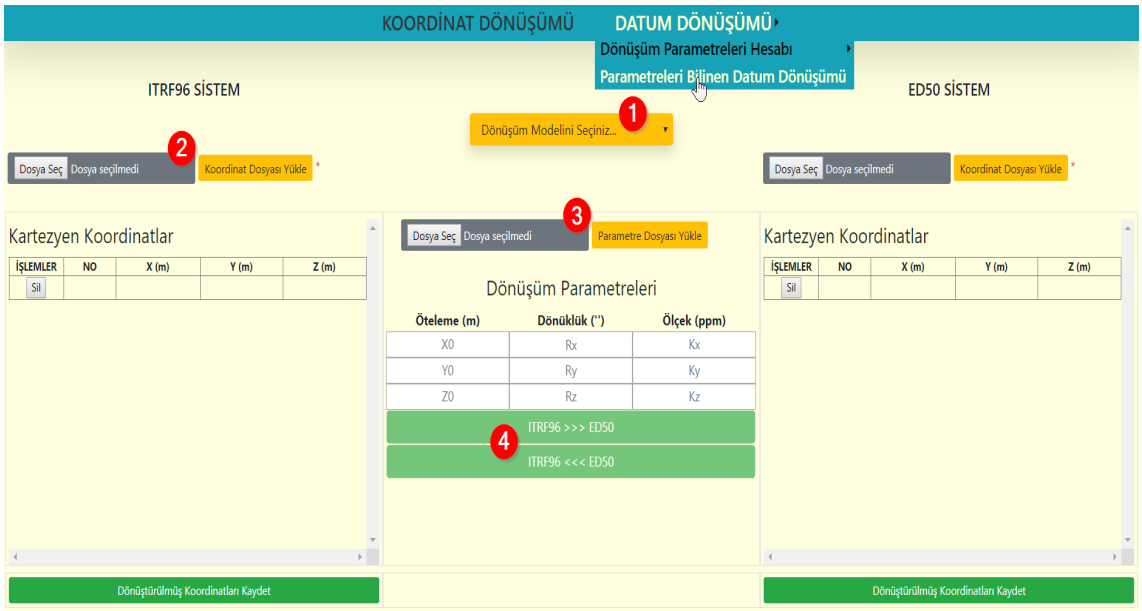
Son olarak parametreleri bilinen datum dönüşüm hesabı bölümünde seçilen modelin mevcut dönüşüm parametreleri kullanılarak iki sistem arasında dönüşüm işlemi gerçekleştirilir. İki boyutlu dönüşüm modeli uygulandığında yüklenecek koordinatların Gauss-Kruger; üç boyutlu dönüşüm modeli uygulandığında yüklenecek koordinatların kartezyen olmasına dikkat edilmelidir (Şekil 5.44).



Şekil 5.44 Parametreleri bilinen datum dönüşüm hesabı akışı şeması

Şekil 5.44'e göre yazılımın datum dönüşümü bölümünden parametreleri bilinen datum dönüşümü segmenti seçilerek dönüşüm işlemi gerçekleştirilir ve Şekil 5.45'e göre datum dönüşüm işlemi dört adımda yapılmaktadır.

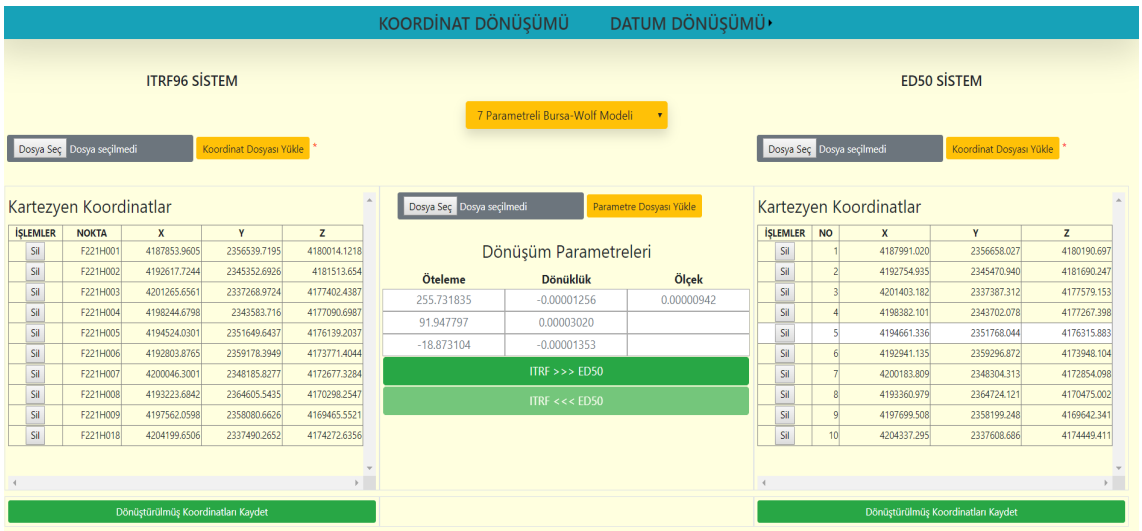
- 1.adımda, datum dönüşüm modeli belirlenmelidir.
- 2.adımda seçilen modelin iki ve üç boyutlu olmasına göre koordinat girişi excel dosyasından yüklenmelidir. Burada dikkat edilecek nokta parametreler hangi sistemler arası geçişe aitse koordinat girişi sırasında o sıra takip edilmelidir. Örneğin, elimizde ITRF96'dan ED50'ye dönüşüm parametreleri mevcutsa koordinatlarını yükleyeceğimiz ilk taraf ITRF96 datumuna ait koordinatlar (Kartezyen veya Gauss-Kruger) olmalıdır.



Şekil 5.45 Parametreleri bilinen datum dönüşümü sayfası arayüzü

- 3.adımda, belirlenen modelin dönüşüm parametreleri tercihen kullanıcı girişi ile veya dışarıdan .txt uzantılı metin dosyasının yüklenmesiyle sağlanır.
- 4.adımda datumlar arası datum dönüşümü işlemi yapılır.
- Son olarak dönüştürülen koordinatlar .txt formatındaki dosyaya kaydedilebilir.

Yukarıdaki adımlar takip edildiğinde datumlar arası Şekil 5.46' da veri setinden seçilmiş 10 adet nokta kullanılarak üç boyutlu benzerlik dönüşümünün sonuçları yer almaktadır.



Şekil 5.46 Üç boyutlu Bursa-Wolf modeli ile parametreleri hesaplanmış ITRF96-ED50 arası datum dönüşümü hesabı

Son olarak Tablo 5.13'de kesin dönüşüm parametreleri bulunan Bursa-Wolf modeli ile ITRF96' dan ED50' ye yapılan datum dönüşümü hesabı sonucunda ED50 koordinatlarını excel formatında *Dönüştürülmüş Koordinatları Kaydet* komutuyla kaydetme imkanı bulunmaktadır.

6
Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada jeodezik çalışmalarda sıkça kullanılan koordinat ve datum dönüşüm işlemleri için MATLAB Builder NE ve WebFigure araçları ile ASP .Net ortamında Bootstrap teknolojisi aracılığıyla mobile duyarlı bir web uygulaması gerçekleştirilmiştir. İstanbul GPS nirengi ağına ait 47 eşlenik noktanın ITRF96 ve ED50 datumundaki koordinatları kullanılarak gerçekleştirilen yazılım üzerinde uygulama yapılmıştır.

Söz konusu uygulama birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri bulunan farklı teknolojilerin bir araya getirilmesiyle ortaya çıkan bir üründür. MATLAB Builder NE ile derlenerek kullanılan MATLAB fonksiyonları ve WebFigure aracının ASP .Net ortamında buluşması kullanıcıyı yormayan esnek tasarımlı, doğru ve hızlı alınan sonuçların grafiklerle desteklendiği bir platform sunmaktadır.

Tez kapsamında test edilen 47 adet İGNA noktasının koordinatları sırasıyla koordinat dönüşümü ve ITRF96-ED50 datumları arası datum dönüşümü işlemlerine tabi tutulmuştur. Her iki sistemin kendi içindeki koordinat dönüşümleri tablolar ve ekran görüntüleri ile anlatılmıştır. İki boyutlu ve üç boyutlu datum dönüşüm modellerinin çözümleri istatistiksel testlerle karşılaştırmalı olarak gösterilmiş ve grafiklerle zenginleştirilerek raporlaması yapılmıştır. Son olarak model çözümleri sonucu bulunan dönüşüm parametreleri datum dönüşüm hesabında kullanılmıştır.

Bu platform birbirlerine göre üstün yönleri olan ASP .Net ve MATLAB programlarının birlikte çalışabileceğini göstermiş dolayısıyla jeodezik dönüşüm işlemleri uygulamasını web temelli bir yapıya kavuşturmuştur. Bunun yanı sıra uygulamaya mobile duyarlı (responsive) arayüz olmasını sağlayacak Bootstap açık kaynak kütüphanesi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri web yazılımı Leaflet kütüphanesi entegre edilmiştir. Böylelikle uygulamanın mobil cihazlar gibi küçük ekranlara kadar kullanılabilirliği arttırılmış ve noktanın yerini görerek dönüşüm işlemlerinin gerçekleştirilmesi avantajlar arasında yer almaktadır. Bu da ülkemizde sahada çalışan bir haritacının bu uygulama üzerinden hızlı, kolay ve doğru sonuç almasını

sağlayacaktır. Ayrıca öğrenme ve test etme aşamasında öğrencilerin başvurabileceği bir kaynak olması hedeflenmektedir.

Uygulamada dilim dönüşümü işlemlerinin olmaması aynı dilimde yer alan koordinatların çalıştırılmasını zorunlu hale getirmiştir. Dolayısıyla dilim dönüşümü hesabı bu çalışmanın geliştirilmesi sürecinde dahil edilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte gelişen datum dönüşüm modellerinin entegre edilmesi uygulamanın zenginleşmesi açısından katkı sağlayacaktır. Ayrıca bu çalışma ülkemizde kullanıma sunulduğu için yalnızca ITRF96-ED50 datum dönüşümleri için gerekli parametreler kullanılmaktadır. Dünyada kullanılan diğer datum seçeneklerinin verilmesi hatta kullanıcının elipsoit parametrelerini kendi tanımlama fırsatının verilmesi dil desteği ile birlikte uygulamayı yaygın hale getirilmesi hedeflenmektedir.

Referanslar

[1] M. Mataijaa, M. Pogarčićb, and I. Pogarčićc, "Helmert transformation of reference coordinating systems for geodesic purposes in local frames," *24th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation*, 2016.

[2] D. S. Mustafa, "Duhok bölgesi için koordinat dönüşümü parametre ve yöntemlerin incelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Aksaray, 2017.

[3] A. İlvan, "Mersin ili toroslar ilçesi örneğinde lokal datum dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., 2014.

[4] QPS. (2019). International terrestrial reference frame 2014, [Online]. Available: `https://confluence.qps.nl/qinsy/en/international-terrestrial-reference-frame-2014-itrf2014-29856813.html`. [Accessed:29.04.2019].

[5] ITRF. (2016). Science background - general concepts, [Online]. Available: `http://itrf.ensg.ign.fr/general.php`. [accessed: 24.03.2019].

[6] M. Hüsrevoğlu and E. Tuşat, "İki boyutlu bazı datum dönüşüm yöntemlerinin incelenmesi," *Geomatik Dergisi Journal of Geomatics*, vol. 3, no. 1, pp. 22–34, 2018.

[7] P. A. Herrault, "A comparative study of geometric transformation models for the historical "map of france" registration," *Geographia Technica*, pp. 34–46, 2013.

[8] G. Dawod and D. Alnagar, "Optimum geodetic datum transformation techniques for gps surveys in egypt," *Conference: Al-Azhar Engineering Sixth International Conference*, 2000.

[9] H. Shambaky, J. W. Hu, and M. Kaloop, "A novel three directions datum transformation of geodetic coordinates for egypt using artificial neural network approach," *Arabian Journal of Geosciences*, 2018.

[10] B. Konakoğlu, "Jeodezik dönüşümlerin incelenmesi ve yazılımlarının geliştirilmesi," Yüksek Lisans Tezi, Harita Müh.Böl., Karadeniz Teknik Üni., Fen Bilimleri Enst., 2014.

[11] Ö. Özaslan, "Web tabanlı jeodezik amaçlı mekânsal veri tabanı tasarımı ve uygulamaları," Doktora Tezi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Böl., İTÜ, Fen Bilimleri Enst., 2011.

[12] Z. Batık, S. Kaçar, and Ü. Çavuşoğlu, "Kontrolör tasarımı için ga kullanıldığı matlab ve .net tabanlı bir windows uygulaması," *APJES II-I*, 2014.

[13] E. Sönmez, "Denetim sistemleri dersi için matlab builder ne ve asp.net tabanlı web laboratuarı tasarımı," Yüksek Lisans Tezi, Elektronik ve Bilg. Eğt. Böl., Sakarya Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.

[14] Ş. B. Öztürk, "Rlc filtre devrelerinin eğitimine yönelik matlab webfigure kullanılarak asp.net tabanlı web arayüzü tasarımı," Yüksek Lisans Tezi, Elektronik ve Bilg. Eğt. Böl., Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., 2010.

[15] H. İlhan, "Kocaeli örneğinde bölgesel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enst., İstanbul, 2009.

[16] S. Çankırı, "Bilgi erişimde kullanıcı odaklı çözüm: Bilgi mimarisi," Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enst., İstanbul, 2012.

[17] Y. Şişman and A. Dilaver, "Datum dönüşümünde kalite kontrol," *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara*, 2005.

[18] E. Özögel, "Nokta bulutu verilerinin yerel geoit modellerinin değerlendirilmesinde kullanılması üzerine bir inceleme," Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enst., İstanbul, 2018.

[19] A. Üstün, "Datum dönüşümleri," Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., İstanbul, 1996.

[20] H. G. Müdürlüğü. (2019). Temel jeodezik hesaplamalar, [Online]. Available: https://www.harita.gov.tr/temel-jeodezik-hesaplamalar. [accessed: 24.03.2019].

[21] İ. Ö. Bildirici. (2019). Herhangi bir referans elipsoidi üzerinde coğrafi koordinatlardan gauss-krüger koordinatlarının hesabı, [Online]. Available: http://www.iobildirici.com/kartograf/cografi_gk.pdf. [Accessed:29.04.2019].

[22] M. Şimşek, "Uydu tekniklerinin ağ sıklaştırmasında kullanılabilirliği üzerine bir araştırma," Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., İstanbul, 1995.

[23] H. Demirel, *Dengeleme Hesabı*, 2nd ed. Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, 2005.

[24] F. B. Ünsal, "İki boyutlu doğrusal koordinat dönüşümleri," *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 2009.

[25] F. Başçiftçi, "Jeodezide kullanılan dönüşüm yöntemlerinin programlanması," Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Konya, 2008.

[26] Y. Uzun, "Üç boyutlu astrojeodezik dik koordinat sistemlerinde dönüşüm modelleri ve uyuşumsuz ölçü gruplarının belirlenmesi yöntemlerinin karşılaştırılması," Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enst., Trabzon, 2003.

[27] O. Kurt. (2002). İki boyutlu benzerlik ve afin dönüşümleri, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/281005862_Iki_Boyutlu_Benzerlik_ve_Afin_Donusumleri_Two_Dimensional_Similarity_and_Affine_Transformations. [accessed: 24.03.2019].

[28] MathWorks. (2019). Matlab compiler, [Online]. Available: https://www.mathworks.com/products/matlab.html. [accessed: 24.03.2019].

[29] E. G. Karadağ, "Matlab portföy en iyileştirme aracı ve örnek uygulamaların matlab platformundan bağımsız (standalone) halde hazırlanması," Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., 2012.

[30] S. Kaçar, C. Bayılmış, İ. Çankaya, and M. Çakıroğlu, "Kablosuz algılayıcı ağlar için matlab builder ne ve matlab webfigure ile asp.net tabanlı web arayüzü tasarımı," *e-Journal of New World Sciences Academy*, 2009.

[31] İ. D. Kocakoç, *MATLAB ve İstatistiksel Veri Analizi*, 3rd ed. Nobel Yayıncılık, 2015.

[32] T. Uçkan, "Opengl tabanlı animasyonlarda görüntü kalitesinin cuda mimarisi ile artırılması," Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Erzurum, 2015.

[33] B. team. (2019). Bootstrap history, [Online]. Available: `https://getbootstrap.com/docs/4.3/about/overview/`. [accessed: 29.04.2019].

[34] Leaflet. (2019). An open-source javascript library for mobile-friendly interactive maps, [Online]. Available: `https://leafletjs.com/reference-1.5.0.html`. [accessed: 29.04.2019].

[35] K. P. Schwarz and M. G. Sideris, "Heights and gps," *GPS Worlf*, pp. 50–56, 1993.

[36] R. F. Annan, "A hybridized centroid technique for 3d molodensky-badekas coordinate transformation in the ghana geodetic reference network using total least squares approach," *South African Journal of Geomatics*, vol. 5, 2016.

[37] I. H. Organization, *User's handbook on datum transformations involving WGS84*, 4th ed. the International Hydrographic Bureau, Monaco, 2008.