

**TC İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CORS-TR VERİLERİYLE BELİRLENEN TÜRKİYE
TEKTONİK PLAKA HAREKETLERİNİN
GÖRSELLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Haluk YILMAZ

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Geomatik

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Turgut UZEL

HAZİRAN 2011

**TC İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CORS-TR VERİLERİYLE BELİRLENEN TÜRKİYE
TEKTONİK PLAKA HAREKETLERİNİN
GÖRSELLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Haluk YILMAZ

(0909081015)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 20 Haziran 2011

Tezin Savunulduğu tarih: 04 Temmuz 2011

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Turgut UZEL

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Kamil EREN

Prof. Dr. Halil ERKAYA

HAZİRAN 2011

ÖNSÖZ

Yüksek lisans ve tez çalışmam süresince yanımda olan ve her türlü desteğini esirgemeyen başta tez danışmanım Prof. Dr. Turgut Uzel' e olmak üzere Prof. Dr. Kamil Eren' e, Prof. Dr. Cem Gazioğlu' na, Y. Doç. Dr. Gürsel Güzel' e ve Doç. Dr. Engin Gülal' a;

Yüksek lisans ve tez çalışmalarım yanı sıra çalışma hayatım boyunca üzerimdeki sorumluluk ve yükü her zaman benimle paylaşan sorularımı ve sorunlarımı her zaman paylaşabildiğim ve bilgilerini aktarmaktan hiçbir zaman çekinmeyen Dr. Ahmet Anıl Dindar' a;

Yardımlarını, çalışmalarını ve değerli zamanını hiçbir zaman esirgemeyen Arş. Gör. İbrahim Tiryakioğlu' na;

Bu süreçte çalışmalarımda moral ve motivasyon açısından sürekli destekleyen arkadaşım Müh. Abdulla Ahmad' a;

Başta amcam Yusuf Yılmaz olmak üzere maddi ve manevi hiçbir desteği benden esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma;

Kısacası bugünlere gelebilmemi sağlayan herkese sonsuz teşekkürlerini sunarım.

Haziran 2011

Haluk|Yılmaz

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
TÜRKÇE ÖZET	xii
İNGİLİZCE ÖZET	xiii
1. GİRİŞ	1
2. CORS-TR	2
2.1 Projenin Amacı	3
2.2 GNSS CORS Sistemleri ve Çalışma İlkeleri	5
2.3 CORS Sistemleri ve Çalışma İlkeleri	9
2.4 Benchmark (BM) Testleri ve Tasarım	12
2.5 CORS-TR Türkiye Datum Dönüşümü	14
2.5.1 Türkiye Datumu	15
2.6 CORS-TR Projesinin Sonuçları	17
2.6.1 Ulusal CORS Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü	18
2.6.2 Ekonomik Katkılar	22
3. GAMIT/GLOBK	23
3.1 CORS-TR Verilerin Değerlendirilmesi	26
4. PLAKA HAREKETLERİNİN GÖRSELLEŞTİRİLMESİ	36
4.1 MATLAB	37
4.1.1 MATLAB’ de Görselleştirme	38
4.1.1.1 Dosyaların Seçilmesi ve Okunması	38
4.1.1.2 Dosyaların Yazdırılması	42
4.1.1.3 Sonuçların Mapping Toolbox Fonksiyonları İle Görselleştirilmesi	43
4.2 Google Earth	48
4.2.1 Google Earth’ de Görselleştirme	50
4.2.2 KML Dosyalarının Oluşturulması	50
5. SONUÇLAR	56
6. KAYNAKLAR	58
7. EKLER	60
8. ÖZGEÇMİŞ	62

KISALTMALAR

VLBI	: Çok Uzun Bazlı Enterferometrisi
SLR	: Uydu Lazer Uzaklık Ölçmeleri
LLR	: Ay Lazer Uzaklık Ölçmeleri
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
IGS	: Uluslararası Yön Bulum Uydu Servisi
IUGG	: Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
CORS	: Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonları
ED50	: Avrupa Datumu 1950
ITRF	: Uluslararası Yersel Referans Ağı
İKÜ	: İstanbul Kültür Üniversitesi
HGK	: Harita Genel Komutanlığı
TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
RTK	: Gerçek Zamanlı Kinematik
GNSS	: Küresel Yön Bulum Uydu Sistemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
KBS	: Kent Bilgi Sistemi
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
ADSL	: Bakımsız Sayısal Abone Hattı
EDGE	: Küresel Mobil Haberleşme Sistemi İçin Geliştirilmiş Veri Hızları
DGPS	: Diferansiyel Küresel Konumlandırma Sistemi
RTCM	: Denizcilik Hizmetleri Radyo Teknik Komisyonu
FKP	: Düz Düzeltme Parametreleri
VRS	: Sanal Referans İstasyonları Yöntemi
MAC	: Ana Yardımcı İstasyonlar Yöntemi
KKTC	: Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
RMS	: Karekök Ortalama
TUTGA	: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
ETRS	: Avrupa Karasal Referans Sistemi
TCK	: Türk Coğrafya Kurumu
TCDDY	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları
DSİ	: Devlet Su İşleri
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
VOHD	: Vatandaş Odaklı Hizmet Dönüşümü
KYM	: Kamu Yönetiminde Modernizasyon
GIPSY	: GPS-kızılötesi konum belirleme sistemi
JPL	: Jet Propulsion Laboratory
GAMIT	: GPS Analysis Massachusetts Institute of Technology
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
EAPS	: Atmosfer ve Gezegen Bilimleri
GLOBK	: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program

IYO-TEK : CORS-TR Sistemi ile Bölgesel İyonosfer Modellemesi ve Yerkabuğu
Hareketlerinin İzlenmesi
AKÜ : Afyon Kocatepe Üniversitesi
YTÜ : Yıldız Teknik Üniversitesi
SOPAC : Scripps Orbit and Permanent Array Center
MATLAB : Matris Laboratuvarı
ASCII : Bilgi Değişimi İçin Amerikan Standart Kodlama Sistemi
KML : Keyhole Markup Language

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1 : GNSS konum hataları	9
Tablo 2 : Değerlendirme yapılan günler	28
Tablo 3 : Değerlendirmeye katılan IGS istasyonları ve farklı stabilizasyonda kullanılan noktalar	32

ŞEKİLLER

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : Konumlandırma Uygulamaları	4
Şekil 2.2 : GPS Uyduları	5
Şekil 2.3 : GNSS	6
Şekil 2.4 : GPS, GLONASS, Galileo Uydu Görünürlüğü	8
Şekil 2.5 : CORS-TR ağına entegre, aynı zamanda da bağımsız ağ Konfigürasyonu	10
Şekil 2.6 : CORS-TR VRS Çalışması	12
Şekil 2.7 : Cors-Tr İstasyonlar (80-100 km mesafelerde)	14
Şekil 2.8 : CORS-TR projesinde ölçülen ve düzenlenen ortak noktalar (1026 nokta)	16
Şekil 2.9 : ISTN-TR (İKÜ) istasyonu	17
Şekil 2.10 : ISTN-TR (İKÜ) istasyon kabini	18
Şekil 2.11 : CORS-İZ	23
Şekil 3.1 : GAMIT Klasör Yapısı	27
Şekil 3.2 : Station.info dosya yapısı	29
Şekil 3.3 : Site.defaults dosya yapısı	29
Şekil 3.4 : Process.defaults dosya yapısı	30
Şekil 3.5 : Avrasya sabit hız alanı	34
Şekil 3.6 : ITRF05 hız alanı	35
Şekil 3.7 : Anadolu sabit hız alanı	35
Şekil 4.1 : Geçerli Dizin	38
Şekil 4.2 : 'uigetfile' ile dosya seçimi	39
Şekil 4.3 : Dosya seçme işleminin son hali	39
Şekil 4.4 : Globk sonuç dosyası	40
Şekil 4.5 : Dosyadan gerekli verilen kaydedilmesi	41
Şekil 4.6 : İstasyon isimlerinin kaydedilmesi	41
Şekil 4.7 : Verilerin Excel'e yazdırılması	42
Şekil 4.8 : Altlığın hazırlanması	44
Şekil 4.9 : Eksenlerde metin açıklaması kullanımı	44
Şekil 4.10 : Okların çizimi	45
Şekil 4.11 : MATLAB figürü olarak Türkiye Hız Vektörü Haritası	46
Şekil 4.12 : .png uzantılı Türkiye Hız Vektörü Haritası	47
Şekil 4.13 : Google Earth	48
Şekil 4.14 : Google Earht Mobil	49
Şekil 4.15 : Google Eart 3D	50
Şekil 4.16 : MATLAB Google Earth Toolbox	51
Şekil 4.17 : 'ge_quiver' ile ok çizimi	52
Şekil 4.18 : 'ge_circle' ile elips çizimi	53
Şekil 4.19 : Google Earth için dosya seçilme işlemi	53
Şekil 4.20 : Excel içeriğinin okunması	54
Şekil 4.21 : İstasyonların seçilmesi	54

Şekil 4.22	: Google Earth' de vektörlerin çizdirilmesi	54
Şekil 4.23	: Google Earth' de elipslerin çizdirilmesi	55
Şekil 4.24	: Program sonu bilgileri	55
Şekil 4.25	: Giriş bilgilerinin sonu	55
Şekil 4.26	: Google Earth ile Türkiye Tektonik Plaka Hareketi	56

CORS-TR VERİLERİYLE BELİRLENEN TÜRKİYE TEKTONİK PLAKA HAREKETLERİNİN GÖRSELLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

GPS teknolojisi ülkemize 1990'lı yıllarda girdiği halde uygulayıcılar hala hiç de ekonomik olmayan yerel referans istasyonları gerektiren eski yöntem ve teknikleri kullanmaktaydı. 2007 yılında başlayıp 2009 yılında kullanıma açılan CORS-TR projesi, tüm ülkede sürekli, hızlı, ekonomik ve duyarlıklı konum belirleme hizmeti veren yeni ve modern bir sistem sunmuştur. İleri teknolojiden yararlanan bu sistem, arazi ve araziyle ilişkili coğrafi tabanlı her türlü verinin hızlı, doğru ve güvenilir olarak toplanması, ayrıca ülke genelinde plaka hareketlerinin izlenmesi, meteorolojik tahminlerin geliştirilmesi, hassas tarım vb uygulamalara olanak sağlamıştır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, CORS-TR'den sağlanan verilerin GAMIT/GLOBK'da işlenip değerlendirilerek ülkemizdeki tektonik plaka hareketlerinin MATLAB komutları ile Mapping Toolbox ve Google Earth üzerinden görselleştirilmesi amaçlanmıştır.

Tektonik hareketlerden, deformasyon ölçümlerine kadar yüksek hassasiyet isteyen birçok jeodezik ölçmelerin değerlendirilmesinde BERNESE, GAMIT/GLOBK, GIPSY/OASIS vb yazılımlar kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında verilerin değerlendirilmesi, Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından geliştirilen GAMIT (GPS Analysis Massachusetts Institute of Technology)/ GLOBK yazılım takımı kullanılmıştır.

VISUALIZATION OF TURKEY TECTONIC PLATE MOVEMENTS DETERMINED BY CORS-TR DATA

SUMMARY

Although GPS (Global Positioning System) technology entered to our country in 1990's, operators were using old method and techniques required uneconomical local reference stations still. CORS-TR project presented a new and modern system providing faster, economical and healthy service to the whole country instead of such systems used inefficiently. In the CORS-TR project, it was aimed the proper and reliable collection of any kind of geography-based land and land-related data using high technology, monitoring of plate movements across the country and development of meteorological forecasting.

The aim of this study was processing of data on GAMIT/GLOBK and after evaluation of results, visualization of Turkey CORS-TR tectonic plate movements over Mapping Toolbox and Google Earth with MATLAB instructions.

Softwares such as BERNESE, GAMIT/GLOBK, GIPSY/OASIS may be given as sample for the scientific softwares used in many geodesic measurements required high precision from tectonic movements to deformation measurements. In the scope of this study, evaluation of data was made using the software set GAMIT (GPS Analysis Massachusetts Institute of Technology)/GLOBK developed by Massachusetts Institute of Technology.

1.GİRİŞ

Levhaların hareketine ilişkin hız vektörlerinin hesaplanması ve deformasyon analizleri, her zaman bilim insanlarının ilgi odağında olmuştur. Klasik alet ve yöntemleriyle yapılan ölçümler, çok zahmetli olmasına karşın yeterince duyarlı olmuyordu. 1960 yıllarda başlayan uydu teknolojisi, jeodezik çalışmalara büyük olanaklar sağlamıştır. VLBI (Very Long Baseline Interferometry), SLR (Satellite Laser Ranging) ve LLR (Lunar Laser Ranging) gibi teknolojiler, kullanılmaya başlamıştır. Fakat bu sistemlerin ekonomik olmamaları, kurulum ve işletimlerdeki güçlükleri, kullanım alanlarını sınırlı tutmuştur.

Başlangıçta askeri amaçlarla geliştirilen ve sonra sivil kullanıma açılan “uydular yardımıyla Küresel Konum belirleme Sistemleri” (GPS = Global Positioning Systems) sayesinde ölçmeler çok kolay, hızlı ve ekonomik olarak yapılabilir hale gelmiştir. Amerika Birleşik Devletleri’nin GPS’i, Rusların GLONASS’ı ve Avrupa Birliği’nin Galileo’sunu kapsamak üzere GNSS (Global Navigation Systems) olarak adlandırılan bu sistemin sağladığı kesintisiz ölçüm ve doğruluk, küresel boyutta kullanımını hızla yaygınlaştırmıştır.

Levha hareketlerinin belirlenmesinde ve deformasyon analizlerindeki periyodik ve kısa süreli ölçmelerden elde edilen hız bileşenlerinin doğruluklarının ve güvenilirliklerinin düşük olması, Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği (IUGG)’nin sürekli gözlem yapan GPS istasyonlarının kurulması düşüncesini geliştirmesine önayak olmuştur. Bu amaçla 1993 yılında bir pilot proje gerçekleştirmiştir. Projeden çok iyi sonuçların alınması, küresel boyutta daha fazla sabit referans istasyonlarının kurulması istenmiş ve “International GPS Service for Geodynamics” (IGS), 1994 yılında hayata geçirilmiştir. IGS istasyonlarının sayısı ve konum duyarlıkları hızla artmaktadır.

Sürekli gözlem yapan GPS istasyonlarının Türkiye’de kurulması, İstanbul Kültür Üniversitesi tarafından CORS-TR Projesi ile gerçekleştirilmiştir. TÜBİTAK’ın Kamu Araştırma ve Geliştirme Grubu (KAMAG) içinde 1007 Kod No.lu projeler

kapsamında 8 Mayıs 2006 başlayan CORS-TR Projesi 31 aylık bir çalışmadan sonra 8 Aralık 2008 tarihinde tamamlanarak müşterek müşteri sıfatıyla Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)'ne teslim edilmiştir. Yedekleriyle 150 sabit referans istasyonundan oluşan CORS-TR, Türkiye'nin her yerinde çalışmaya başlamıştır.

Bu proje, ayrıca daha önce kullanılan ulusal ED50 datumundan halen kullanılmakta olan ITRFyy datumuna dönüşüm parametrelerini belirleyerek ED50 datumundaki verilerin ITRFyy datuma aktarılmasını da sağlamıştır.

2. CORS-TR

TÜBİTAK, “ülkemizin rekabet gücünü ve refahını artırmak ve sürekli kılmak için toplumun her kesimi ve ilgili kurumlarla işbirliği içinde, ulusal önceliklerimiz doğrultusunda bilim ve teknoloji politikaları geliştirmek, bunları gerçekleştirecek altyapı ve araçları oluşturmaya katkı sağlamak, araştırma ve geliştirme faaliyetlerini desteklemek ve yürütmek, bilim ve teknoloji kültürü oluşturmakta öncü rol oynamak” olarak tanımladığı misyonu çerçevesinde, kamu kurumlarının araştırma çalışmaları ile çözümlenecek sorunlarını ele alan projeleri desteklemek amacıyla 10 Mart 2005 tarihli Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu kararı ile yeni bir program başlatmıştır.

Bu program kapsamında Türkiye için son derecede önemli olan bir projeyi, Yürütücü sıfatıyla İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ); Müşterek Müşteri sıfatıyla Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) birlikte TÜBİTAK'a sunmuşlardır. TÜBİTAK, bilimsel değerlendirmeler sonucunda 18 Nisan 2006 tarihinde bu ulusal nitelikli ve kısaca CORS-TR olarak adlandırılan “Ağ ilkesiyle çalışan gerçek zamanlı kinematik (RTK) prensipli sabit GNSS istasyonlarının kurulması ve hücrel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesine ilişkin araştırma ve uygulama projesini destekleme kararı almıştır. Projeye ilişkin sözleşme, TÜBİTAK, İKÜ, TKGM ve projeye

sonradan müşterek müşteri sıfatıyla katılan HGK arasında 8 Mayıs 2006 tarihinde imzalanmıştır. CORS-TR Projesi araştırma ve geliştirme çalışmaları, ülke mühendislik altyapısı anlamında uygulamaları ile TÜBİTAK, üniversite ve aynı sektörde hizmet veren iki güzide harita kurumunun işbirliği anlamında da ülkemizdeki ilklerden birisini oluşturmuştur. Proje, her bakımdan örnek proje olarak nitelendirilmektedir (Uzel T. ve Eren K. 2008).

2.1 Projenin Amacı

Kadastro ve haritacılık çalışmaları, alt ve üst yapı hizmetlerinin ve diğer mekansal çalışmaların yürütülmesi ve yönetimi, güncel coğrafi altlıkların kullanımını zorunlu kılmaktadır (Şekil 2.1). Bu nedenlerle CORS-TR projesinde yüksek teknoloji kullanılarak arazi ve araziye yönelik coğrafi tabanlı her türlü verinin hızlı, doğru ve güvenilir olarak toplanması, ayrıca ülke genelinde plaka hareketlerinin izlenmesi ve meteorolojik tahminlerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Kadastro, haritacılık ve CBS / KBS çalışmalarında esas olan, coğrafi konumun (yani koordinatların), güvenilir yöntemlerle doğru, ünük ve üniform olarak belirlenmesidir. Aksi halde verilerin uyumsuzluğu ve entegrasyonu sorunu ile karşılaşmaktadır.

Konum belirlenmesinde GPS (Global Positioning System) teknikleri yepyeni bir çığır açmıştır. GPS teknolojisi, ülkemize 1990'lı yıllarda girdiği halde uygulayıcılar hala hiç de ekonomik olmayan yerel referans istasyonları gerektiren eski yöntem ve teknikleri kullanmaktadır. CORS-TR projesi, böylesine verimsiz kullanılan sistemleri, tüm ülkeye daha hızlı, ekonomik ve sağlıklı olarak hizmet veren yeni ve modern bir sistemle değiştirmeyi amaçlamıştır. Bu proje, ayrıca, daha önce kullanılan ulusal ED50 datumundan halen kullanılmakta olan ITRFyy datumuna dönüşüm parametrelerini belirleyerek ED50 datumundaki verilerin ITRFyy datuma aktarılmasına da hizmet etmiştir.



Şekil 2.1 CORS-TR konumlandırma uygulamaları

Söz konusu ulusal CORS-TR projesinin amaçları genel olarak aşağıdaki başlıklar altında ifade edilebilir:

1. Tüm ülke genelinde coğrafi konumları, 24 saat süreyle dakikalarda hatta saniyelerde hem gerçek zamanda (RTK) hem de sonradan hesapla cm'ler duyarlığında hızlı, ekonomik ve sağlıklı olarak belirlemek. Böylece :
 - a. Başta ülke savunması ve kalkınması amacına yönelik olmak üzere coğrafi belge ve bilgilerin üretilmesi için gerekli olan konum verilerini CORS-TR yöntemleriyle elde etmek,
 - b. TKGM ve HGK başta olmak üzere harita ve harita bilgisi üreten kurumların jeodezik nokta tesisi, yersel harita ve kadastro ölçmeleri, CBS/KBS amaçlı diğer yersel ölçmelerini bu sistemde gerçekleştirmek.

2. Hava, deniz ve karada metre altında duyarlıkta navigasyon sağlamak,
3. Ulusal hücresel dönüşüm parametrelerini belirlemek ve böylece TKGM ve HGK başta olmak üzere tüm harita ve harita bilgisi üreten kurumların temel datum dönüşümü sorununu çözmek, ED50 datumundaki harita ve kadastro ölçülerinin ve paftalarının halen kullanılmakta olan ITRFyy datumuna aktarımını sağlamak,
4. Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi ve iyonosferi modellemek ve daha sağlıklı meteorolojik tahminler ile sinyal ve iletişim konuları başta olmak üzere birçok bilimsel çalışmaya olanak ve katkı sağlamak,
5. Bir deprem ülkesi olan ülkemizde tektonik (plaka) hareketlerin son derece duyarlı ve sürekli olarak izlenmesini gerçekleştirmek, deformasyon miktarlarını mm'ler duyarlığında belirlemek; böylece depremlerin önceden belirlenmesi ve erken uyarı çalışmalarına katkıda bulunmak,
6. Ülkemizdeki AR-GE çalışmalarına ve uzay araştırmalarına katkıda bulunmak (Uzel T. ve Eren K. 2008).

2.2 GNSS CORS Sistemleri ve Çalışma İlkeleri

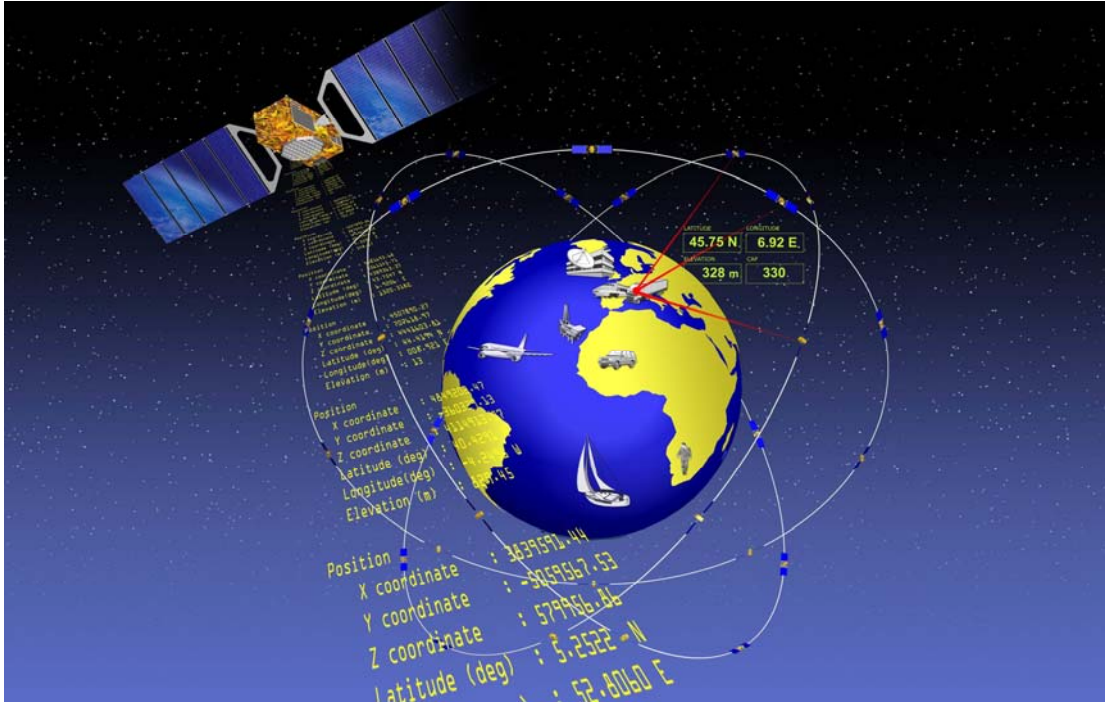
İlk uydusu 1978 yılında yörüngeye atılan ve 24 uyduluk konfigürasyonu 1994 yılında tamamlanan ABD'nin NAVSTAR Global Positioning System (GPS), haritacılık ve navigasyonda yeni bir çığır açmıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 GPS Uyduları

Rusların GLONASS uydularının ilki 1982 yılında atılmıştır. Son üç yılda birçok GLONASS uydusu uzaya fırlatılmıştır. 2009 yılında sistemde tam operasyonlu 24 uydu tasarlanmaktadır.

Avrupa Birliği'nin Galileo isimli sisteminin ilk uydusu, 2005 yılının sonunda yörüngesine yerleştirilmiştir. Galileo'nun katılımıyla GPS ismi, yerini her üç sistemi içeren Global Navigational Satellite System (GNSS)'e bırakmıştır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 GNSS

Her üç tür sisteme ait sinyal özellikleri aşağıda verilmektedir:

1. GPS

L1, L2, L5 taşıyıcı frekansları,

C/A ve 2005 tarihinden bu yana L2 sivil kodları, (2012'den sonra L3C sivil kodu),

L1 ve L2 frekanslarında P kodu,

2. GLONASS

L1, L2 taşıyıcı frekansları,

L1 ve L2 C/A kodları,

L1 ve L2 P-kodları,

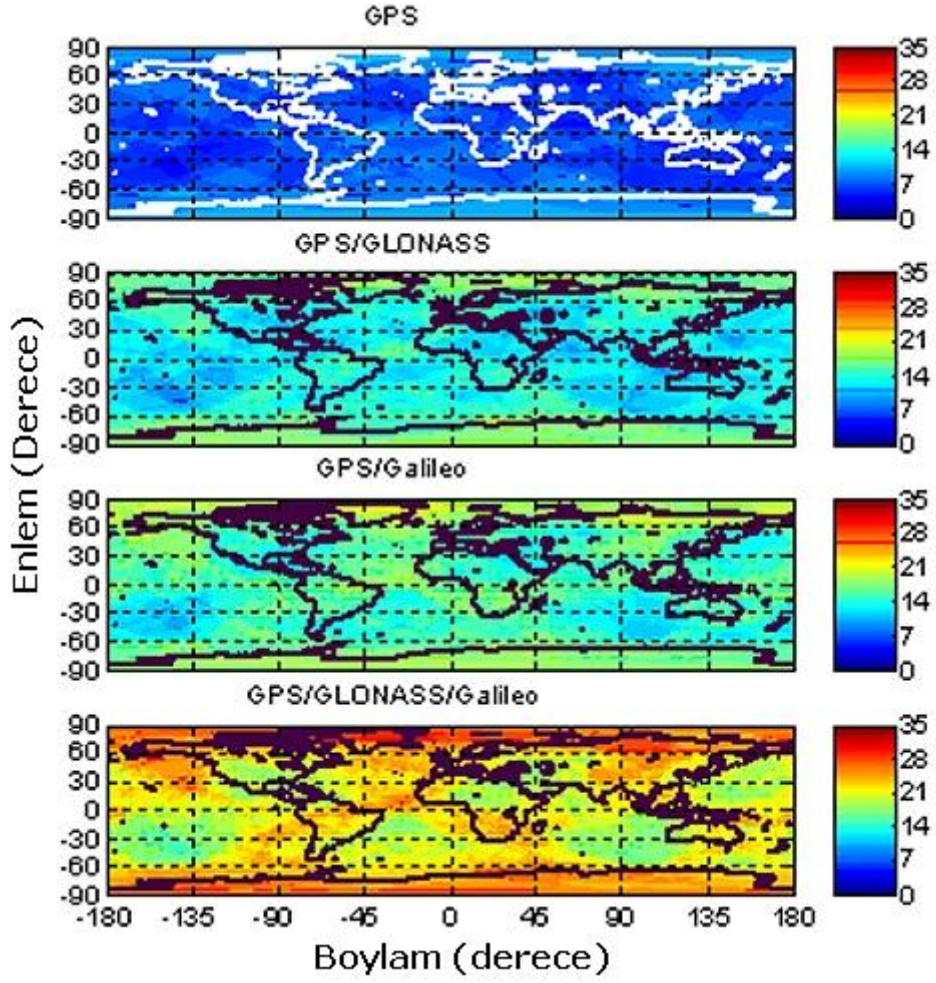
3. Galileo

L1, E1,E2,E5 ve E6 frekansları.

L2C ve L3C kullanılarak iyonosfer parametreleri belirlenebilecektir. Böylece bağıl ölçülere gerek kalmadan jeodezik konum belirlenmesi amaçlanmaktadır.

L2C sinyal L1'e göre daha iyi veri kalitesine sahip olup alçak uyduların daha iyi ve güçlü izlenmesi mümkün olmaktadır. CORS kontrol merkezi, bu sinyali değerlendirerek 10⁰'nin altındaki uyduları bile çözümde kullanabilecek, hataları daha iyi modelleyebilecektir. Geziciler ise kötü koşullarda dahi hızla çözüme gidebilecektir. Halen yeni uydularda kullanılmaya başlanan ve 2015 yılında tamamlanacak yeni GPS L5 sinyali de yansıma hatasından daha az etkilenecek, daha uzun mesafelerde daha güvenilir RTK ölçülerine olanak verecektir.

GPS, GLONASS, Galileo uydularının tipik görünürlüğü, Şekil 2.4'deki gibi olacaktır. Böylece daha çok uydudan sinyal alınacak; daha kısa zamanda ve daha duyarlı çözüm sağlanacaktır.



Şekil 2.4 GPS, GLONASS, Galileo Uydu Görünürlüğü

GNSS ile coğrafi konum belirlemede hataya yol açan bazı etkenler vardır.

1. Uydu yörüngesinin belirlenmesindeki hatalar,
2. İyonosferdeki gecikmeler,
3. Troposferdeki gecikmeler.

Uydu saati ile GNSS alıcı saati ve yansıma vb hatalar burada ihmal edilmiştir.

Uydu yörünge hataları her gün duyarlılığı biraz daha artan ve ölçülerle birlikte yayınlanan 'yayın efemerisi' ve sonradan hesaplanan 'hassas efemeris' ile büyük ölçüde azaltılabilmektedir.

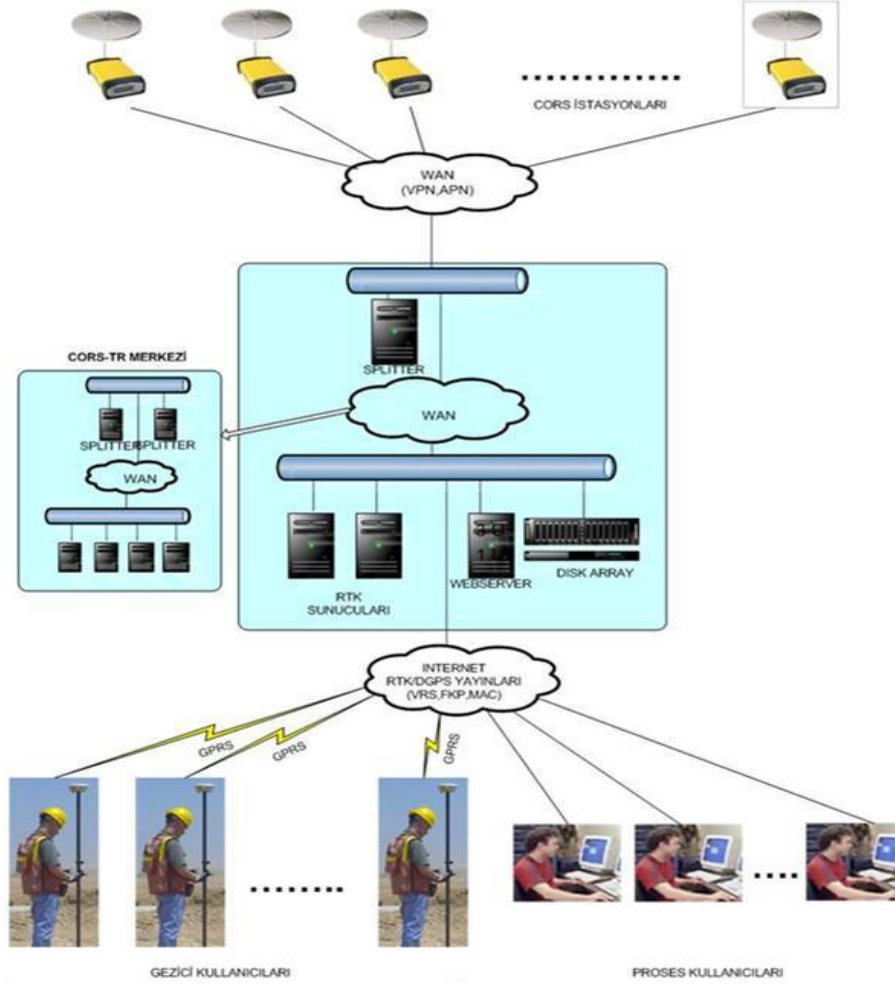
İyonosfer modellemesi tek tabakalı olup L1/L2 taşıyıcı fazlarından büyük ölçüde hesaplanabilmektedir. Modelden elde edilen düzeltmeler gözlemlere getirilmektedir. Troposfer modellemesi genelde ‘Modified Hopfield Model’ olup sinyalin geçtiği ortamda yeterli ölçü yapılamaması nedeniyle troposfer hatalarının hesabı zorlaşmaktadır. Burada da modelden elde edilen düzeltmeler gözlemlere getirilmektedir. GNSS’e etki eden hataların büyüklükleri Tablo 1’de verilmektedir (Uzel T. ve Eren K. 2008).

Tablo 1. GNSS konum hataları

TİP	MUTLAK BAĞIL		ETKİ
Cızırtı (noise) (Kod)	500 mm	500 mm	Tesadüfi
Cızırtı (noise) (Taşıyıcı)	0.5 mm	0.5 mm	Tesadüfi
Yansıma (Kod)	<10 m	<10	Sistematik
Yansıma (multipath)(Taşıyıcı)	<10 mm	<10 mm	Sistematik
Uydu Yörüngesi	<20 m	1 ppm	Ölçek
Troposfer (0-15 km)	< 30 m	< 10 mm	Yükseklik
İyonosfer (70 -1000 km)	< 100 m	< 50 ppm	Ölçek
Bugün ulaşılabilen		10 mm + 1-3 ppm	
Sanal kavram		10 mm + 0 ppm	

2.3 CORS Sistemleri ve Çalışma İlkeleri

Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonları’nın İngilizce kısaltması olan CORS (Continuously Operating Reference Stations) sisteminde, tüm ülkeyi kaplayan koordinatları bilinen referans istasyonlarına yerleştirilen GNSS alıcılarının gözlemleri, bir kontrol merkezine ADSL veya GPRS/EDGE üzerinden iletilmekte; kontrol merkezinde atmosfer ve diğer hatalar modellenerek RTK/DGPS düzeltmeleri gerçek zamanda hesaplanıp, aşağıdaki şekillerden görülebileceği gibi, RTCM formatında GPRS/EDGE üzerinden konumlama için gezici GNSS alıcılarına gönderilmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 CORS-TR ağına entegre, aynı zamanda da bağımsız ağ konfigürasyonu

Halen Türkiye genelinde 3000'den fazla GPS alıcısı bulunmaktadır. GPS kullanıcıları ya mevcut kontrol noktalarını baz almakta ya da statik veya RTK (gerçek zamanlı) tekniklerinden yararlanarak, önce kendi baz istasyonlarını oluşturmakta ve daha sonra da gezici alıcılarla koordinatlarını hesaplamaktadırlar. Statik ölçülerde, baz uzunluğu ve uygulanan yöntemle bağlantı olarak, geziciler dakikalardan saatlere varan ölçü zamanına gereksinim duymaktadırlar. RTK kullanımı durumunda ise baz istasyonundan 5-10 km uzaklığa kadar çözüm sağlanabilmektedir. Bu kadar zahmetli, zaman isteyen ve pahalı bir yaklaşım sonucu belirlenen jeodezik kontrol noktaları ise arazide değişik boyutlarda zemin tesisleriyle (pilye dahil) gerçekleştirilebilmektedir.

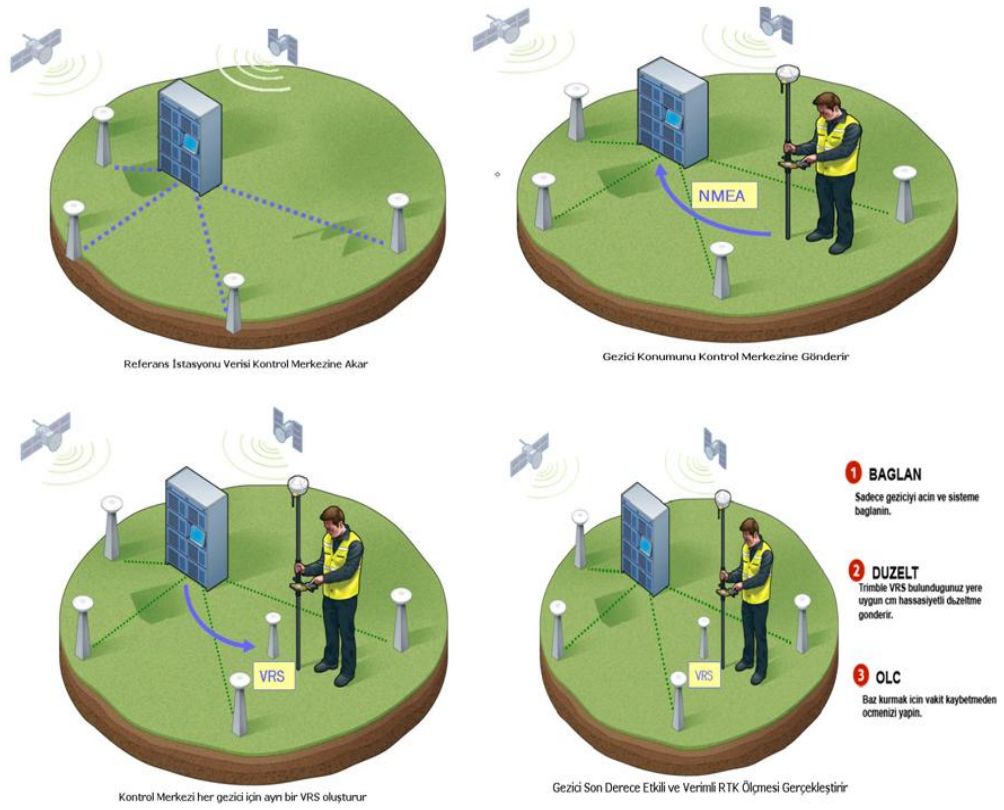
Yukarıda bahsedilen yaklaşımda ilk iyileştirme sürekli gözlem yapan sabit istasyonlar oluşturup gezici alıcılara açılması şeklinde olmuştur. Bu sistemde de ölçü süreleri yine dakikalardan saatlere varan uzunluktadır.

CORS-TR projesinde ise aktif CORS yaklaşımı benimsenmiştir. Burada tüm ülkeyi kapsayan CORS istasyonları bir kontrol merkezine bağlı olup istasyonların konumları ve atmosferik düzeltmeler sürekli olarak hesaplanmaktadır. Böylece atmosfer ve konum düzeltmeleri ülke genelinde modellenenmektedir.

Bunun sonucunda, saatler gerektiren GNSS ölçü süreleri, dakikalara ve hatta saniyelere inmekte; baz uzunlukları da yaklaşık 10 misli büyümektedir.

Aktif CORS modellemelerinde yaygın olarak üç teknik kullanılmaktadır. Bunlar:

- a. FKP Tekniği: Literatürde FKP (Flachen Korrektur Parameter) olarak bilinen alan düzeltme yaklaşımında tüm CORS ağı kullanılarak her sabit istasyonda atmosferik düzeltmeler ve/veya taşıyıcı faz düzeltmeleri hesaplanmaktadır
- b. VRS Tekniği: VRS (Virtual Reference Stations) uygulamasında ön koşul, CORS ağındaki kontrol merkezi ile gezici arasındaki iki yönlü iletişimidir. Gezici, yaklaşık koordinatlarını kontrol merkezine göndermekte ve merkez de tüm ağ bilgilerini kullanarak söz konusu gezicinin konumu için VRS referans verilerini oluşturmaktadır (Şekil 2.6).
- c. MAC Tekniği: MAC (Master Auxiliary Concept) RTCM 3.x ağ formatının temelini oluşturan düşünce, alt-ağ ölçü verilerinin sıkıştırılmış olarak geziciye gönderilmesi ve gezicinin farklı hata kaynakları için kendi ağ hesaplarını yapmasını sağlamaktır (Uzel T. ve Eren K.2008).



Şekil 2.6 CORS-TR VRS Çalışması

2.4 Benchmark (BM) Testleri ve Tasarım

CORS ağ yaklaşımı ve çözüm etkinlikleri konusunda firmalar, araştırmacılar ve kullanıcılar arasında çok farklı görüşler bulunmaktadır. Ayrıca, atmosfer etkileri, ülke topografyası, iletişim araçları vb. konuların Türkiye koşullarında test edilmesi akılcı bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir. Çalışmalara sırasıyla Topcon, Trimble ve Leica firmaları katılmıştır. Testin başlıca amaçları,

- GNSS alıcı ve antenlerini test etmek,
- Kontrol merkezi yazılımını test etmek,
- İstasyonlar arasındaki en düşük uzaklığı belirlemek,

- Türkiye'deki iletişim ve internet altyapısı hakkında somut bilgiler edinmek,
- Atmosfer aktivitelerini ve etkilerini incelemek

Önce CORS noktalarının yer seçimi ve daha sonra da zemin tesisleri yapılmış, ADSL, EDGE ve elektrik bağlantıları gerçekleştirilmiştir. 2 gün süreyle eşzamanlı olarak GNSS ölçüleri gerçekleştirilmiş ve bunlar, 7 IGS istasyonu verileriyle birlikte Bernese, Gamit ve Geonap yazılımlarıyla değerlendirilmiş. Böylece test referans ağı noktalarının ITRFyy koordinatları hesaplanmıştır. Dengeleme sonucunda 0.01 ppm mertebelerinde baz duyarlığı ve 1 cm civarında konum duyarlığı elde edilmiştir. Aynı koordinat değerleri daha sonra teste katılan firmalar tarafından da hesaplanmıştır.

BM testi sonuçları ve daha sonraki araştırmalar, sabit istasyonlar arasındaki optimum uzaklığın ülkemiz koşullarında 80-100 km arasında olduğunu göstermiştir. CORS istasyon yeri seçiminde istasyonlar arasındaki mesafelerden başka göz önünde bulundurulması gereken hususlar bulunmaktadır:

- İl merkezleri olması (kullanıcıların yoğun olduğu merkezler olması sebebiyle),
- Sınır ve kıyı boyundaki büyük yerleşim merkezleri olması,
- Sağlam ve lojistiği uygun zemin (heyelan bölgesi dışında) olması,
- Elektrik ve haberleşme (ADSL ve EDGE) olanaklarının bulunması,
- Mümkün olduğu kadar tektonik plaka hareketlerinin izlenmesine olanak sağlayacak konumda olması.

Bu bilgiler ışığında tüm ülkeyi ve KKTC'yi kapsayan bir tasarım yapılmış ve 146 istasyona ait yerler İKÜ, HGK ve TKGM'nün ortak çalışmalarıyla saptanmış(Şekil 2. 7) (Uzel T. ve Eren K. 2010a).



Şekil 2.7 CORS-TR istasyonları (80-100 km mesafelerde)

2.5 CORS-TR Türkiye Datum Dönüşümü

Ülke genelinde 2001 yılına kadar üretilen tüm haritalar ve koordinatlar ED50 datumunda yer almaktadır. Sırf TKGM bünyesinde ED50 datumunda üretilen 300,000 üzerinde pafta bulunmaktadır. Bu ürünlerin ITRFyy datumuna dönüşümü kaçınılmazdır. ED50 datumundaki verilerin dönüşüm duyarlılığı pafta ölçeği ile uyumlu olmalıdır. 1/1000 ölçekli paftalardaki duyarlık (yaklaşık 0.3 m) ve Ulusal Jeodezik Ağ (UJA) göreceli duyarlılığı göz önünde bulundurulduğunda maksimum 30 km aralıklarda ED50 ve ITRFyy datumunda koordinatları belirlenen ortak noktalara gereksinim bulunmaktadır.

Mevcut ortak noktalar göz önünde bulundurularak 1/100.000 ölçekli pafta bazında bir tasarım yapılmış ve yeni ölçülecek 3000 adet nokta belirlenmiştir. Böylelikle ortalama 120 km²/adet olacak şekilde (yaklaşık 10km aralıklı) nokta dağılımı gerçekleştirilmiştir. Bazı bölgelere gidilememesi ve bazı bölgelerde de mevcut nokta bulunamaması nedenleriyle ancak 1401 noktada ölçü yapılabilmektedir. Noktalardaki koordinatların tutarsızlığı, dublikasyon ve bazı ölçülerin hatalı olması nedeniyle düzenleme yapılmış ve sonuçta 1026 nokta kabul edilebilir bulunmuştur.

Datum dönüşüm çalışmaları Kriging ve Minimum Eğrilik Yüzeyi modelleri kullanılıp 2 dm düzeyinde RMS uyumlu KRIGING datum dönüşüm sonuçlarının kullanılmasına karar verilmiş (Uzel T. ve Eren K 2010b).

| 2.5.1 Türkiye Datumu

Ulusal Jeodezik Ağ ED50 datumunda olup elipsoid olarak da International Ellipsoid 1924 kullanılmıştır. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) 1997 – 1999 arasında ITRF96 datum ve 1998.0 epochunda tesis edilmiştir. 1-3 cm bağıl duyarlılığa sahip TUTGA 594 noktadan oluşmaktadır. 1999 ve 2000 yılında ülkemizde meydana gelen üç büyük depremden dolayı bazı bölgelerde ölçüleri yenilenen bu ağın güncellenmiş hali TUTGA99A adı ile anılmaktadır.

Genel olarak datum dönüşümünün;

- Uygulanması kolay olmalıdır,
- Tek bir yöntemi içermelidir,
- Sürekliliği sağlamalıdır,
- Çok sayıda dönüşüme olanak sağlamalıdır,
- GIS ile entegre olabilmelidir,
- Açıkça ifade edilebilen bir teorik altyapısı olmalıdır,
- Ağlardaki yenilenme,şekil değişiklikleri v.b. dikkate alabilmelidir,
- Güvenilir kaba hata araştırması mümkün olmalıdır,
- Tüm alanda belirlenen doğruluğu sağlamalıdır (Matenz vd, 2004).

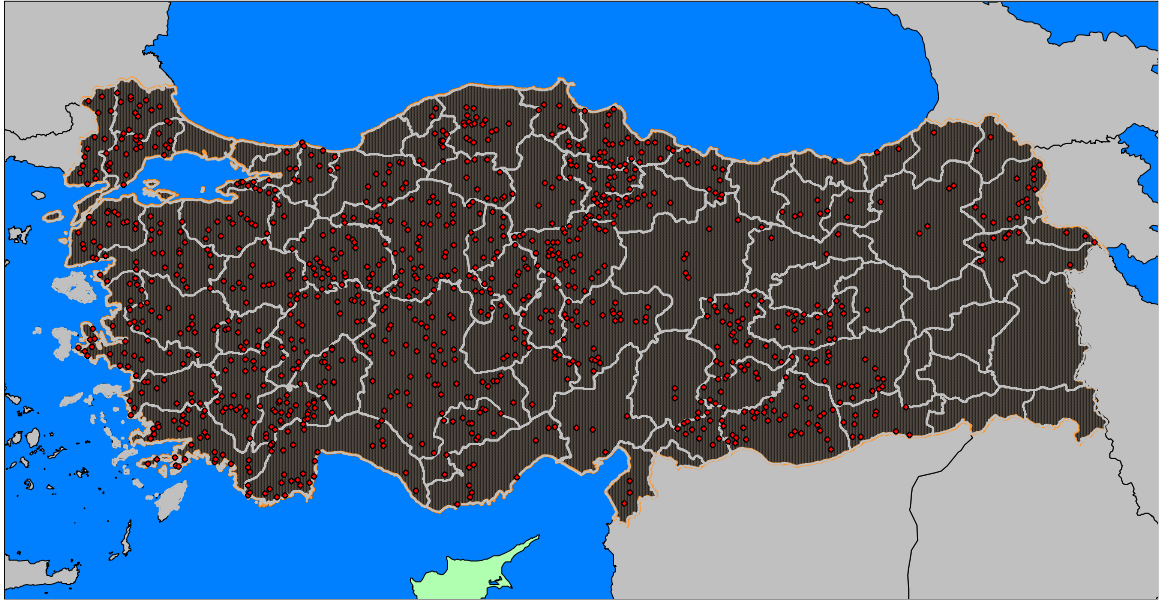
GPS tekniği 1985-90'lı yıllardan itibaren rasyonel kullanılmaya başlanmıştır. Bu tarihlerden sonra global, bölgesel ve ülke GPS ağlarının oluşturulmasına hız verilmiştir. Datum dönüşümü de bu tarihten sonra güncelleşmiştir. Örneğin;1988 yılında, tüm Avrupa'da coğrafi bilgi sistemlerine jeodezik altyapı oluşturmak amacıyla EUREF çalışmaları başlatılmıştır. Bu çalışmalara tüm Avrupa Birliği Ülkeleri katılmaktadır. Gerek tek tek ülke ve gerekse Avrupa boyutunda ETRS89 ile ED-50 arasındaki datum dönüşümü, günümüze kadar devam eden bir problem olmuştur.

Datum dönüşümünün daha doğru, sürekli ve güvenilir olabilmesi için araştırma çalışmaları devam etmektedir. Özellikle CORS benzeri sistemlerin temel altyapısını oluşturacak olan yatay ve düşey dönüşüm çalışmaları, birlikte yürütülmektedir. Böylece eş zamanlı üç boyutta dönüşüm amaçlanmaktadır.

CORS-TR kapsamında oldukça geniş çerçeveli datum dönüşüm çalışmaları yürütülmüş ve aşağıdaki modeller kullanılmıştır:

- Helmert Dönüşümü
- Lineer regresyon (lineer regression)
- Kriging
- Delaunay üçgenleri
- Minimum eğrilik yüzeyi (Minimum curvature surface)

Tüm çalışmalar sonucunda arazide ölçülen 1401 noktadan 375 nokta çıkarılmış ve geriye 1026 ortak nokta kalmıştır (Şekil 2. 8). Şekil 8’de gösterilen bu noktalar CORS-TR kapsamında derlene noktalarla birlikte ulusal datum dönüşümü hesaplarında kullanılmıştır (Uzel T. ve Eren K 2010b)



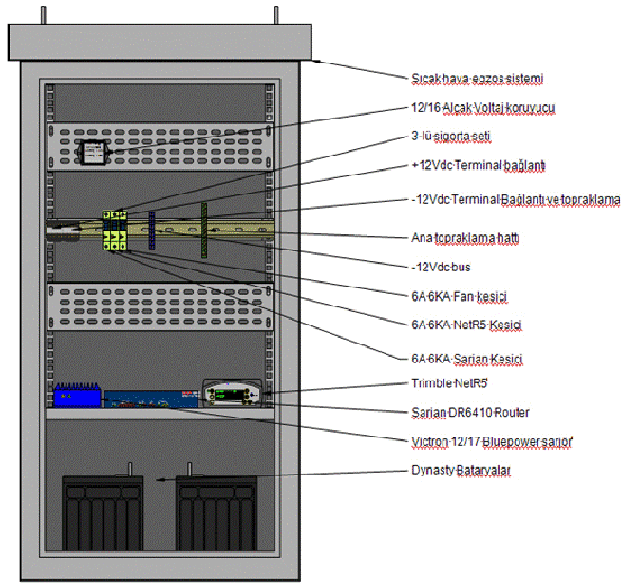
Şekil 2.8 CORS-TR projesinde ölçülen ve düzenlenen ortak noktalar (1026 nokta)

2.6 CORS-TR Projesinin Sonuçları

CORS-TR Projesi 8 Aralık 2008 tarihi itibariyle bitmiştir, datum dönüşüm çalışmalarının sonuçları ile birlikte, 5 Mayıs 2009 tarihinde müşteri kurumlara teslim edilmiştir. Bu tarihten itibaren CORS-TR, müşterek müşteriler olan Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü işletimi ve hizmet vermeyi üstlenmişlerdir. Bölge şartlarına ve konuma uygun yapılan istasyonlar ve kabinler yapılmıştır. Projenin yürütücülüğünü yapmış olan İstanbul Kültür Üniversitesi'nde de kontrol merkezi ve istasyon da bulunmaktadır (Şekil 2.9-10) (Uzel T. ve Eren K. 2010a).



Şekil 2.9 ISTN-TR (İKÜ) istasyonu



Şekil 2.10 ISTN-TR (İKÜ) istasyon kabini

CORS-TR projesi, Türkiye’de dönüm noktası oluşturmaktadır:

- Ulusal CORS ağı ve Ulusal Datum dönüşümü
- Ekonomik katkılar
-

2.6.1 Ulusal CORS Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü

CORS-TR Projesi ile ülke genelinde 24 saat hizmet veren, format ve standart birliği sağlayan modern bir sistem ülkemize kazandırılmış bulunmaktadır. Sistem haritacılıkta klasik yöntemlere göre çok daha avantajlı olacak ve tüm coğrafi bilgi teknolojilerine altlık oluşturacaktır,

GNSS gözlem bilgileri, ADSL veya EDGE aracılığı ile her saniye NetR5 CORS referans istasyonlarından kontrol merkezine aktarılmaktadır. Kontrol merkezinde hatalar modellenmekte ve her saniye düzeltmeler hesaplanmaktadır. Ayrıca post-processing amacıyla tüm GNSS gözlemleri 1 saniye, 15 saniye veya 30 saniye aralıklarda ftp kullanımına açılmıştır.

Dolayısıyla sistem iki yöntemle hizmet vermektedir:

- Gerçek zamanda koordinat belirleme ve
- Post-processing ile koordinat belirleme.

Ülke genelinde kullanıcılar karada, havada ve denizde;

- a) GPS veya GNSS alıcıları ile kontrol merkezine bağlanarak RTK yöntemiyle dakikalarda, hatta saniyelerde, cm-mertebesinde koordinatlarını belirleyebilmektedirler;
- b) Navigasyon alıcıları ile kontrol merkezi RTCM yayınları sayesinde RDGPS yöntemiyle gerçek zamanda dm'ler mertebesinde koordinatlarını belirleyebilmektedirler.

Böylece sistem ülke genelinde:

- Tüm coğrafi bilgi teknolojilerine altlık oluşturacaktır (jeodezik nokta ölçüleri, topoğrafik ölçüler; kadastro ölçüleri, mühendislik ölçmeleri, demiryolları, karayolları vd altyapı mühendisliğinde planlama, projelendirme ve uygulama projeleri; planlama ve imar ölçüleri; hidrografik ölçüler; çevre, e-devlet, e-belediye, e-ticaret uygulamaları kapsamında yersel ölçüler, planlamalar, projendirmeler ve uygulamalar, vd);
- Binlerce GPS / GNSS alıcısının kendi referans istasyonuna gereksinim olmaksızın gözlem yapabilmesine olanak vermektedir.
- Jeodezik kontrol noktalarında yer tesisi yapma zorunluluğunu büyük ölçüde kaldırmıştır.

Buradaki uygulamadan TKGM ve HGK başta olmak üzere kamu kurumları, tüm belediyeler, binlerce harita firması, altyapı ve mühendislik firmaları vd. yararlanmaktadır. Sistemin diğer kullanıcılarından bazıları şunlardır:

- Milli Savunma Bakanlığı,
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,
- Tarım, Orman ve Çevre Bakanlığı,
- İçişleri Bakanlığı,
- Kültür ve Turizm Bakanlığı,
- Ulaştırma Bakanlığı,
- Enerji Bakanlığı,
- İller Bankası,
- Afet İşleri Genel Müdürlüğü (deformasyon / deplasman belirlemesi),
- Deniz Müsteşarlığı,
- TCK,
- TCDDY,
- DSİ,
- TEDAŞ,
- GAP İdaresi,

- Askeri Kuruluşlar,
- vd.

Belediyeler sistemin önemli kullanıcılarından birisidir. Bu kuruluşlar hali hazır harita yapımında, imar planı yapım ve uygulamalarında, altyapı ve diğer mühendislik çalışmalarında, kamulaştırmada, ulaşımda vd. birçok uygulamada sistemi daha etkin olarak kullanacaktır.

Sistemin en önemli kullanıcıları, doğal olarak projenin ortak müşterileri olan TKGM ve HGK dir.

CORS-TR sayesinde ülke genelinde elde edilecek çok duyarlı koordinatlar, bilimsel çalışmalar ve araştırmalar için en önemli verilerden birisini oluşturmaktadır. Böylesine hassas verilerin kullanılabilceği bazı alanlar şunlardır:

- Deprem mühendisliği, jeofizik ve sismoloji çalışmaları,
- Depremlerin önceden bilinmesi ve erken uyarı çalışmaları,
- Deformasyon ve plaka hareketlerinin izlenmesi,
- Meteorolojik çalışmalar (troposfer ve iyonosferin modellenmesi; daha hassas meteorolojik tahminler, vb).

Yıllardır çözüm bekleyen ulusal datum dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi, bu proje ile çözüme kavuşmaktadır. ED50 datumundan ITRFyy datumuna geçiş 2001 yılında gerçekleşmesine rağmen bilhassa büyük ölçekli coğrafi verilerin dönüşümüne hizmet edecek ulusal dönüşüm parametreleri belirlenmemiştir.

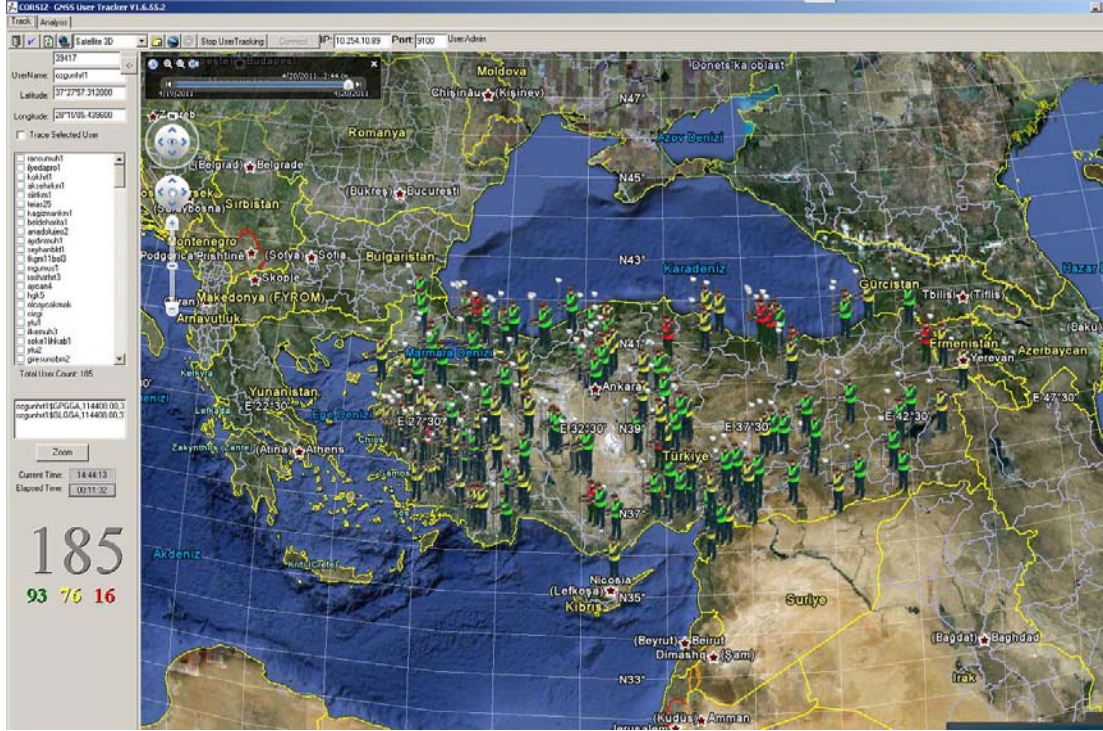
CORS-TR projesi kapsamında çözümlenecek hücresel dönüşüm parametreleri kullanılarak 1/5.000 ve daha büyük ölçekli hali hazır ve kadastral paftalar ile diğer coğrafi veriler, ITRFyy datumuna dönüştürülebilecektir. Böylece TKGM ve İller Bankası bünyesindeki 300,000 üzerindeki pafta ve harita-kadastro bilgilerinin koordinat dönüşümü sağlanacaktır (Uzel T. ve Eren K. 2010a).

2.6.2 Ekonomik Katkılar

CORS-TR sisteminin tamamen hizmete girmesinden itibaren son derece önemli ekonomik katkıları olacaktır. Bu somut katkıların bazıları aşağıda verilmektedir:

- 1) TKGM, Dünya Bankası kanalıyla yakın bir tarihte 220 milyon US Dolarlık kadastro yenilemesi çalışmalarına başlamaktadır. Bu çalışmaların %20'si jeodezik çalışmalar olup sadece bu kalemde yaklaşık 35 milyon Dolar tasarruf söz konusudur. Ayrıca buna yakın bir tasarrufun da kadastro ölçülerinden sağlanması söz konusudur.
- 2) Devlet Planlama Teşkilatı, Vatandaş Odaklı Hizmet Dönüşümü (VOHD) ve Kamu Yönetiminde Modernizasyon (KYM) programları çerçevesinde VOHD- 53 – Tapu ve Kadastro Kayıtları için 158 milyon TL ve KYM- 75 – Coğrafi Bilgi Sistemi Altyapısı Kurulumu için de 232 milyon TL ayırmış bulunmaktadır. CORS-TR kullanılarak bu çalışmalarda da en az % 20 tasarruf söz konusu olup bu da 39 milyon TL tutarında bir miktardır.
- 3) Türkiye’de 3000 üzerinde GPS / GNSS alıcısı bulunmaktadır. Bunların üretimi CORS-TR sayesinde en az 2 misli artacaktır. Sırf buradan da 100 milyon TL üzerinde bir tasarruf söz konusudur.
- 4) HGK, diğer askeri kuruluşlar, belediyeler ve öteki kullanıcılar göz önünde bulundurulduğunda CORS-TR'nin yıllık ekonomik katkısı yüzlerce milyon TL ile ifade edilebilir.

Sistemin kazandırdığı pratiklik, kolaylık, hız ve sürekliliğe yukarıda açıklanan ekonomik katkılar da eklendiğinde CORS-TR projesinin herkesin hayatına gireceği ve tarihe geçeceği açıkça söylenebilir. CORS-TR kullanıcılarını takip ettiğimi CORS-İZ programı da projenin kullanımının ne kadar yoğun olduğunu göstermektedir (Şekil 2.11) (Uzel T. ve Eren K. 2010a).



Şekil 2.11 CORS-İZ aracılığıyla izlenen CORS-TR kullanıcıları

3. GAMIT/GLOBK

Günümüzde GNSS verilerini değerlendiren birçok yazılım mevcuttur. Bu yazılımları ticari yazılımlar ve bilimsel yazılımlar olarak iki guruba ayırmak mümkündür. Ticari yazılımlar genellikle GNSS alıcıları ile birlikte satılan ticari firmaların kendileri tarafından üretilen ve pazarlanan yazılımlardır. THALES-ASHTECH firmasına ait ASHTECH Office Suit, Trimble firmasına ait Trimble Geomatic Office gibi yazılımlar bu tür yazılımlara örnek olarak verilebilir.

Bu yazılımlarla her türlü jeodezik GNSS ölçülerini değerlendirilebilmekte fakat yüksek hassasiyet isteyen jeodezik GNSS ölçümlerinin değerlendirilmesinde üniversiteler ya da teknoloji enstitülerince geliştirilmiş bilimsel yazılımlar kullanılmaktadır. Çünkü ticari yazılımlar kullanım kolaylığı ve kullanıcının daha az zamanda daha çok şey üretmesini sağlarken, aynı zamanda yazılımın çalışma prensibi bakımından bilinmeyenlerle dolu olmaları nedeni ile birer kara kutudurlar. Bu nedenle ticari yazılımlar bilimsel çalışmalar için ciddi sakıncalar doğurabilmektedirler.

Tektonik hareketlerden, deformasyon ölçümlerine kadar yüksek hassasiyet isteyen birçok jeodezik ölçmelerde kullanılan bilimsel yazılımlara örnek olarak, BERNESE, GAMIT/GLOBK, GIPSY/OASIS gibi yazılımlar verilebilir.

Bu tür yazılımlar genellikle kaynak kodlu GNSS yazılım paketlerindedir. Bunlardan GIPSY (GPS-Inferred Positioning System), 1985 yılında Jet Propulsion Laboratory (JPL) tarafından geliştirilmiştir. Yazılım birbirinden bağımsız iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım uzay araçları için geliştirilen yörünge belirleme yazılımından oluşur. İkinci kısım ise yerkabuğu dinamiği ve radyo dalgaları gecikmeleri modellemelerini kapsayan VLBI jeodezik yazılımından oluşur. Daha sonraları bu iki sisteme Kalman Filtreleme ile parametre tahmini ve interaktif veri editleme özellikleri eklenmiştir. Bu arada yazılıma ek özellikler eklenerek modüler hale getirilmiş ve OASIS adını almıştır (<http://www.unavco.org>). Diğer bir yazılım olan BERNESE yazılımı biraz daha karmaşık bir sistemdir. Sadece ölçüm işlemini değil aynı zamanda bir gökyüzü cismi olarak GNSS uydularının davranışları ve dünyanın bir gezegen oluşu gibi etmenlere bağlı olarak pek çok fiziksel etkiyi modellemektedir. Bu proje kapsamında verilerin değerlendirilmesi, Massachusetts Institute of Technology tarafından geliştirilen GAMIT (GPS Analysis Massachusetts Institute of Technology)/GLOBK yazılım takımı kullanılarak yapılmıştır.

Massachusetts Institute of Technology (MIT) Üniversitesi, Atmosfer ve Gezegen Bilimleri (Earth Atmospheric and Planetary Sciences-EAPS) bölümünden Prof.Dr. T.A. Herring, Dr. R.W. King, ve Dr. S.C. McClusky tarafından yazılan ve halen geliştirilmekte olan GAMIT/GLOBK yazılım paketi, GNSS gözlemleri ile yüksek doğruluklu bağıl konum belirleme için kullanılan genel amaçlı bir analiz sistemidir. Bu yazılım paketi iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan ilki GAMIT ikincisi ise

GLOBK yazılımıdır. GNSS verilerinin işlenmesinde önce GAMIT yazılımı kullanılır. GAMIT değişik alıcılardan toplanmış ölçmeler üzerinde işlemler yapmak, faz ve pseudorange ölçmelerini modellemek gibi özelliklere sahiptir. GLOBK yazılımında, temel olarak uydu-jeodezisi yardımı ile elde edilmiş ölçmelerin değerlendirilmesinden elde edilen çözümler bir araya getirilerek Kalman Filtresi uygulanması işlemi gerçekleştirilir. Bu asıl çözümlerin, birleşik çözümler içinde kısıtlamaların uniform şekilde uygulanmalarını sağlayacak şekilde küçük ağırlıklar ile elde edilmiş olmaları gerekir. Kalman Filtrelemesi, parametrelerin ardışık olarak kestirimini sağlayan bir yöntem sağlamaktadır. Verilen bir başlangıç durum vektörü ve kovaryans için Kalman Filtresi, durum vektörü ve kovaryansın kestirimini iyileştirmek için ek bilgileri kullanabilir. Ayrıca, Kalman Filtresinin ek bilgi olarak kabul ettiği kısıtlamaların yüksek apriori varyanslı bir durum vektörüne uygulanması durumunda Kalman Filtresi kısıtlamaların etkilerini yansıtan iyileştirilmiş bir durum vektörü ve kovaryans üretir. Genel olarak iki tip Kalman Filtresi dengelemesi gerçekleştirilir; bunlar, ölçmelerin ağırlıklı ortalamalarının ve hız gibi diğer model parametrelerinin ardışık kestirimlerini veren ileri çözüm ve ileri çözüme göre ölçme düzeltmelerinin saptanmasını sağlayan bir geri çözümdür. Bu olanakların kullanılabilmesi için, küçük değerlerle ağırlıklandırılmış apriori kısıtlamalar GAMIT'te tüm nokta koordinatlarına ve uydu durum vektörüne uygulanır. GAMIT'in nokta ve uydu vektör sonuçları, büyük varyanslı ve korelasyonlu bir kovaryans matrisine sahiptir, ancak yüksek oranlarda kısıtlanmış çözümlerin normal geometrik ilişkilerinin sürmesine de olanak sağlar. Örneğin, bir durum vektörü, üç nokta konumu üzerinde yüksek oranda kısıtlanmış bir Kalman Filtreleme Tekniği kullanarak birleştirilirse sonuçtaki çözüm vektörü GAMIT'te kestirilen modele lineer olarak yakın bir apriori model kullanılırsa aynı kısıtlamaları kullanarak saptanan çözümün aynısı olur. Bu teknik koordinatların eş zamanlı saptanması için birden fazla oturumdan gelen dengelemeleri birleştirmek yeteneğine sahiptir. Bununla beraber hem nokta hem de uydu parametrelerindeki farklı apriori kısıtlamaların kullanımının etkisini test etmek için etkin bir yöntemdir. Bu olanaklar özellikle farklı güvenilir ağların kullanılmasından çıkarılan dengelemelerin uniform olarak birleştirilmesinde kullanışlıdır. Eğer bir GNSS kampanyasında ayrı ayrı oturumlar için tüm uydu yörüngeleri aynı başlangıç koşullarından elde edilmişlerse, uydu yörüngelerindeki yüksek ağırlıklı kısıtlama uygulaması teorik olarak daha hassas

koordinat kestirimi sağlaması gereken çoklu oturum efemerisi kullanmaya eşdeğerdir. Zamana göre noktaların hızlarını tanımlayan parametreler bu çerçeveye kolayca oturtulabilir ve bu oranlarla ilgili nokta koordinat kestirimlerinin dağılımı oturumlar arasındaki nokta koordinatlarını serbest bırakmak için stokastik süreçler koyularak kestirilebilir (Gülal E. ve diğ. 2010a.).

3.1 CORS-TR Verilerin Değerlendirilmesi

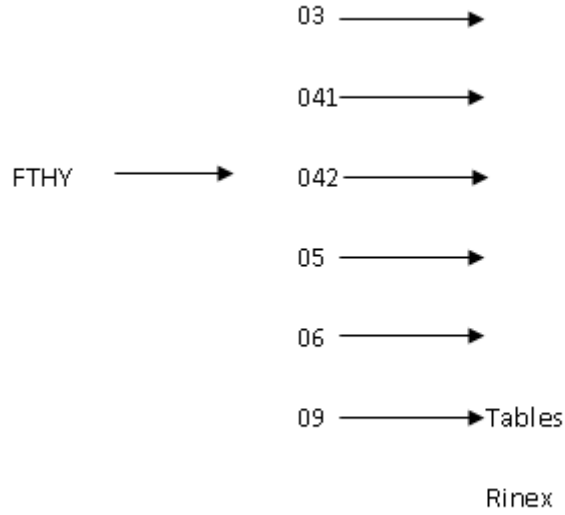
CORS-TR verilerinin değerlendirilmesi kısmında ise İKÜ tarafından desteklenmekte olan “CORS-TR Sistemi ile Bölgesel İyonosfer Modellemesi ve Yer kabuğu Hareketlerinin İzlenmesi (IYO-TEK)” projesi kapsamında YTÜ’den Doç. Dr. Engin Gülal’ın koordinatörlüğünü yaptığı ve İKÜ’den Dr. Ahmet Anıl Dindar ve bu çalışmanın yazarı, AKÜ’den Araş. Gör. İbrahim Tiryakioğlu’ nun araştırmacı/bursiyer olarak çalışmalara katıldığı WP200 grubunun yapmış olduğu çalışmalarda belli sonuçlar elde edilmiştir.

CORS-TR verilerinin değerlendirilmesine 22 Kasım–5 Aralık 2009 tarihleri arasında Amerika Birleşik Devletleri Massachussets Teknoloji Enstitüsü (Massachussets Institute of Technology- MIT) Yer, Atmosfer ve Gezegen Bilimleri binasında (Earth Atmospheric and Planetary Sciences-EAPS) yapılan GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla GNSS verilerinin değerlendirilmesi isimli çalıştayda başlamıştır. Çalıştaya WP200 grubundan İbrahim Tiryakioğlu ve Ahmet A. Dindar katılmıştır. Aralık 2010 ayı içerisinde yapmış olduğumuz çalışmalarla da belli sonuçlar elde edilmiştir.

CORS-TR verilerinin düzenli olarak elde edilmeye başlandığı 2008 yılı Ekim ayından başlamak üzere 2010 yılı Ekim ayına kadar her ayın üçüncü haftasından 7 günlük CORS-TR verileri değerlendirilmiştir.

Analizler sırasında kullanılan klasör yapısı aşağıda verilmiştir (Şekil 3.1). Burada oluşturulacak en dış klasöre proje adı verilerek başlanmalıdır. Proje klasörü proje adını ifade eden 4 karakterden oluşmaktadır. Bu klasörün içine ölçüm yıllarına ait klasörler, her yıl klasörünün içine ise bir tane “rinex” klasörü açılmıştır.

Her yıl klasörünün içinde ayrıca “tables” klasörü GAMIT’in içinde yer alan komutlar yardımıyla oluşturulmuştur.



Şekil 3.1 GAMIT Klasör Yapısı

Tables klasörü, GAMIT yazılımının verileri değerlendirmek için ihtiyaç duyduğu, ay ve güneş efemeris bilgileri (luntap, soltab files) ile istasyonlar hakkında bilgilerinin (anten ve alıcı tipi, anten yüksekliği, başlangıç koordinatları) dosyalarını içermektedir. Rinex klasörünün içine GNSS ölçümleri yapılan noktalara ait “o” uzantılı rinex gözlem verileri yerleştirilmektedir. Proje kapsamında 27 GNSS noktasına ait rinex veri ile bölgede bulunan 16 adet CORS-TR istasyonuna ait rinex veri bu klasöre yerleştirilmiştir. 2008, 2009 ve 2010’ da değerlendirme yapılan günler Tablo 2’ de gösterilmiştir.

Tablo 2. Değerlendirme yapılan günler

Aylık periyotla 7 Gün		
2008	2009	2010
271-277	15-21	15-21
301-307	45-51	45-51
331-337	75-81	75-81
	105-111	105-111
	135-141	135-141
	165-171	165-171
	195-201	195-201
	225-231	225-231
	255-261	255-261
	285-291	
	315-321	
	345-351	

Temel olarak GAMIT tables klasörü içinde bulunan üç adet parametre dosyalarını analiz esaslarına uygun hale getirmemiz gerekmektedir. Bunlar “station.info”, “process.defaults” ve “site.defaults” dosyalarıdır (Şekil 3.2-3-4). 2009 yılı için hazırlanan station.info, site.defaults, process.defaults dosyalarından örnekler aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

*SITE	Station Name	Session Start	Session Stop	Ant	Ht
HtCod	Ant N	Ant E	Receiver Type	Antenna Type	
AFYO	Kayada Bronz	2009 257 0 0 0	2009 258 0 0 0	1.3423	
DHARP	0.0000 0.0000	ASHTECH Z-X		ASH701975.01A	
AKSU	Tutga Bronz	2009 254 0 0 0	2009 255 0 0 0	1.9817	
DHTGP	0.0000 0.0000	THALES Z-MAX		THA_ZMAX+RCVR	
ANT2	Tutga Bronz	2009 251 0 0 0	2009 252 0 0 0	1.6432	
DHTGP	0.0000 0.0000	THALES Z-MAX		THA_ZMAX+RCVR	

Şekil 3.2 Station.info dosya yapısı

```
# File to control the use of stations in the processing
#
# Format: site expt keyword1 keyword2 ....
#
# where the first token is the 4- or 8-character site name (GAMIT uses only
# 4 characters, GLOBK allows only 4 unless there are earthquakes or renames),
# the second token is the 4-character experiment name, and the remaining
# tokens, read free-format, indicate how the site is to be used in the processing.
# All sites for which there are RINEX files in the local directory will be used
# automatically and do not need to be listed.
#
# GAMIT:
# ftprnx = sites to ftp from rinex data archives.
# ftpraw = sites to ftp from raw data archives.
# localrx = sites names used to search for rinex files on your local system.
#          (required in conjunction with rnxrfd path variable set in process.defaults).
# xstinfo = sites to exclude from automatic station.info updating.
# xsite   = sites to exclude from processing, all days or specified days
# GLOBK:
# glrepu = sites used in the GLRED repeatability solution (default is to use all)
# glreps = sites used for reference frame definition (stabilization) in
#          GLOG for the GLRED repeatability solution (default is IGS list)
# glts   = sites to plot as time series from GLRED repeatability solution (default is all)
#
# may use the following
# all_sites ftbr xstinfo
# individual station commands will override all_sites if they follow it
mate_gps ftbr ftprnx xstinfo glrepu glreps glts
ankr_gps ftbr ftprnx xstinfo glrepu glreps glts
kit3_gps tubi ftprnx xstinfo glrepu glreps
nssp_gps ftbr ftprnx xstinfo glrepu glreps
graz_gps tubi ftprnx xstinfo glrepu glreps glts
noto_gps tubi ftprnx xstinfo glrepu glreps
nico_gps ftbr ftprnx xstinfo glrepu glreps glts
sofi_gps ftbr ftprnx xstinfo glrepu glts
zeck_gps ftbr ftprnx xstinfo glrepu
zwen_gps tubi ftprnx xstinfo glrepu glreps
bahr_gps tubi ftprnx xstinfo glrepu
tela_gps ftbr ftprnx xstinfo glrepu glts
tubi_gps ftbr ftprnx xstinfo glrepu glts
ista_gps ftbr ftprnx xstinfo glrepu glts
trab_gps ftbr ftprnx xstinfo glrepu glts
```

Şekil 3.3 Site.defaults dosya yapısı


```

## RESOURCES
# Minimum raw disk space in Mbytes
set minraw = '100'
# Minimum rinex disk space in Mbytes
set minrinex = '100'
# Minimum archive disk space in Mbytes
set minarchive = '100'
# Minimum working disk space in Mbytes
set minwork = '500'

## SYSTEM-DEPENDENT SETTINGS
# UNIX df command must be set to return the correct form
# Most machines (
set udf = 'df -mk'
# but note that if you have free > 1 Tb, you will need to change this to Mb
# set udf = 'df -m'
# HP
# set udf = 'bdf'
# UNIX mail command
# Most machines
set umail = 'mail -s'
# HP
# set umail = 'mailx -s'
# Mail address for sending the processing report (if '' will default to 'whoami' in sh_gamit)
set mailto = 'itiryakioglu'
# Host name for email and anonymous ftp password use (if '' will default to 'hostname' in sh_gamit)
set machine = 'aku.edu.tr'
# Ghostscript path
set gspath = '/usr/bin'
# ImageMagick path fir gif conversion
# set impath = '/usr/bin/X11'
set impath = '/usr/bin'

```

Şekil 3.4 Process.defaults dosya yapısı

GAMIT, C shell programlama dili kullanılarak oluşturulan ve ara yüzü olmayan sadece kabuk komutlarıyla çalışan bir yazılımdır. Bu nedenle verilerin çözümüne başlamadan önce kullanılacak sinyal türü (L1&L2, L2_ONLY, L1_ONLY vb.), çözüm şekli (Baseline, Relax, Orbit), iyonosferik zorlamalar vb. gerekli olan model parametreleri tables klasörü içinde bulunan “sestbl” dosyasında tanımlanarak yazılımda GNSS verileri işlenmeye başlanmır. Çözüm için kurulan modelin doğruluğu kontrol etmek için postfit.nrms değerleri elde edilir. Bu değer $0.15 < nrms < 0.25$ arasında olduğu zaman kurulan modelin doğruluğu ve ölçülerin gürültü seviyelerinin kabul edilebilir seviyede olduğu kabul edilir.

Kurulan model için diğer bir kontrol aşaması da tüm çözümlerin özet dosyası olan autcln.post.sum.XXXX dosyasının incelenmesidir. Bu dosya içinde GNSS ölçüsü yapılan noktalara ait mesafe ve saat gürültü istatistikleri (clock and range noise), çiftli fark sapmaları (Double Difference), ölçü noktalarının uydulardan aldıkları verileri istatistikleri vardır. İlk yapılacak kontrol Allan SD@100 değeridir. Bu değer her GNSS ölçümü yapılan nokta için 50 ppb'den (parts per billion-milyarda bir) Atomik oskilatörlü saatlere sahip alıcılarda ise 1 ppb den küçük olması beklenir. Çünkü sezyum, rubidyum ve hidrojen maser gibi atomik oskilatörlü saatler (10^{-13} – 10^{-15}) gibi yüksek hassasiyetlere sahiptir. Bu değer beklenen değerlerden büyük

olması kötü faz ölçüsü anlamına gelmemektedir. Fakat bu değerlerin yüksek olduğu noktalarda faz kesikliklerinin (cycle slips) olma ihtimalini ve bu faz kesikliklerinin düzeltilmemeye ihtimallerini arttırdığı bilinmektedir. İkinci yapılacak kontrol, istasyonların Range rms değeridir. P kod için Anti-spoofing olmadan alıcılarda bu değer metre altında olması beklenir. Anti-spoofing altında bu değer 1000-2000m olmalıdır. Bu değerlerin üzerinde bir değer varsa o nokta için öncül nokta koordinatlarının gerçek koordinatlarından 10m daha fazla hatalı olduğu yada noktaya ait rinex dosyasında hata olduğu düşünülmelidir.

GAMIT, bu noktayı hesaba katmayacak ve ilerleyen safhalarda koordinatları hesaplamayacaktır. Bu durumda hatalı olan noktanın koordinatları düzeltilerek o güne ait işlem tekrar başlatılmalıdır.

Bu kontrollerde herhangi bir sorun çıkmadığı için GAMIT çözümü tamamlanmıştır. Bundan sonraki ilk aşama GNSS ölçümü yapılan noktalara ait günlük ve yıllık tekrarlılıklar üretmektir.

Yıllık tekrarlılıkları ürettikten sonra stabilizasyon ve hız belirleme aşamalarına geçilebilir. Bu çalışmada Anadolu plakası merkez olacak şekilde yaklaşık 1000km çapında bulunan 17 IGS istasyonundan yıllık tekrarlılıkları istikrarlı olan (yatay konum için wrms değeri 1-2mm, nrms değeri 1mm) 12 tanesi kullanılmıştır. Kullanılan stabilizasyon noktaları Tablo 3' de verilmiştir.

Tablo 3. Değerlendirmeye katılan IGS istasyonları ve farklı stabilizasyonda kullanılan noktalar

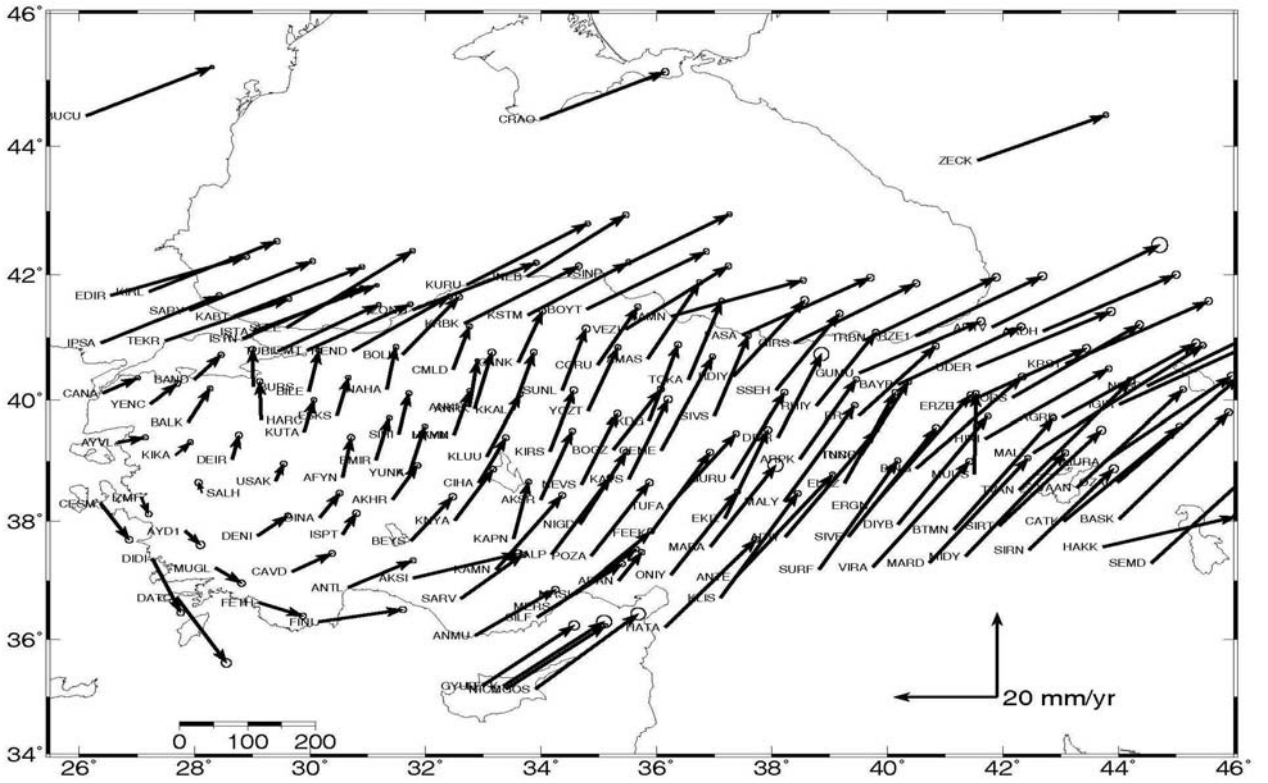
Nokta No	IGS İstasyonları	Avrasya Stab.	ITRF05 Stab.	Anadolu Stab.
1	MATE	ANKR	NSSP	AKDG
2	ANKR	NSSP	TELA	NIGD
3	NSSP	NICO	RAMO	ANRK
4	NICO	TUBI	ISTA	NEVS
5	MERS	ISTA	ANKR	KAYS
6	CRAO	BAKU	NICO	POZA
7	TUBI	SOFI	BUCU	SUNL
8	RAMO	TELA	SOFI	YZGT
9	KUWT	BUCU		HALP
10	ISTA			KLUU
11	BAKU			MRSI
12	GLSV			ANMU
13	SOFI			
14	HRRN			
15	LAUG			
16	TELA			
17	TEHN			
18	BUCU			
19	GRAZ			
RMS		1.4 mm	1 mm	0.89 mm

Çalışma bölgesinde bulunan lokal ağın GAMIT çözümleri (H dosyaları) ile daha büyük ve global bir ağın çözümlerini birleştirmek istenebilir. Bu durumda SOPAC veya MIT tarafından IGS istasyonlarının GAMIT çözümleri yapılarak H dosyaları oluşturulan ağlarla birleştirme yapılmalıdır. Değerlendirmelerde MIT tarafından oluşturulan H dosyaları kullanılmıştır.

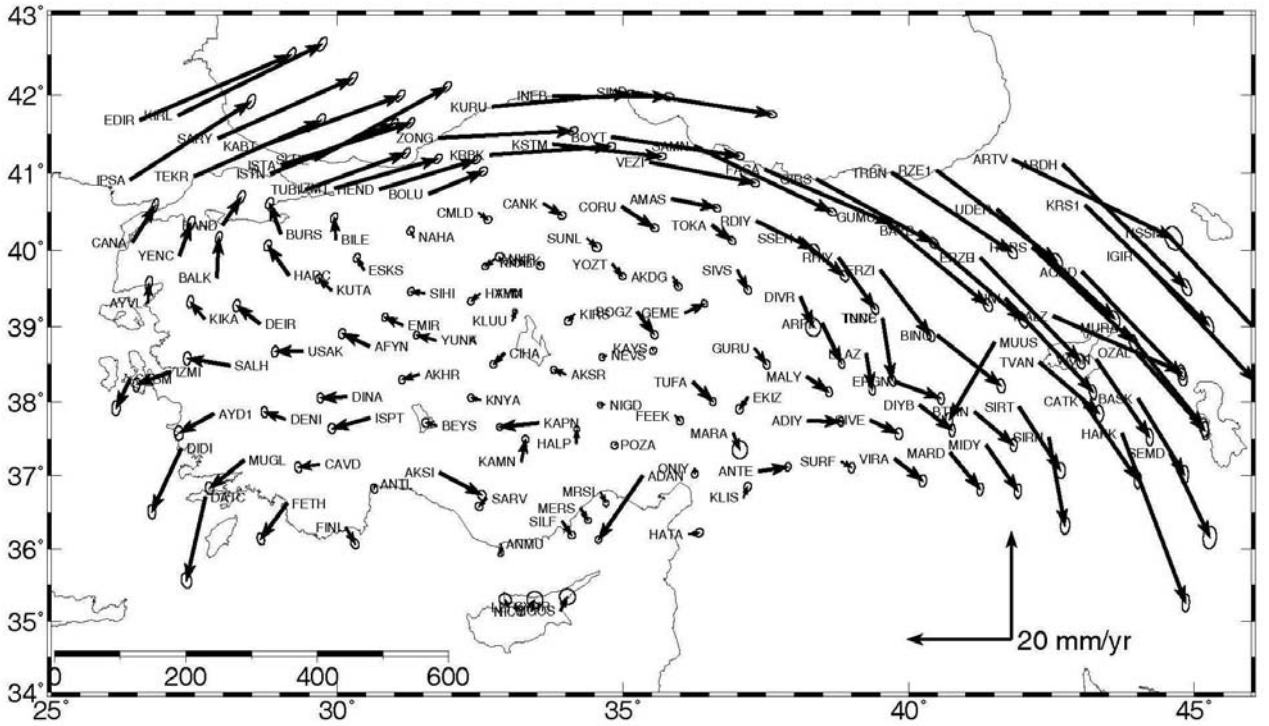
Vsoln klasörü içinde gdl, globk_vel.cmd ve glorg_vel.cmd dosyaları oluşturulduktan sonra globk aşamasına geçilebilir. globk 6 komutu çalıştırılarak ölçü yapılan noktalara ilişkin hızlar elde edilir.

GLOBK stabilizasyon için seçilen tüm noktaları kullanmayabilir. Yapacağı 4 iterasyon sonucunda en iyi sonuç veren noktaları stabilizasyon için kullanılmıştır. Stabilizasyon için kullanılacak nokta sayısı ne kadar fazlaysa sonuç o kadar iyi olacaktır. Stabilizasyon için kalan nokta sayısının en az 7 olması gerekmektedir (McClusky, 2010-kişisel iletişim).

CORS-TR verilerinin değerlendirme sonucu elde edilen hız değerleri ek olarak verilmiştir.Oluşan Avrasya sabit hız alanı, ITRF05 hız alanı, Anadolu sabit hız alanı haritaları da Şekil 3.5-6-7' de verilmiştir (Gölal E. ve diğ., 2010c).



Şekil 3.6 ITRF05 hız alanı



Şekil 3.7 Anadolu sabit hız alanı

4. TÜRKİYE TEKTONİK PLAKA HAREKETLERİNİN GÖRSELLEŞTİRİLMESİ

Bu çalışmanın ana amacı olan Türkiye tektonik plaka hareketlerinin görselleştirilmesi bu bölümde değerlendirilecektir. CORS-TR Projesi'nin başlamasından projenin işleyişinden sonucuna kadar olan kısmını yukarıdaki bölümlerde özetlemeye çalışılmıştır. Projenin ülke ekonomisine katkılarının yanı sıra bilimsel çalışmalara da ışık tutacağı çeşitli raporlarda ifade edilmiştir.. Bu raporlardan bir tanesi bu çalışmanın yazarının da içerisinde bulunduğu İKÜ tarafından desteklenmekte olan “CORS-TR Sistemi ile Bölgesel İyonosfer Modellemesi ve Yerkabuğu Hareketlerinin İzlenmesi (IYO-TEK)” projesi kapsamında YTÜ’ den Doç. Dr. Engin Gülal’ ın koordinatörlüğünü yaptığı ve İKÜ’ den Dr. Ahmet Anıl Dindar ve Haluk YILMAZ’ın; AKÜ’ den Araş. Gör. İbrahim Tiryakioğlu’ nun araştırmacı/bursiyer olarak çalışmalara katıldığı WP200 grubu tarafından hazırlanmıştır. Bu çalışmada ise bu raporlardan elde edilen sonuçlardan plaka üzerindeki hız vektörlerinin ve oluşan hata elipslerinin görsel hale getirilmesi kısmı geliştirilmiştir. Modelleme kısmında ise MATLAB içinde bulunan Mapping Toolbox ve MATLAB için geliştirilen açık kaynak kodlu Google Earth Toolbox aracılığıyla Google Earth üzerlerinde kullanılmıştır. MATLAB’de ve GAMIT/GLOBK’da işlenmiş verilerden elde edilen .org uzantılı ASCII formatındaki sonuç dosyalarını okutup ve modellemede kullanılması gereken kısımları daha kolay kullanılabilir hale getirmek için .xls uzantılı Excel dosyası haline dönüştürülmüştür. Oluşan Excel dosyasını yine MATLAB içerisinde “Mapping Toolbox” kısmında okutarak MATLAB tabanlı haritalar üzerinde hız vektörlerini ve hata elipsleri görselleştirilmiştir. Daha aktif olabilmesi ve herkes tarafından kullanılabilmesi açısından yine MATLAB’ de googleearth toolbox’ı kullanarak hareketleri Google Earth üzerinden de görselleştir gerçekleştirilmiştir. Google Earth’ de oluşan görsel .kml uzantılı olduğu için paylaşım amacıyla bir internet sayfası üzerinden de sağlanmaktadır. Sonuç olarak internet üzerinden herkesin rahatlıkla görebileceği milyonlarca insanın çok sık kullandığı internet üzerinden Türkiye tektonik plaka hareketinin görselleştirmesi heeflenmiştir.

4.1 MATLAB

MATLAB, açılımı Matrix Laboratory (matris laboratuvarı) olan, Mathworks firmasının oluşturduğu teknik bir programlama dilidir. Word, Excel, Powerpoint, Photoshop gibi sınırları kesin olarak belirlenmiş, sabit bir amaç için kullanacağınız bir program değil, amacınıza ulaşmak için yönlendireceğiniz ve bu sırada size yüksek performansa sahip çeşitli araçlar ile inanılmaz düzeyde destek verecek olan bir programlama dilidir. MATLAB, kontrol, görüntü işleme, istatistik, optimizasyon, finans, bulanık kontrol, sinir ağları, grafik, veri tabanı, Web sunucu gibi farklı araç kutularına (toolbox) sahiptir (İnan A., 2007).

MATLAB'in genel kullanım alanları aşağıdaki gibi verilebilir:

- Matematik ve hesaplama işlemleri
- Algoritma geliştirme ve programlama
- Veri analizi
- Bilimsel ve mühendislik grafikleri
- Grafik kullanıcı ara yüzü (GUI)
- Modelleme, benzetim (simülasyon) ve ürün örnekleme
- Gerçek dünya ile tümleşik çalışma ve kontrol uygulamaları
- Uygulama geliştirme

MATLAB, teknik hesaplama için alçak düzeyli bir dildir; kod, dosya ve veri yönetimi için geliştirme ortamıdır; problem tasarımı ve çözümü için interaktif araçlar sunar; lineer cebir, istatistik, fourier analizi, optimizasyon, integral vb. konularda matematiksel fonksiyonlara ve veri gösterimi için 2 ve 3 boyutlu grafik fonksiyonlarına sahiptir. Grafik kullanıcı arayüzüyle görsel programlama imkanı verir; C, C++, Fortran, Java programlama dilleri ve Microsoft Excel ile tümleşik çalışabilir (Emre Ç. A., 2006).

Yüzlerce hazır fonksiyon vardır; bunlar kullanılarak kısa zamanda çok karmaşık problemler çözülebilir. Veri gösterim ve grafik özellikleri bakımından eşsiz

özellikleri vardır. Ayrıca, MATLAB programlarınızı diğer kullanıcılara dağıtmak veya satmak için çalıştırılabilir kodlara (*.exe) dönüştürmek de olasıdır.

Tez çalışmamda MATLAB' in bir çok fonksiyonundan faydalandım. Dosya okutma ve başka türde dosya haline dönüştürme, fonksiyonlar ve döngüler yaratarak MATLAB' in toolboxları içerisinde çeşitli modellemeler yaratma ve çalışmalarını daha interaktif hale getirme gibi.

4.1.1 MATLAB' de Görselleştirme

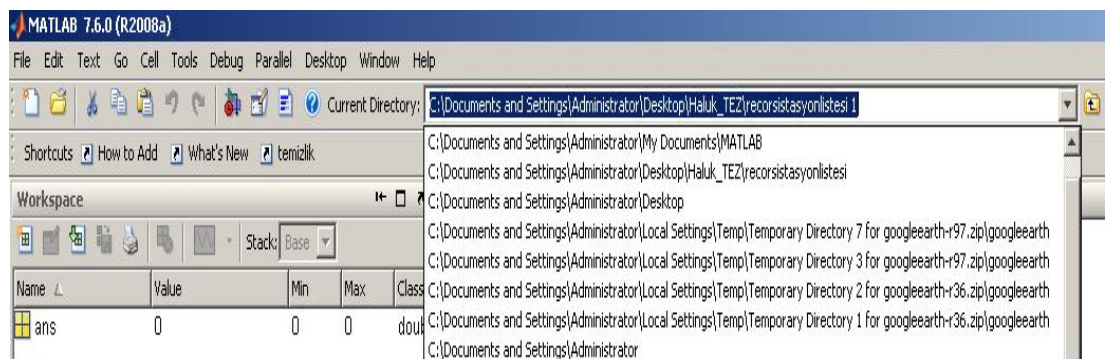
MATLAB' da hız vektörlerini Türkiye haritası üzerinde gösterirken MATLAB' in birçok fonksiyonundan faydalandı. Bu bölümde modelleme aşamasında kullanılan MATLAB kodları açıklanmaktadır.

4.1.1.1 Dosyaların Seçilmesi ve Okunması

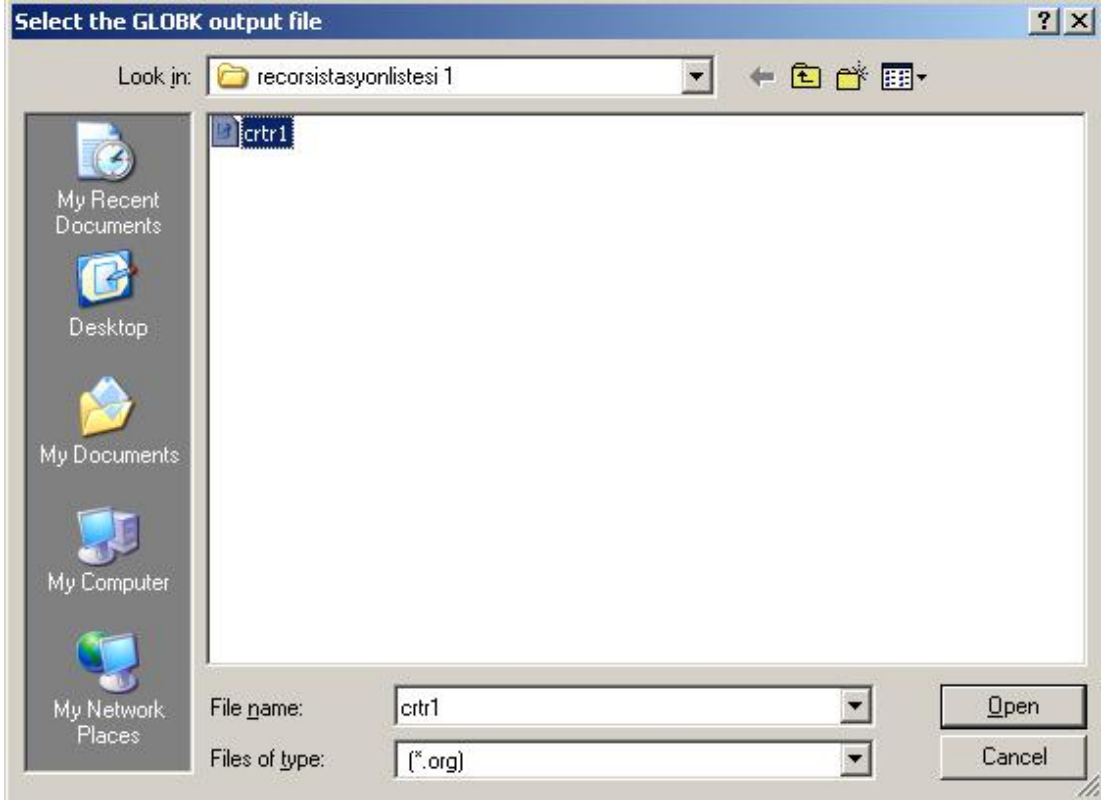
Bu aşamada 'uigetfile' komutu ile dosya seçme işlemine başladık. Kodu kısaca tanımlayacak olursak; geçerli dizin (current directory)' de bulunan, bu çok önemlidir, eğer doğru dizinde değilsek yaptığımız işlemler bize hata verir (Şekil 4.1). klasörü açar ve kod içerisinde tanımlanmış olduğumuz veri dosyalarını bize sıralar. Globk sonuç dosyalarını içeren .org uzantılı dosyayı seçmemize yarar (Şekil 4.2)

Bu aşamada oluşturduğumuz kod ise şu şekildedir:

```
[FileName,PathName] = uigetfile('*.*','Select the GLOBK output file');
```



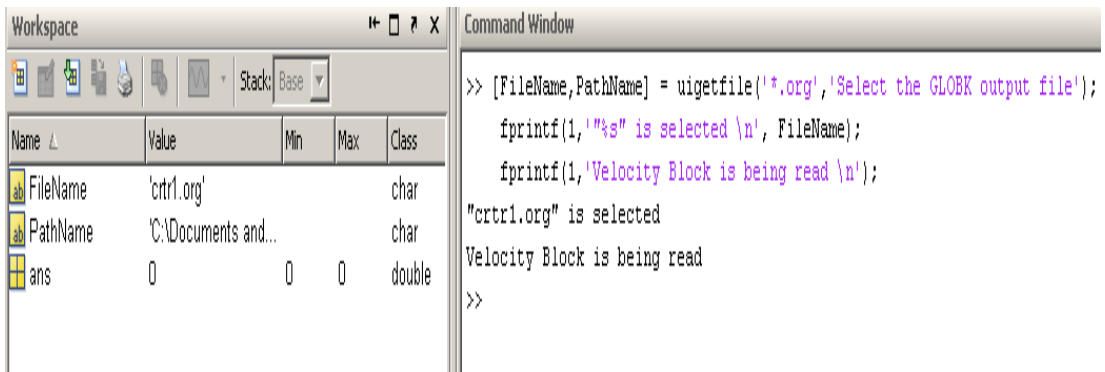
Şekil 4.1 Geçerli Dizin



Şekil 4.2 'uigetfile' ile dosya seçimi

Fonksiyonumuzun formatlı olarak gösterilmesinde ise 'fprintf' komutunu kullandık.

Genel yazım biçimi, fprintf('Metin %format\n' , değişken_adi) şeklindedir. Biz burada kaçış (kontrol) kodumuzu, yeni bir satırla başlar (\n) ile dönüşüm kodumuzu ise %s ile tanımladık. Böylece dosya seçme işlemimiz sonuçlanmış oldu (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Dosya seçme işleminin son hali.

Dosya okutma işlemi modellememizin en önemli kısmını oluşturmakta, elimizde olan Şekil 4.4'de de gözüken Globk sonuç dosyasında kullanmamız gereken satır ve sütunları tanımlayıp onları düzenli bir halde Excel dosyasının içerisine yerleştirmek için birçok kod kullandık bunları kısa açıklamaları ile birlikte açıklayacağım, bu aynı zamanda dosya okutma sırasındaki işlem aşamalarını da vermektedir.

- fopen: daha önce oluşturulmuş dosyaları açmak için kullanılır. Genel yazım biçimi, ifade= fopen ('dosyaadi', 'izin')
- Tarama başlaması için: block_flag=0 ; bu bloğun içine girildiğini gösteren bir parametredir, counter_1=1 ; bloğun kenara alınmasındaki satır değişkeni.
- Bloğun içine girme ve çıkma testi, blok içindeyken bilgilerin kenara kaydedilmesi, satır numarasının artırılması işlemleri için oluşturulan döngüleri ise kodlarında içerisinde olacağı ekte sunacağım. Bu döngü aynı zamanda gerekli satırların seçilip bir kenara kaydedilmesi işlemi anlamına da gelmektedir (Şekil 4.5).
- Son olarak şekil 4.6' da görüldüğü gibi istasyon isimleri kaydedilmiştir.

The screenshot shows a WordPad window titled 'ctrl1 - WordPad' with a menu bar (File, Edit, View, Insert, Format, Help) and a toolbar. The main text area contains two sections of data:

The first section is a list of files with columns for file path, and four numerical values, followed by the word 'USED'.

File Path	1.000	0.000	0.256	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009151200_ct01.glx	1.000	0.000	0.476	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009151200_ct02.glx	1.000	0.000	0.319	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009151200_ct03.glx	1.000	0.000	0.169	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009161200_ct01.glx	1.000	0.000	0.287	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009161200_ct02.glx	1.000	0.000	0.358	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009161200_ct03.glx	1.000	0.000	0.199	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009171200_ct01.glx	1.000	0.000	0.291	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009171200_ct02.glx	1.000	0.000	0.383	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009171200_ct04.glx	1.000	0.000	0.246	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009181200_ct01.glx	1.000	0.000	0.283	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009181200_ct02.glx	1.000	0.000	1.034	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009181200_ct03.glx	1.000	0.000	0.382	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009181200_ct04.glx	1.000	0.000	0.469	-1.000	USED
/home/geo/crtr/2010/glbh/h1009181200_ct05.glx	1.000	0.000	0.348	-1.000	USED

The second section is titled 'SUMMARY VELOCITY ESTIMATES FROM GLOBK Ver 5.17' and contains a table with columns for Long., Lat., E & N Rate, E & N Adj., E & N +-, RHO, H Rate, H adj., +- and SITE.

Long. (deg)	Lat. (deg)	E & N Rate (mm/yr)	E & N Adj. (mm/yr)	E & N +- (mm/yr)	RHO	H Rate (mm/yr)	H adj. (mm/yr)	+-	SITE			
51.334	35.697	0.12	3.74	0.12	3.74	0.24	0.20	-0.198	-2.62	-2.62	0.63	TEHN_GPS*
49.814	40.372	5.89	-3.86	5.89	-3.86	0.35	0.38	0.005	-1.31	-1.31	1.54	BAKU_GPS
47.971	29.325	2.44	16.36	2.44	16.36	0.88	0.73	-0.095	-2.84	-2.84	3.31	KUWT_GPS
44.574	37.305	-0.22	13.12	-0.22	13.12	1.23	1.30	0.022	-10.82	-10.82	5.88	SEMP_GPS
44.503	40.226	3.83	2.81	1.65	-4.61	0.46	0.48	0.016	-8.28	-9.47	1.68	NSSP_GPS
44.018	39.929	3.61	2.22	3.61	2.22	0.30	0.34	0.008	-5.02	-5.02	1.37	IGIR_GPS
44.017	38.043	-4.57	11.34	-4.57	11.34	0.31	0.34	-0.003	-7.26	-7.26	1.52	BASK_GPS
43.989	38.657	-2.21	10.99	-2.21	10.99	0.26	0.29	0.002	-2.68	-2.68	1.15	OZAL_GPS
43.763	38.990	-0.90	6.56	-0.90	6.56	0.33	0.37	-0.003	-6.97	-6.97	1.58	MURA_GPS
43.739	37.574	-0.04	-6.43	-0.04	-6.43	0.30	0.33	-0.000	-5.45	-5.45	1.39	HAKK_GPS
43.283	38.565	-4.46	8.67	-4.46	8.67	1.00	1.09	-0.057	-4.67	-4.67	4.73	VAAN_GPS
43.093	40.588	2.91	1.30	2.91	1.30	0.30	0.34	-0.009	-5.11	-5.11	1.35	KRS1_GPS
43.061	38.007	-3.39	8.71	-3.39	8.71	0.30	0.32	-0.001	-3.82	-3.82	1.58	CATK_GPS
43.033	39.718	0.60	3.98	0.60	3.98	0.33	0.37	0.019	-2.35	-2.35	1.47	AGRD_GPS
42.699	41.111	1.06	-0.08	1.06	-0.08	0.31	0.36	0.005	-6.01	-6.01	1.38	ARDH_GPS
42.531	39.143	7.53	11.73	7.53	11.73	0.25	0.28	-0.004	11.28	11.28	1.20	MALZ_GPS
42.457	37.525	-9.69	5.58	-9.69	5.58	0.36	0.39	-0.005	-1.35	-1.35	1.58	SIRN_GPS
42.290	38.529	-4.14	11.98	-4.14	11.98	0.31	0.35	-0.004	-8.97	-8.97	1.45	TVAN_GPS
42.167	40.042	-0.35	3.63	-0.35	3.63	0.30	0.33	-0.014	-5.54	-5.54	1.33	HORS_GPS
41.936	37.932	-6.10	8.62	-6.10	8.62	0.35	0.39	-0.039	1.78	1.78	1.93	SIRT_GPS
41.818	41.175	7.86	6.10	7.86	6.10	0.63	0.73	-0.020	-10.50	-10.50	3.21	ARTV_GPS
41.696	39.369	-1.37	2.76	-1.37	2.76	0.26	0.29	-0.009	-4.45	-4.45	1.21	HINI_GPS
41.565	43.788	1.90	-2.43	2.33	-2.99	0.32	0.34	0.050	-3.13	-4.11	1.09	ZECK_GPS*
41.548	40.531	1.30	-0.33	1.30	-0.33	0.34	0.39	0.006	-3.26	-3.26	1.67	UDER_GPS

Şekil 4.4 Globk sonuç dosyası

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	SUMMA...								
2	Long. ...								
3	(deg) (...								
4	51.334 ...								
5	49.814 ...								
6	47.971 ...								
7	44.574 ...								
8	44.503 ...								
9	44.018 ...								
10	44.017 ...								
11	43.989 ...								
12	43.763 ...								
13	43.739 ...								
14	43.283 ...								
15	43.093 ...								
16	43.061 ...								
17	43.033 ...								
18	42.899 ...								

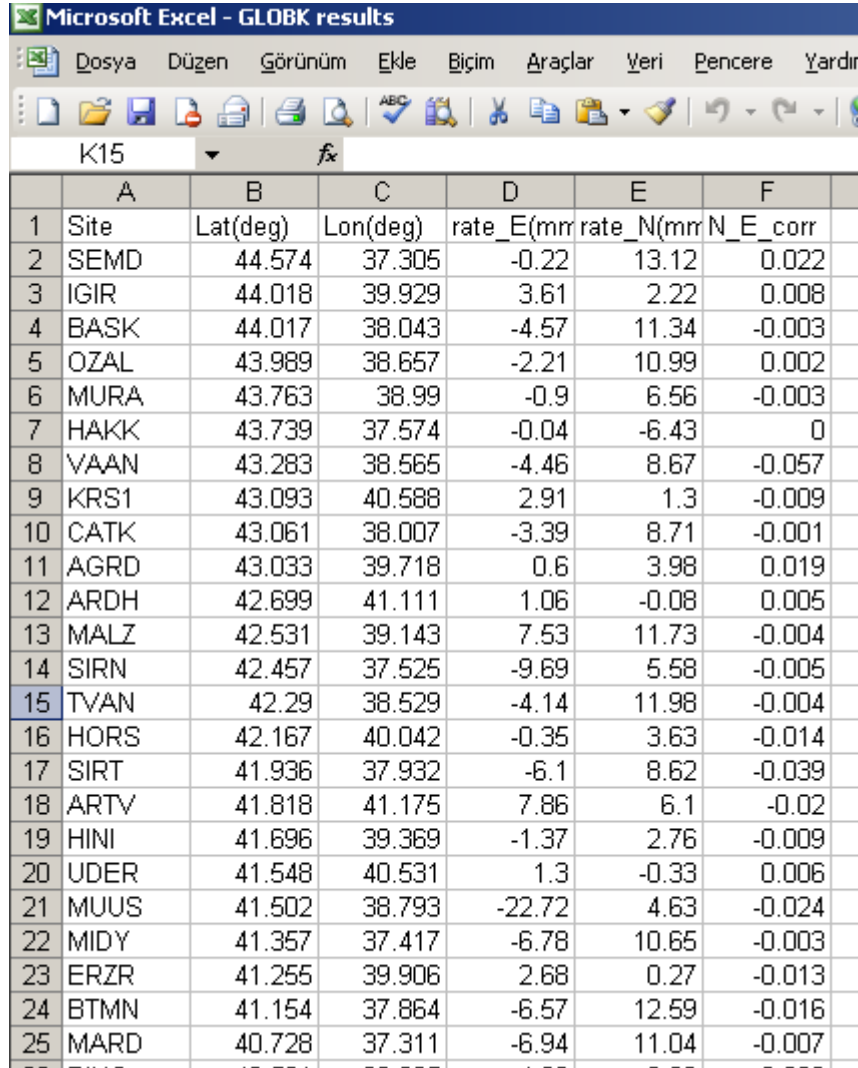
Şekil 4.5 Dosyadan gerekli verilen kaydedilmesi

1	ADAN
2	ADIY
3	AFYN
4	AGR
5	AKDG
6	AKSR
7	AKHR
8	AKSI
9	ERGN
10	AMAS
11	ANMU
12	HATA
13	ANTL
14	ARPK
15	ARDH
16	ARTV
17	AYD1
18	AYVL
19	BALK
20	BTMN

Şekil 4.6 İstasyon isimlerinin kaydedilmesi

4.1.1.2 Dosyaların Yazdırılması

Globk sonuç dosyasından almış olduğumuz, modelleme kısmında kullanılması gereken verileri Excel dosyasına aktarma işleminde 'xlswrite' komutunu kullanılmıştır. Genel olarak yazma biçimi xlswrite(dosya ismi, çarşaf) şeklindedir. Belirlemiş olduğumuz dosya adına daha önceden kaydedilmiş olan verileri, düzenli bir şekilde Excel formatına dönüştürülmesi sağlanmıştır. (Şekil 4.7)



	A	B	C	D	E	F
1	Site	Lat(deg)	Lon(deg)	rate_E(mm)	rate_N(mm)	N_E_corr
2	SEMD	44.574	37.305	-0.22	13.12	0.022
3	IGIR	44.018	39.929	3.61	2.22	0.008
4	BASK	44.017	38.043	-4.57	11.34	-0.003
5	OZAL	43.989	38.657	-2.21	10.99	0.002
6	MURA	43.763	38.99	-0.9	6.56	-0.003
7	HAKK	43.739	37.574	-0.04	-6.43	0
8	VAAN	43.283	38.565	-4.46	8.67	-0.057
9	KRS1	43.093	40.588	2.91	1.3	-0.009
10	CATK	43.061	38.007	-3.39	8.71	-0.001
11	AGRD	43.033	39.718	0.6	3.98	0.019
12	ARDH	42.699	41.111	1.06	-0.08	0.005
13	MALZ	42.531	39.143	7.53	11.73	-0.004
14	SIRN	42.457	37.525	-9.69	5.58	-0.005
15	TVAN	42.29	38.529	-4.14	11.98	-0.004
16	HORS	42.167	40.042	-0.35	3.63	-0.014
17	SIRT	41.936	37.932	-6.1	8.62	-0.039
18	ARTV	41.818	41.175	7.86	6.1	-0.02
19	HINI	41.696	39.369	-1.37	2.76	-0.009
20	UDER	41.548	40.531	1.3	-0.33	0.006
21	MUUS	41.502	38.793	-22.72	4.63	-0.024
22	MIDY	41.357	37.417	-6.78	10.65	-0.003
23	ERZR	41.255	39.906	2.68	0.27	-0.013
24	BTMN	41.154	37.864	-6.57	12.59	-0.016
25	MARD	40.728	37.311	-6.94	11.04	-0.007

Şekil 4.7 Verilerin Excel'e yazdırılması

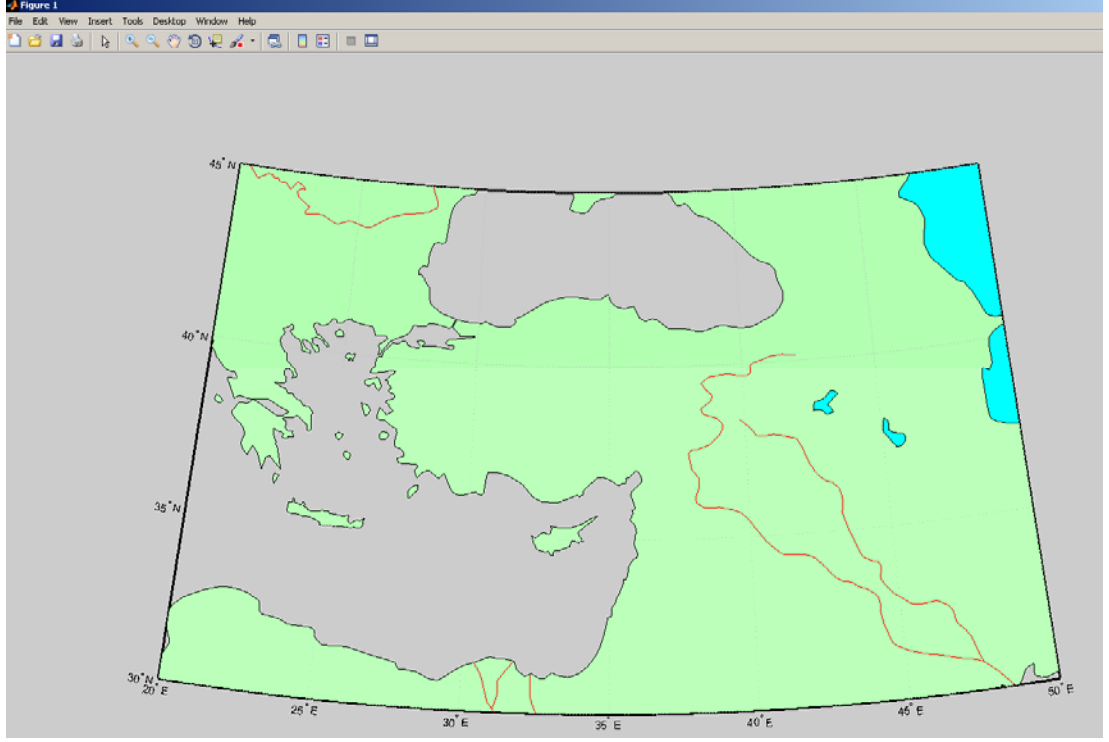
4.1.1.3 Sonuçların Mapping Toolbox Fonksiyonları İle Görselleştirilmesi

GLOBK sonuç dosyalarını okutup Excel'e yazdırılması işleminden sonra CORS-TR istasyonlarının enlem boylam olarak koordinat bilgileri ve hız vektörü parametrelerini kullanarak Türkiye haritası üzerine vektörlerimizi yerleştirildi..

Kodlama sırasında ise şu sıralar takip edildi:

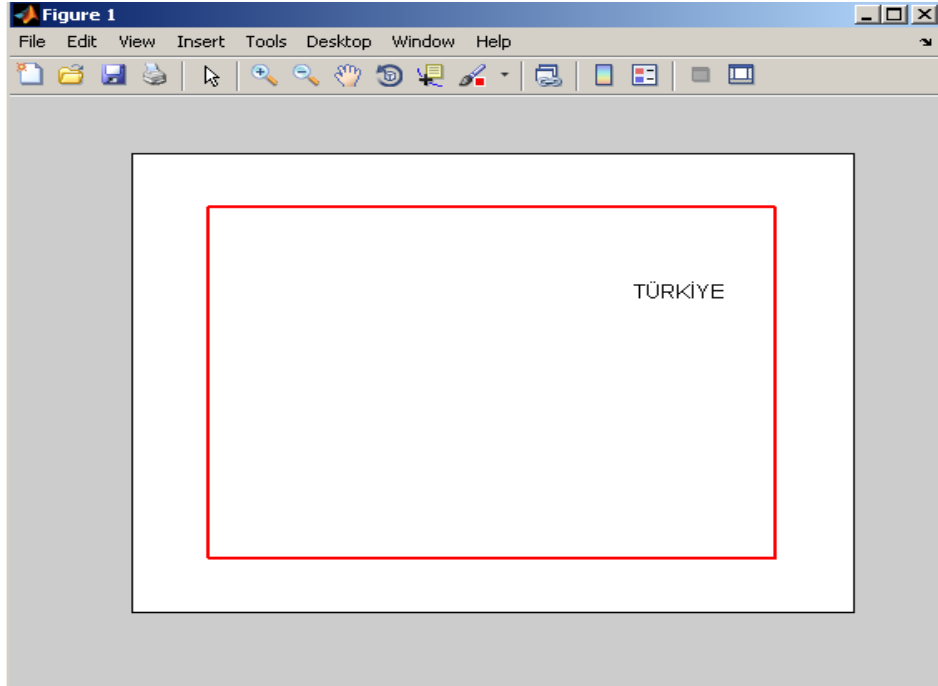
Dosyanın seçilmesi; içerisinde 144 Cosr-Tr istasyonun isminin, koordinat bilgilerinin ve hız vektörleri parametrelerinin olduğu Excel dosyasını seçmek. Kullanılan kod 'uigetfile', genel yazılım biçimi; [FileName,PathName,FilterIndex] = uigetfile(FilterSpec) şeklindedir.

- Excel içeriğinin okunması; seçmiş olduğumuz Excel dosyasının içeriğini okumak için kullandığımız kod 'xlsread' genel yazım biçimi; num = xlsread(filename, sheet) şeklindedir.
- Haritaların çizdirilmesi ve altlığın hazırlanması; burada ki modelleme tamamen kişiye ait bir durum, renk, projeksiyon vs. açısından. Mapping toolbox'ta bu çalışmada kullanılan kodlar;
 - 'worldmap', çalışma bölgesinin seçimi için, genel yazılım biçimi; worldmap('region'),
 - 'getm' haritanın nesne özelliklerini belirlemek için, genel yazım biçimi; getm('MapProjection'),
 - 'geoshow', haritanın enlem ve boylam verilerini girmek ve nesneleri harita üzerinde göstermek, genel yazım biçimi; geoshow(lat, lon, Z, 'DisplayType', 'surface') şeklindedir.
 - Şekil 4.8'da haritamızın altlığının hazırlandığını görebiliriz.



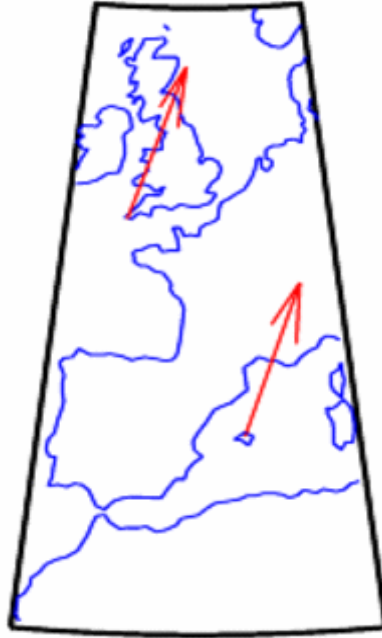
Şekil 4.8 Altlığın hazırlanması

- Parametrelerin hazırlanması ve çizimlerin yapılması;
 - Harita ekseninde metin açıklamalarını yapmak için 'textm' komutunu kullandık, genel yazım biçimi; `textm(lat,lon,string)` (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Eksenlerde metin açıklaması kullanımı

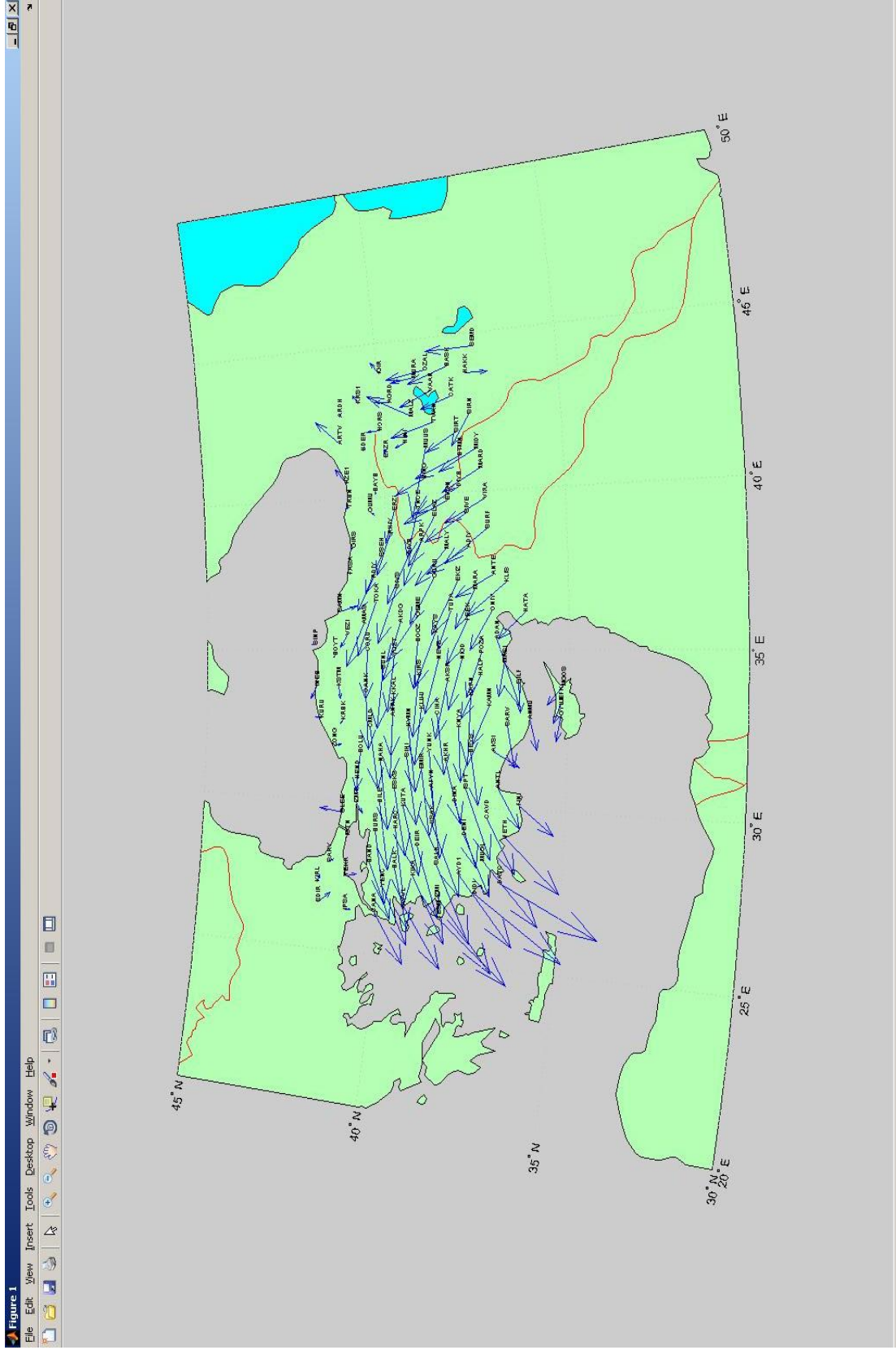
- Harita eksenine 2 boyutlu okları yerleştirmek için ise 'quiverm' komutunu kullandık, genel yazım biçimi ise; $h = \text{quiverm}(\text{lat}, \text{lon}, u, v)$ (Şekil 4.10).



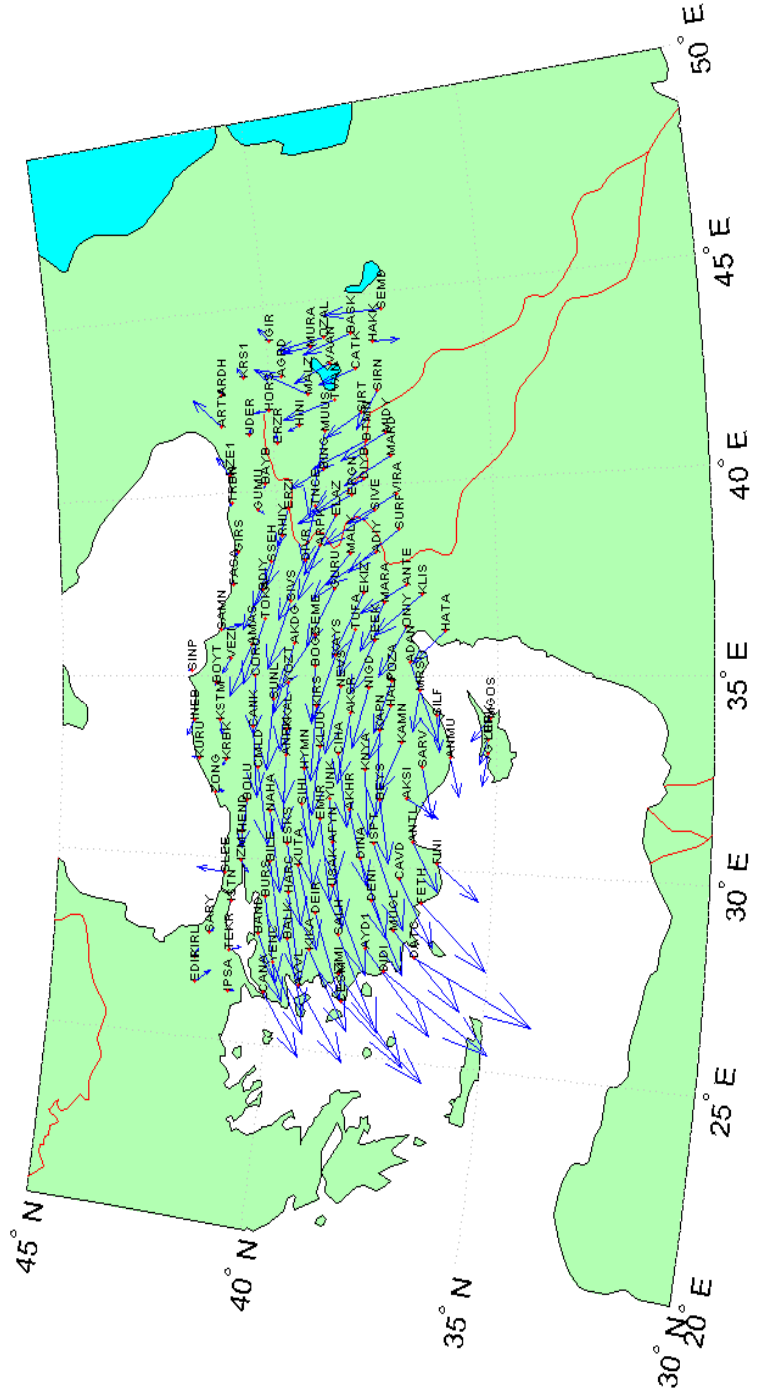
Şekil 4.10 Okların çizimi

- İşlemlerin harita üzerine yazdırma işlemini de 'plotm' komutu ile yaptık, genel yazım biçimi ise; $\text{plotm}(\text{lat}, \text{long}, 'g')$ şeklindedir.

Son olarak görüntüleri MATLAB figürü olarak ve .png uzantılı olarak görüntülerini elde edildi (Şekil 4.11-12).



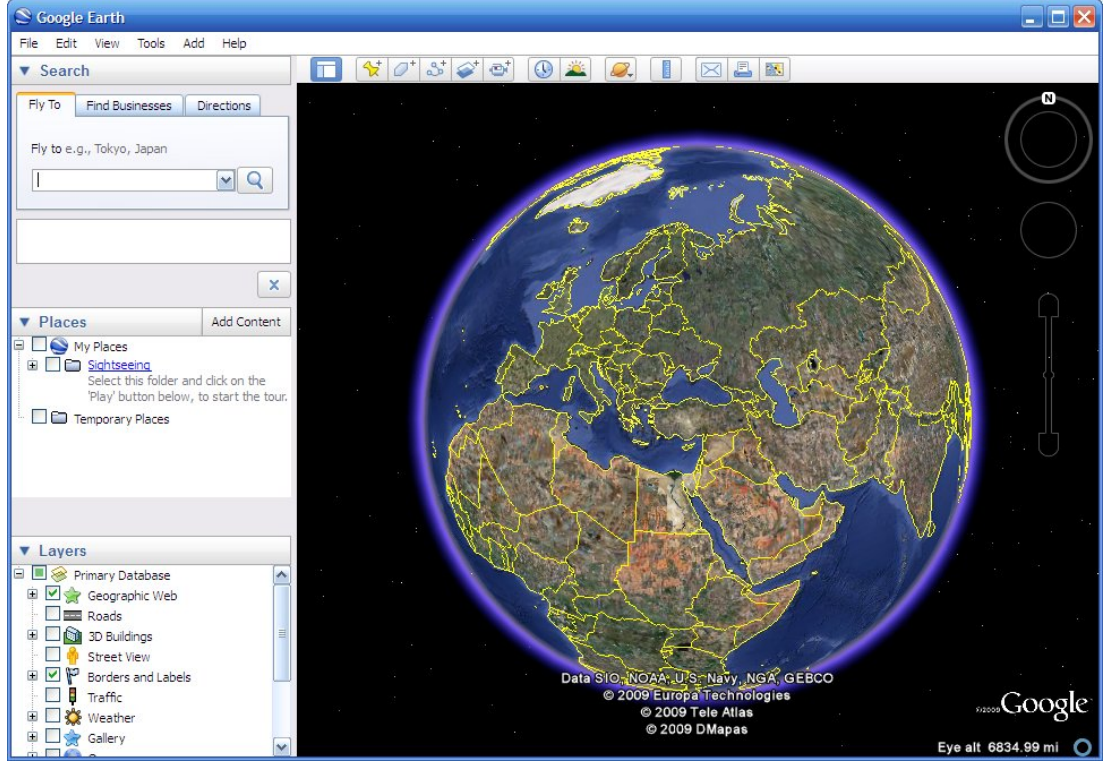
Şekil 4.11 MATLAB figürü olarak Türkiye Hız Vektörü Haritası



Şekil 4.12 .png uzantılı Türkiye Hız Vektörü Haritası

4.2 Google Earth

Google Earth, tüm Dünya'nın uydularından çekilmiş değişik çözünürlükteki fotoğrafların görüldüğü, Google Labs tarafından satın alınan Keyhole adlı şirketin geliştirdiği bir bilgisayar yazılımıdır (Şekil 4.13) (URL-5).



Şekil 4.13 Google Earth

Yoğun yerleşim olan bazı bölgelerin ayrıntılı görüntüleri, internet üzerindeki sayfasını ziyaret ederek indirilen yazılımı bilgisayara yükleyerek incelenebilir. Temmuz 2005'te sadece ABD'nin tamamına yakınının görece yüksek çözünürlükte fotoğrafları bulunurken, Haziran 2006'dan itibaren dünyadaki şehirlerin büyük bir bölümünün ayrıntılı görüntüleri bulunmaktadır.

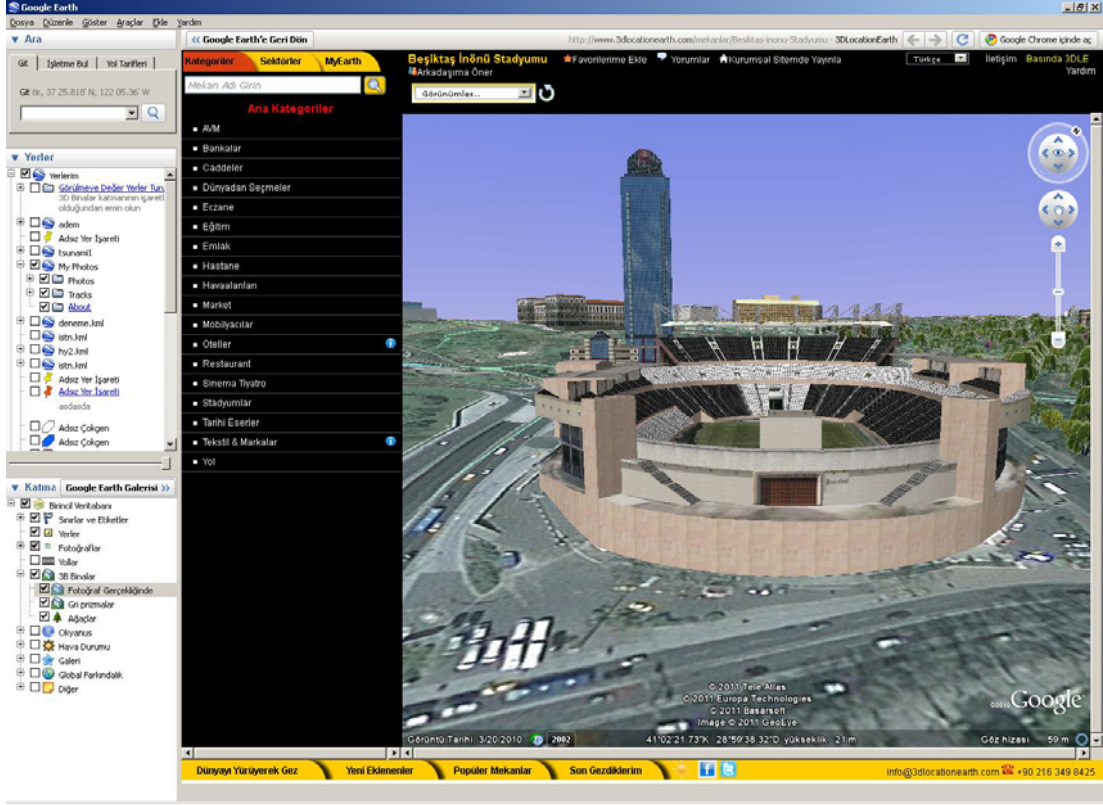
Yazılımda, koordinatları verilen noktaya ulaşmak mümkündür. Yazılım ilk duyurulduğunda, Rus Gizli Servisi, bu hizmetinin, terörist saldırı planlayanlara bir kolaylık olacağını söyleyerek hizmetin durdurulmasını talep etmişti. Ancak benzeri uydu fotoğraflarının küçük bir ücret karşılığında, internette satıldığı göz önüne alınarak, ilgili mahkemece dava düşürülmüştür. Ayrıca Google güvenlik için günümüz görüntüleri yerine sadece bu günden birkaç sene öncesi ait görüntüleri paylaşımına sunmuştur.

Google Earth günümüzde kullanıcılarına oldukça kolaylık sağlamıştır ayrıca kullanıcılar Google Earth' a mobil telefonlarından da erişebilmektedir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Google Earth Mobil

Google Earth'in diğer özelliklerinden bahsedecek olursak, Ay'a inen uzay araçlarının 3D modellerini, astronotların ayak izlerinin 360 derecelik fotoğraflarını, Apollo görevlerini ve çok daha fazlasını görmek için Google Earth' ı Ay görünümüne geçirmemiz yeterli. Google Earth'teki Mars ile tamamıyla yeni bir gezegeni keşfedebiliriz. NASA görüntülerine bakıp, turlara katılıp, 3D gezgin modellerini görüp ve 360 derecelik manzaralara göz atabiliriz. Google Earth ile gökyüzünü keşfe çıkabilir uzak galaksilerin görüntülerini yakınlaştırıp, takımyıldızları görüntüleyebilir ve astronomi podcast'lerini dinleyebiliriz. 3D Yapılar katmanıyla şehirleri, binaları ve yapıları 3 boyutlu keşfedebilir kendi 3D modellerimizi oluşturup ve bunları Google Earth'e ekleyebiliriz (Şekil 4.15). Google Earth'teki Okyanus, suyun altına dalabilmenizi ve kayıp batıkları, sörf noktalarını ve en son araştırma keşiflerini gezebilmenizi sağlar. Google Earth'te geçmiş görüntülerle zamanda geri gidip daha önceki yıllarda kaydedilmiş görüntülere bakıp ve geçmiş fotoğrafları kolayca keşfedebiliriz (URL-6).



Şekil 4.15 Google Eart 3D

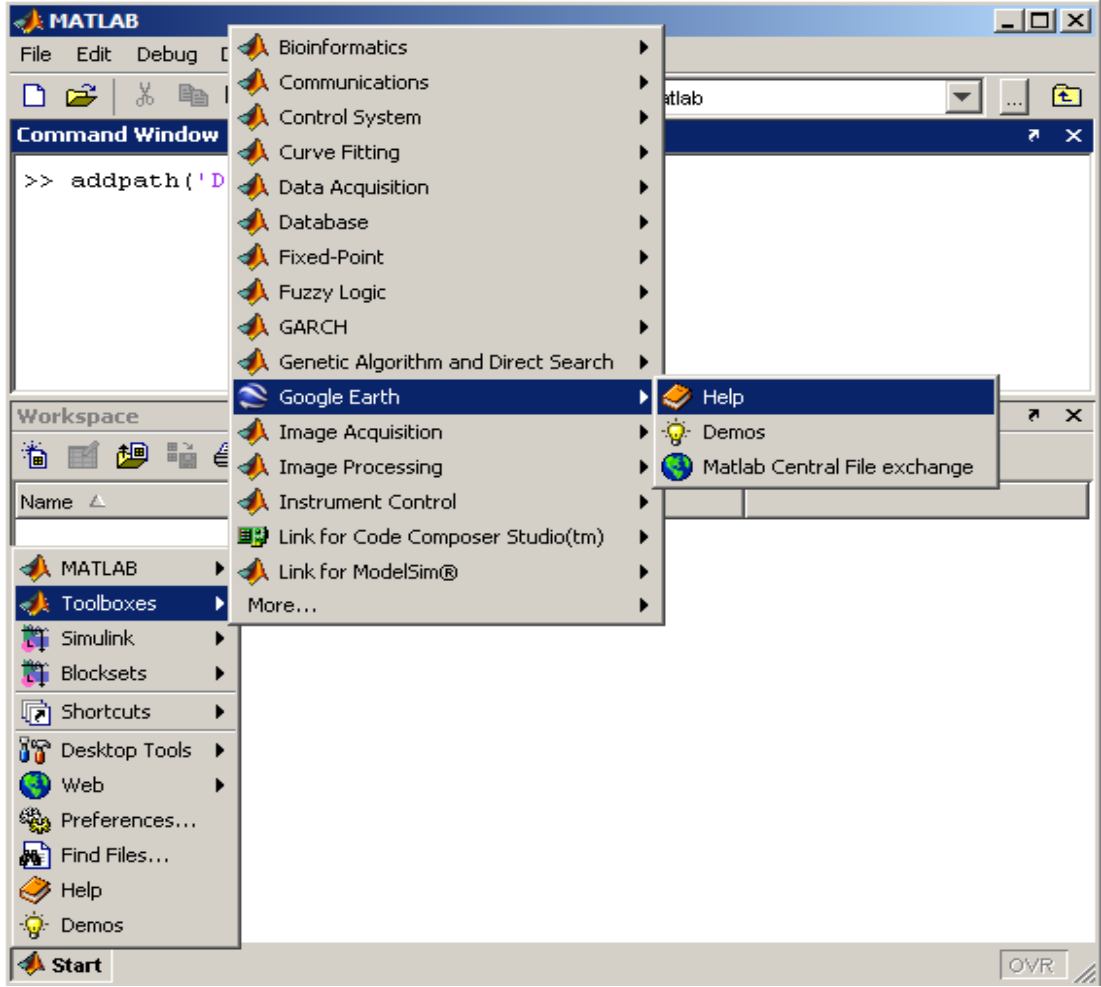
4.2.1 Google Earth’ de Görselleştirme

Google Earth ile görselleştirme kısmında amaç MATLAB’ ın Google Earth Toolbox fonksiyonunu kullanarak .kml uzantılı dosya yaratıp modeli görüntülemek isteyenler açısından Google’ ın dünya çapında kullanılabilirliğini de göz önünde bulundurursak daha kullanılabilir ve erişilebilir hale getirilmesini sağlamaktır.

4.2.2 KML Dosyasının Oluşturulması

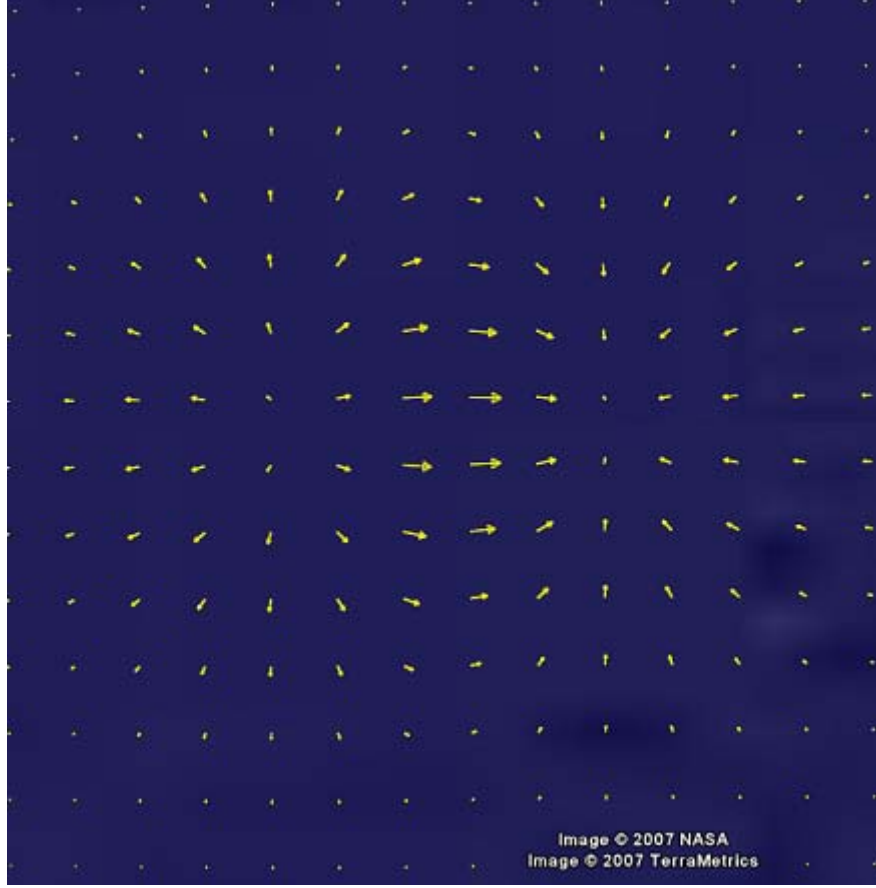
KML çeşitli yersel bilgilerin (yerimleri, ağ bağlantıları) kayıtlı tutulmasını sağlayan XML tabanlı Google Earth ile kullanılan dosya formatıdır. KML açılımı Keyhole Markup Language olan Keyhole - Google 2004’ te firmayı satın aldı, firması tarafından keşfedilen daha sonra Google Earth ile kullanılmaya başladıktan sonra popülerleşen bir dildir (URL-4).

Çokgen, nokta, çizgi gibi nesnelerin oluşturulması için kullanılan KML dosyaları MATLAB’ ın Google Earth Toolbox’ ı kullanılarak da oluşturulur (Şekil 4.16). Yaptığımız bu çalışmada hız vektörleri ve hata elipslerinin oluşturulması içinde bu yöntem kullanılacak.



Şekil 4.16 MATLAB Google Earth Toolbox

Hız vektörlerinin oluşturulması için 'ge_quiver' komutu kullanıldı. Genel yazılım biçimi; $kmlStr = ge_quiver(X,Y,U,V)$, "X" (boylam) ve "Y" (enlem) tarafından belirtilen yerde oklar çizer. Her okun yön bileşenleri "U" (pozitif boylam yönünde olumlu) ve "V" (pozitif enlem yönünde olumlu) tespit edilir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 ‘ge_quiver’ ile ok çizimi

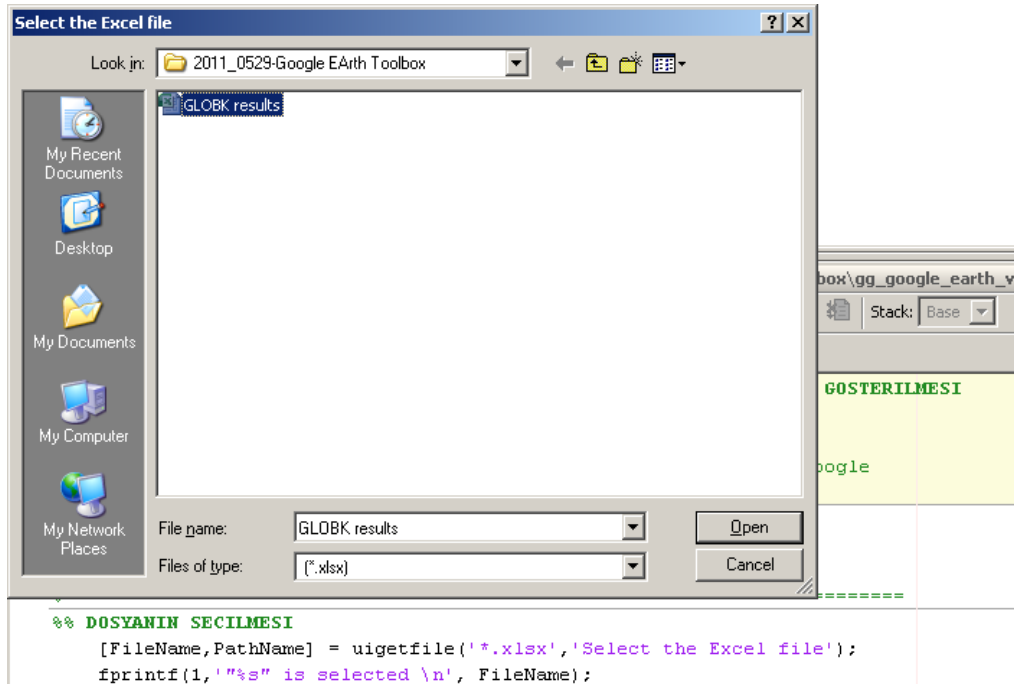
Hata elipslerinin oluşturulması için ‘ge_circle’ komutu kullanılır. Genel yazılım biçimi; $kmlStr = ge_circle(X,Y,R)$, dairesel bir alan görüntülemek için kullanılır “X”, “Y” merkez nokta olarak kullanılır “R” de çap olarak kullanılır.



Şekil 4.18 'ge_circle' ile elips çizimi

Google Earth' de oluşturulacak olan görselin basamak halinde aşamalarını verelim;

1. Adım; Globk sonuç dosyasının seçilmesi. Burada oluşturulan kod geçerli klasöre giderek sonuç dosyalarından ayıklanan hız vektörleri ve hata elipslerinin çiziminde kullanılacak olan dosyaya erişmemizi sağlar (Şekil 4.19). Excel' e bu dosyanın nasıl oluşturulduğunu MATLAB' de görselleştirme kısmında açıklanmıştı (Şekil 4.5).



Şekil 4.19 Google Earth için dosya seçilme işlemi

2. Adım; Excel içeriğinin okunması, bu aşamada görselleştirme için hangi Excel dosyası klasörde oluşturulursa oluşturulsun MATLAB' in onu KML dosya oluşturma kodları için otomatik ve düzenli halde seçmesini sağlar (Şekil 4.20).

```
%% EXCEL ICERIGININ OKUNMASI
[num, txt, raw]=xlsread([FileName],'org') ;
istasyon_sayisi=size(num,1) ;
scale1=.1;
for i=1: istasyon_sayisi
    stations(i,1).lat=num(i,1) ;
    stations(i,1).lon=num(i,2) ;
    stations(i,1).u=scale1*num(i,4) ;
    stations(i,1).v=scale1*num(i,3) ;
    stations(i,1).name=txt(i+1,1) ;
end
names=txt(2:end,1);
```

Şekil 4.20 Excel içeriğinin okunması

3. Adım; Çalışma yapılan istasyonların haritada yerlerinin gösterilmesi için simge seçimi ve istasyonların yerlerinin seçimi ise bu aşamada yapılmıştır (Şekil 4.21).

```
%% HARITANIN CIZDIRILMESI
% CORS ISTASYONLARININ YERLESTIRILMESI
% Icon secimi
iconStr = 'http://labs.google.com/ridefinder/images/mm_20_shadow.png';
% Istasyon secimi
kmlStr01 = ge_point(num(:,1),num(:,2),zeros(1,1:istasyon_sayisi),'iconURL',iconStr,'msgToScreen',true,'name','')
```

Şekil 4.21 İstasyonların seçilmesi

4. Adım; Vektörlerin çizdirilmesi işlemi, bu aşamada vektörlerin büyüklükleri, ölçeklendirilmesi ve modellemesi işlemleri yapılmıştır (Şekil 4.22).

```
% vektorlerin yazimi
scale2=5;
kmlStr02 = ge_quiver(num(:,1),num(:,2),num(:,3),num(:,4),...
    'lineColor','ffffff',...
    'lineWidth',4,...
    'altitude',10,...
    'altitudeMode','relativeToGround',...
    'extrude',1,...
    'msgToScreen',true,...
    'magnitudeScale',2);
```

Şekil 4.22 Google Earth' de vektörlerin çizdirilmesi

5.Adım; Elipslerin çizdirilmesi işlemi, bu aşamada elipslerin büyüklükleri, ölçeklendirilmesi ve modellenmesi işlemleri yapılmıştır (Şekil 4.23).

```
%Elipslerin yazilmasi
kmlStr03=[];
ok_koordinatlar=load('okun_uclu.data');
for i=1:istasyon_sayisi
kmlStr03=[kmlStr03,ge_circle(ok_koordinatlar(i,1),ok_koordinatlar(i,2),1E3*sqrt(num(i,3).^2+num(i,4).^2),...
    'divisions',10,...
    'name','',...
    'lineWidth',4.0,...
    'lineColor','b8ff0b20',...
    'polyColor','00000000')];
end
```

Şekil 4.23 Google Earth’ de elipslerin çizdirilmesi

6. Adım; Programın sonunun bilgilerinin elde edilmesi, bu aşamada kodun çalışma süresini ve işlemlerin tamamlandığını gösteriri (Şekil 4.24).

```
%% Program sonu
fprintf('Program %.2fsn surdu ve %.0f kadar kml dosyasi uretildi \n',toc,istasyon_sayisi)
> In gg_google_earth_v5 at 30
Running: ge_point...
Running: ge_point...Done
Running: ge_quiver...
Running: ge_quiver...Done
Program 1103.62sn surdu ve 143 kadar kml dosyasi uretildi
>>
```

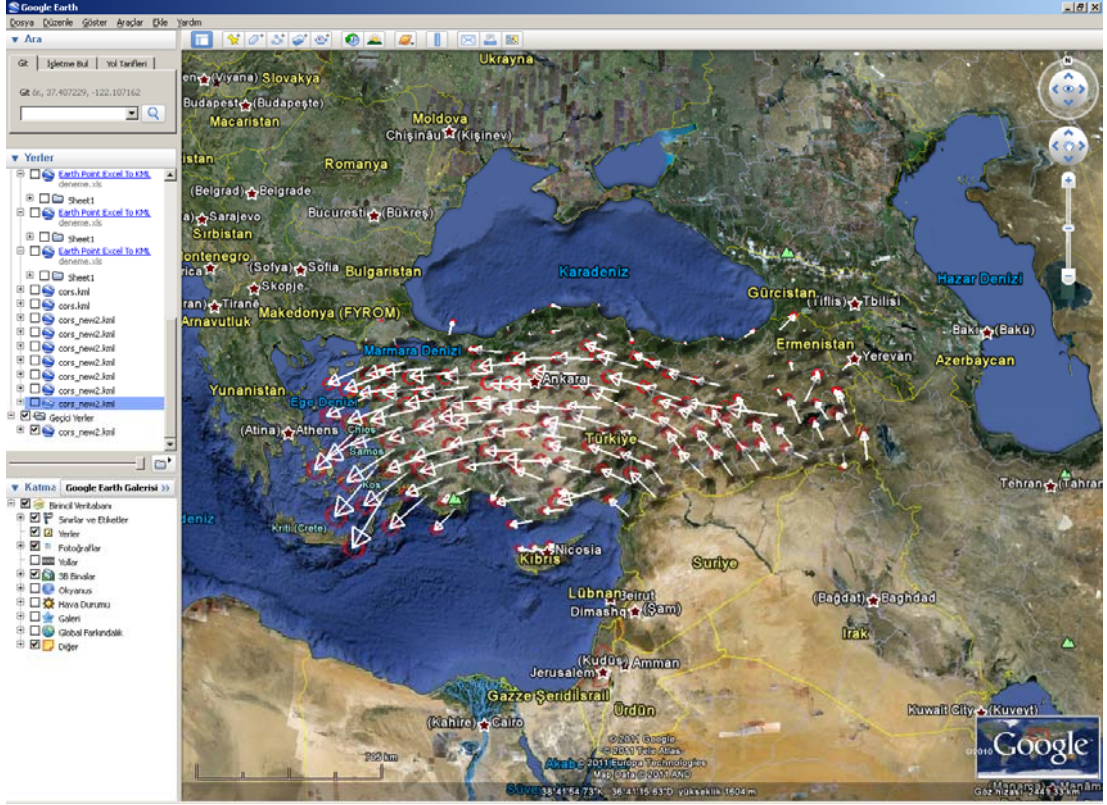
Şekil 4.24 Program sonu bilgileri

7. Adım; Görüntünün elde edilmesi, son aşamadır (Şekil 4.25).

```
% giris bilgileri sonu
kmlFileName = ['cors_new2.kml']; % ['kmls\',stations(i,1).name, '.kml']
kmlTargetDir = [''];% '..',filesep,'kml',filesep];
ge_output([kmlTargetDir,kmlFileName],[kmlStr01,kmlStr02,kmlStr03],'name',kmlFileName);
```

Şekil 4.25 Giriş bilgilerinin sonu

Bu basmaktardan sonra oluşturulan KML dosyalarına göre elde ettiğimiz Google Earth görüntüsü ise Şekil 4.26’ da verilmiştir.



Şekil 4.26 Google Earth ile Türkiye Tektonik Plaka Hareketi

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, ülke genelinde kullanıcılara karada, havada ve denizde cm mertebelerinde konum belirleme imkanı sunan, ülke ekonomisine katkısının yanı sıra bilimsel çalışmalara da büyük olanak sağlayan CORS-TR sisteminden elde edilen veriler kullanılmıştır.

MATLAB ve Google Earth’te, CORS-TR projesinin devamı sayılan “CORS-TR Sistemi ile Bölgesel İyonosfer Modellemesi ve Yerkabuğu Hareketlerinin İzlenmesi (IYO-TEK) Projesi” kapsamında Türkiye plakası için levhaların hareketi, hız vektörlerinin hesaplanması ve deformasyon analizleri çalışmalarında elde edilen sonuç dosyalarından yararlanılarak hız vektörleri ve hata elipslerini gösteren yeni ve farklı iki model gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, kullanıcılarına erişim kolaylığı ve güven sağladığı için MATLAB ve Google Earth seçilmiştir. MATLAB, diğerlerine göre en hızlı ve daha otomatik görselleştirme sağladığı ve diğer modelleme programlarına daha kolay aktarım yapılabildiği için büyük avantajlar sağlamıştır.

Dileyen herkesin erişebilmesi için MATLAB kodları yazılarak yaratılan KML uzantılı dosyalarla Google Earth görüntüsü elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

Aronof S., Geographic Information Systems, 1989

Chadil N. ve diğ., Real-time tracking management system using GPS, GPRS and Google earth, 2008

De Boor C., Spline Toolbox for Use with MATLAB, 2003

Emre Ç. A., 2006. Herkes İçin MATLAB7, 4, 412, 434

French G.T., Understanding GPS, 2005

Gülal E. ve diğ., 2010a. CORS-TR Sistemi ile Bölgesel İyonosfer Modellemesi ve Yer Kabuğu Hareketlerinin İzlenmesi WP200 CORS-TR Verilerinin Değerlendirilmesi Rapor 1

Gülal E. ve diğ., 2010b. CORS-TR Sistemi ile Bölgesel İyonosfer Modellemesi ve Yer Kabuğu Hareketlerinin İzlenmesi WP200 CORS-TR Verilerinin Değerlendirilmesi Rapor 2

Gülal E. ve diğ., 2010c. CORS-TR Sistemi ile Bölgesel İyonosfer Modellemesi ve Yer Kabuğu Hareketlerinin İzlenmesi WP200 CORS-TR Verilerinin Değerlendirilmesi Rapor 3

İnan A., 2007. MATLAB Kılavuzu, Grafik Programlama Matematik ve Mühendislik Uygulamaları, 13-15, 317,336

Jurriaan H. Spaaks ve Scott L Davis., 2007, MATLAB to Google Earth Toolbox

Konecny G., 2003 Geoinformation

Maged N. Kamel. Boulo., 2005 Web GIS in practice III

McClusky S. C. ve diğ., 2010 GLOBK Reference Manual Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program

McClusky S. C. ve diğ., 2011 Introduction to GAMIT/GLOBK

McClusky S. C. ve diğ., 2011a GAMIT Reference Manual GPS Analysis at MIT

Smith S.O., Datums, Ellipsoids, Grids and Grid Reference Systems, The Defence Mapping Agency 1996

Todd C. Patterso., Google Earth as a (Not Just) Geography Education Tool, 2011

URL-1 Google Earth: a new geological resource
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2451.2006.00546.x/full>

URL-2 R2011a Documentation , Mapping Toolbox,
<http://www.mathworks.com/help/toolbox/map/exampleindex.html>

URL-3 R2011 a Documantation, MATLAB
<http://www.mathworks.com/products/matlab/>

URL-4 KML Documentation Introduction
<http://code.google.com/intl/tr-TR/apis/kml/documentation/>

URL-5 Google Earth
http://tr.wikipedia.org/wiki/Google_Earth

URL-6 Google Earth Kullanıcı Kılavuzu
http://earth.google.com/support/bin/static.py?page=guide_toc.cs

Uzel T. ve Eren K., 2008.Ulusal CORS Sisteminin Kurulması ve Datum Dönüşümü Projesi, 33-150

Uzel T. ve Eren K., 2010a Ulusal CORS Sisteminin Kurulması ve Datum Dönüşümü Projesi Son Rapor

Uzel T. ve Eren K., 2010b. Ulusal CORS Sisteminin Kurulması ve Datum Dönüşümü Projesi CORS-TR Datum Dönüşüm Raporu

Uzel T. ve diğ., 2011 13.Harita Kurultayı, Ankara, CORS-TR Verileri İle Tektonik Plaka Hareketlerinin İzlenmesi

Uzel T. ve diğ., 2011a Monitoring The Tectonic Plate Movements by Using TUSAGA-Active (CORS-TR) Data, ISPRS Antalya

Uzel T. ve diğ., 2011b Tectonic Studies in Turkey Using CORS-TR Observations, EGU Vienna

EKLER

Ek A.1: Komut CD' si

ÖZGEÇMİŞ

Haluk YILMAZ

Adres : Gültepe Mah. Bağlar Cad. Şengel Sok.
Sefaköy/İSTANBUL
Telefon : 05327986294
02124984255
E-Posta : h.yilmaz@iku.edu.tr
D.Tarihi/Yeri : 06.08.1985/Şavşat

İş Denevimleri

Sektör/Poziyon/Bölüm : Eğitim/Araştırma/Mühendis
İşin Tanımı : İKÜ Geomatik Uygulama ve Araştırma Merkezi
(GEOMER),Araştırmacı ve sorumlu mühendis
Başlama/Bitiş Tarihi : 09.11.2009/ -

Eğitim Bilgileri

Lise : Şavşat Çok Programlı Lisesi/ 2002
Lisans : Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği/ 2009
Yüksek Lisans : İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği / Geomatik

Kurslar ve Seminerler

ROI_pac Short Course / 2010 / İKÜ
Trimble CORS Infrastructure and Server Management / 2010 / Trimble
General Assembly of WEGENER / 2010 / BÜ
ESRI 16. Kullanıcılar Toplantısı / 2011 / ESRI