

**KİNEMATİK GPS DESTEKLİ
FOTOGRAMETRİK NİRENGİDE SABİT
NOKTA UZAKLIKLARI VE FARKLI GPS
ÇÖZÜMLERİNİN YÖNELTME
DOĞRULUĞUNA ETKİLERİ**

Ahmet ÇAM

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Murat UYSAL

**JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ
MÜHENDİSLİĞİ**

ARALIK 2011

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KİNEMATİK GPS DESTEKLİ FOTOGRAMETRİK NİRENGİDE
SABİT NOKTA UZAKLIKLARI VE FARKLI GPS ÇÖZÜMLERİNİN
YÖNELTME DOĞRULUĞUNA ETKİLERİ**

Ahmet ÇAM

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Murat UYSAL**

JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

ARALIK 2011

TEZ ONAY SAYFASI

Ahmet ÇAM tarafından hazırlanan “Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengide Sabit Nokta Uzaklıkları ve Farklı GPS Çözümlerinin Yönelme Doğruluğuna Etkileri” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca .../.../.... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği **Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	:Yrd. Doç. Dr. Murat UYSAL	
Başkan	:Doç. Dr. Semih EKERCİN Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi.	İmza
Üye	:Yrd. Doç. Dr. İbrahim YILMAZ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi.	İmza
Üye	:Yrd. Doç. Dr. Murat UYSAL Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi.	İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.../.../.....

İmza
Ahmet ÇAM

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KİNEMATİK GPS DESTEKLİ FOTOGRAMETRİK NİRENGİDE SABİT NOKTA UZAKLIKLARI VE FARKLI GPS ÇÖZÜMLERİNİN YÖNELTME DOĞRULUĞUNA ETKİLERİ

Ahmet ÇAM

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat UYSAL

Bu araştırmada, 1/100.000 ölçekli topografik pafta alanını kapsayan, 43 cm çözünürlüklü hava fotoğrafları büyük formatlı dijital hava kamerası olan Vexcel UltraCam X ile çekilmiştir. Yaklaşık yöneltme parametreleri uçakta yer alan GPS/IMU sistemiyle belirlenmiştir. Blok köşelerinde, dört adet Yer Kontrol Noktası (YKN) işaretlenerek GPS ile gözlemlenmiştir. 20 adet Bağımsız Kontrol Noktası (BKN) dengelemenin doğruluğunu test etmek üzere blok alanı içinde ölçülmüştür. Farklı sayı, dağılım ve uzaklıktaki TUSAGA-AKTİF noktaları uçuş esnasında toplanan GPS/IMU verisini düzeltmek üzere kullanılmıştır. Bunun yanında uçuşta toplanan GPS/IMU verilerini düzeltmek üzere internet ortamında sunulan Hassas Nokta Konumlandırma (Precision Point Positioning-PPP) verileri de kullanılmıştır. 1/25.000 ölçekli Topografik harita üretim doğruluklarını sağlamak için 150 km uzaklığa kadar TUSAGA-AKTİF noktalarının GPS/IMU verilerini düzeltmek için yeterli olduğu görülmüştür. Ayrıca PPP verilerini kullanarak GPS/IMU verilerine düzeltme getirmenin de yeterli doğruluğu sağladığı görülmüştür.

2011, x + 87 sayfa

Anahtar Kelimeler: Fotogrametri, Fotogrametrik Nirengi, Kinematik GPS, GPS/IMU, Blok Dengeleme, Yöneltme Doğruluğu.

ABSTRACT

M. Sc Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT GPS SOLUTIONS AND DIFFERENT BASE DISTANCES TO THE ORIENTATION ACCURACY IN KINEMATIC GPS SUPPORTED AERIAL TRIANGULATION

Ahmet ÇAM

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geodesy and Photogrammetry

Supervisor: Assistant Professor Doctor Murat UYSAL

In this research, A block of photos with 43 cm ground sampling distance covering a 1/100.000 scale topographic map area have been taken by a large format digital aerial camera (i.e. Vexcel UltraCam X). Approximate orientation parameters have been defined by GPS/IMU system placed in the plane. Four Ground Control Points (GCP) have been marked on the corners of the rectangular block and made GPS observations. 20 Independent Check Points (ICP) have been collected over the block in order to test the accuracy of the triangulation. CORS Points with different number, distribution and distance have been used to process the GPS/IMU data collected during flight. Besides these points Precision Point Positioning (PPP) data available in the internet have been used process the GPS/IMU data. It is seen that distances of CORS Points until 150 km in processing GPS/IMU data for approximate orientation of aerial photos are in acceptable tolerances in 1/25.000 scale topographic map production accuracies. Also, using PPP in processing GPS/IMU data is acceptable in the production of 1/25.000 scale topographic maps.

2011, x + 87 sayfa

Key Words: Photogrammetry, Aerial Triangulation, Kinematic GPS, GPS/IMU, Blok Triangulation, Orientation Accuracy.

TEŐEKKÖR

Bu araştırmada engin bilgi hazinesiyle bana uygulama çalışmalarının yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolaylı tez danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Murat UYSAL, araştırma ve uygulama çalışmaları süresince yardımlarını esirgemeyen Dr.Müh.Bnb. Altan YILMAZ'a ve fotogrametrik nirengi kısmına, her konuda yorumları ile beni yönlendiren Müh.Alb. Z.Nejat AKSOY'a ve çalışma arkadaşlarıma teőekkr ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolaylı aileme teőekkürler ederim.

Ahmet AM
AFYONKARAHİSAR, 2011

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	2
2.1 Görüntülerin Yöneltilmesi.....	2
2.2 GPS/IMU Sistemlerinin Gelişimi	4
2.3 GPS ve IMU	5
2.4 Küresel Konumlama Sistemi (GPS).....	5
2.5 GPS Nasıl Çalışır.....	7
2.5.1 Uydu-Alıcı arası mesafe ölçüsünü etkileyen hatalar	10
2.5.1.1 Uydu saati hataları	10
2.5.1.2 Yörünge hataları	10
2.5.1.3 İyonosfer ve Troposfer hataları	10
2.5.2 Diferansiyel GPS (DGPS)	11
2.6 IMU (Inertial Measurement Unit)	12
2.7 GPS ve IMU Verilerinin Birlikte Kullanılması.....	15
2.8 TUSAGA-AKTİF Sistemi.....	17
2.9 TUSAGA-AKTİF Sistemi İşletim Yapısı	18
2.10 TUSAGA-AKTİF Sistemi Kontrol Merkezleri.....	19
2.11 Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengi Yöntemi.....	20
3. METERYAL VE METOT	22
3.1 Çalışma Alanı	22
3.2 Çalışmada Kullanılan Donanımlar	24
3.2.1 Algılayıcı birimi	24
3.2.2 Hesaplama birimi.....	24
3.2.3 Kamera işletim arayüzü	25
3.2.4 Veri depolama birimi.....	25
3.2.5 Veri transfer birimi	26
3.2.6 İnersiyal navigasyon sistemi (Inertial Navigation System-INS).....	26

3.3 Çalışmada Kullanılan Yazılımlar	27
3.3.1 Ofis veri işleme yazılımı (OPC)	27
3.3.2 Uçuş planlama yazılımı	27
3.3.3 Navigasyon sistemi yazılımı.....	28
3.3.4 GPS ve IMU Ölçümlerini işleme yazılımı (AEROoffice).....	28
3.3.5 GRAF-NAV GPS/IMU işleme yazılımı.....	28
3.3.6 MATCH-AT 5.3 dengeleme yazılımı.....	28
3.4 Çalışmayı Doğrudan Etkileyecek Parametreler.....	28
3.4.1 Boresight kalibrasyonu.....	28
3.4.2 Konumlandırma.....	29
3.4.3 Blok Dengeleme	29
3.4.4 Arazi ve Resim Koordinatı Arasındaki Bağıntılar	29
3.4.5 Işın Demetleri ile Blok Dengeleme	29
3.5 Process Verilerinin Hazırlanması	30
3.5.1 GPS/IMU Verilerinin İşlenmesi	30
3.5.2 GPS/IMU Ön İşleme	31
3.5.3 Proje Oluşturma ve Ön İşleme İşlem Adımları	31
3.5.4 GPS işleme	34
3.5.5 AEROoffice ile Post Process (GPS/IMU Entegrasyonu).....	44
4. BULGULAR	50
4.1 Birinci Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar(ANRK-HYMN-CMLD).....	50
4.1.1 Blok dengeleme	51
4.2 İkinci Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (ANRK).....	54
4.3 Üçüncü Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (CMLD).....	57
4.4 Dördüncü Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (NAHA).....	60
4.5 Beşinci Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (NAHA-SIHI-CANK-CIHA) ..	63
4.6 Altıncı Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (ANRK-HYMN-SIHI- CMLD- NAHA) Her biri için ortak 5 nokta.....	66
4.7 Yedinci Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (Uçuş günlerine göre en uzak tek nokta ile).....	69
4.8 Sekizinci Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (Uçuş günlerine göre en yakın nokta).....	72
4.9 Dokuzuncu Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (Uçuş günlerine göre en yakın nokta) İyonesfer Etkisi Olmadan.....	75
4.10 Onuncu Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (GPS verilerinin PPP (Precise Point Positioning) ile çözümü)	78
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	81
6. KAYNAKLAR.....	84
ÖZGEÇMİŞ.....	86

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

f^g	Kuvvet vektörü
X_0, Y_0, Z_0	Fotoğraf izdüşüm merkezinin referans koordinat sistemindeki koordinatları
ω_{ig}	Açısal hız vektörü
ω, φ, κ	Fotoğraf koordinat sisteminin referans koordinat sistemi X, Y, Z koordinat eksenleri etrafındaki dönüklükleri

Kısaltmalar

BKN	Bağımsız Kontrol Noktası
CCD	Charge Coupled Device
C/A	Coarse Acquisition cod
DoD	Department of Defence
DGPS	Differential GPS
EDGE	Enhanced Data for GSM Evolution
EKK	En Küçük Kareler Yöntemi
ED50	European Datum 1950
GPRS	General Package Radio Service
GDOP	Geometric Dilution of Precision
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HGK	Harita Genel Komutanlığı
IMU	Inertial Measurement Unit
INS	Inertial Navigation System
ITRF	Inertial Terrestrial Reference Frame
KOH	Karesel Ortalama Hata
LIDAR	Light Detection and Ranging
NAVSTAR	Navigation Satellite Timing and Ranging
PPP	Precise Point Positioning
PRN	Pseudo-Random-Noise
RTCM	Radio Technical Commission for Marine Services
RTK	Real Time Kinematic
TKGM	Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı
WADGPS	Wide Area DGPS
YKN	Yer Kontrol Noktası

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 GPS'in Bölümleri	6
Şekil 2.2 Bir Uydu ile Konumlama	7
Şekil 2.3 İki Uydu ile Konumlama	8
Şekil 2.4 Üç Uydu ile Konumlama	8
Şekil 2.5 Uydu-Alıcı Mesafesinin Tespiti	9
Şekil 2.6 "Strapdown" ve "gimbaled" IMU dizaynı	14
Şekil 2.7 TUSAGA-AKTİF sisteminin çalışma prensibi	19
Şekil 2.8 Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengi Yöntemine Göre Nirengi ve Uçuş Planlaması.....	20
Şekil 2.9 Fotogrametrik nirengi noktası resimleri	21
Şekil 3.1 Çalışma alanı	22
Şekil 3.2 Yer Kontrol Noktarının çalışma alanı üzerindeki dağılımı	23
Şekil 3.3 Uygulamalarda kullanılan TUSAGA noktalarının dağılımı.....	23
Şekil 3.4 UltracamX algılayıcı birimi.....	24
Şekil 3.5 Hesaplama birimi.....	25
Şekil 3.6 Kamera işletim arayüzü	25
Şekil 3.7 Veri depolama birimi.....	26
Şekil 3.8 Veri transfer birimi	26
Şekil 3.9 İnersiyal navigasyon sistemi (INS).....	27
Şekil 3.10 Base klasörü.....	31
Şekil 3.11 Save As penceresi	32
Şekil 3.12 AEROoffice Setup penceresi.....	32
Şekil 3.13 Preprocessing butonu.....	33
Şekil 3.14 Start butonu.....	33
Şekil 3.15 LOG dosyası	33
Şekil 3.16 New Project	34
Şekil 3.17 Raw GNSS to GPB.....	35
Şekil 3.18 Convert Raw GPS data to GPB penceresi	35
Şekil 3.19 Convert Files bölümü	36
Şekil 3.20 Convert butonu	36
Şekil 3.21 Receiver Type bölümü.....	37

Şekil 3.22	Auto Start butonu.....	37
Şekil 3.23	Auto Start penceresi.....	38
Şekil 3.24	Plot coverage penceresi	38
Şekil 3.25	Enter Master Position penceresi	39
Şekil 3.26	Oluşturulmuş proje ekranı	39
Şekil 3.27	Process GNSS Differential butonu	40
Şekil 3.28	Process sekmesi	40
Şekil 3.29	General sekmesi.....	40
Şekil 3.30	KAR sekmesi	41
Şekil 3.31	Ionosphere/L2 sekmesi	41
Şekil 3.32	Create plots butonu	42
Şekil 3.33	Plot Results penceresi	42
Şekil 3.34	Combined Separation Grafiği	43
Şekil 3.35	Estimated Position Accuracy Grafiği	43
Şekil 3.36	Create Plots butonu.....	44
Şekil 3.37	Create Plots penceresi.....	44
Şekil 3.38	Uçuş yükseklik grafiği.....	44
Şekil 3.39	Genişletilmiş Uçuş yükseklik grafiği	45
Şekil 3.40	Format X Axis penceresi	45
Şekil 3.41	Event Mark Editor butonu	46
Şekil 3.42	Zaman düzeltmesi için import adımı	46
Şekil 3.43	Mission klasörü.....	46
Şekil 3.44	Start Post Processing butonu	47
Şekil 3.45	AEROoffice Postprocessing penceresi	47
Şekil 3.46	Uçuş Anına İlişkin Simülasyon penceresi	47
Şekil 3.47	Datamanager butonuna	48
Şekil 3.48	Datamanager penceresi.....	48
Şekil 3.49	Boresight sekmesi.....	49
Şekil 4.1	Birinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları	50
Şekil 4.2	Birinci test çalışmasının grafiksel gösterimi	52
Şekil 4.3	Birinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi	53
Şekil 4.4	İkinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları	54

Şekil 4.5	İkinci test çalışmasının grafiksel gösterimi	56
Şekil 4.6	İkinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi.....	56
Şekil 4.7	Üçüncü uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları	57
Şekil 4.8	Üçüncü test çalışmasının grafiksel gösterimi	59
Şekil 4.9	Üçüncü test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi.....	59
Şekil 4.10	Dördüncü uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları.....	60
Şekil 4.11	Dördüncü test çalışmasının grafiksel gösterimi.....	62
Şekil 4.12	Dördüncü test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi ...	62
Şekil 4.13	Beşinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları.....	63
Şekil 4.14	Beşinci test çalışmasının grafiksel gösterimi.....	65
Şekil 4.15	Beşinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi	65
Şekil 4.16	Altıncı uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları	66
Şekil 4.17	Altıncı test çalışmasının grafiksel gösterimi	68
Şekil 4.18	Altıncı test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi.....	68
Şekil 4.19	Yedinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları	69
Şekil 4.20	Yedinci test çalışmasının grafiksel gösterimi	71
Şekil 4.21	Yedinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi	71
Şekil 4.22	Sekizinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları.....	72
Şekil 4.23	Sekizinci test çalışmasının grafiksel gösterimi.....	74
Şekil 4.24	Sekizinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi	74
Şekil 4.25	Dokuzuncu uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları	75
Şekil 4.26	Dokuzuncu test çalışmasının grafiksel gösterimi	77
Şekil 4.27	Dokuzuncu test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi.	77
Şekil 4.28	Sp3 ve .clk uzantılı dosyaların process işleminde kullanılması	78
Şekil 4.29	Onuncu test çalışmasının grafiksel gösterimi	80
Şekil 4.30	Onuncu test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 INS sistemleri doğruluk sınıflandırması.....	15
Çizelge 2.2 GPS ve IMU verilerinin birlikte kullanılmasının sağladığı faydalar	17
Çizelge 4.1 Birinci Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları.....	52
Çizelge 4.2 İkinci Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları.....	55
Çizelge 4.3 Üçüncü Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları.....	58
Çizelge 4.4 Dördüncü Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları.....	61
Çizelge 4.5 Beşinci Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları.....	64
Çizelge 4.6 Altıncı Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları.....	67
Çizelge 4.7 Yedinci Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları	70
Çizelge 4.8 Sekizinci Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları	73
Çizelge 4.9 Dokuzuncu Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları.....	76
Çizelge 4.10 Onuncu Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları	79
Çizelge 6.1 Dengeleme sonucu BKN arasındaki KOH farkları	82

1. GİRİŞ

Günümüzde Fotogrametri ve Jeodezi bilimleri birbirinden bağımsız disiplinler olarak değil, aksine birbiri ile bütünleşik, ortak verileri kullanan bilimler olarak görülmektedir. Fotogrametrik harita üretiminde, digital kamera ve GPS/IMU sistemlerinin kullanılması ile birlikte, jeodezik faaliyetlerin kapsamı da bağlantılı olarak değişmiştir.

Yenilenen ve gelişen teknolojiler Fotogrametri dalını da önemli ölçüde etkilemiştir. Teknolojideki bu hızlı gelişim ile Fotogrametri alanında, uçaklardaki analog kameraların yerini GPS/IMU sistemine sahip digital kameralar almıştır. Bu sistemde GPS ile kameranın konumu belirlenirken, IMU sistemi ile de dönüklükler belirlenmektedir. Ülkemizde de son yıllarda fotogrametrik harita üretiminde digital kamera kullanılmaya başlanılmıştır. Bu sayede Fotogrametri’de yapılan işler yönünden zamanı etkili bir şekilde kullanma, maliyeti en az seviyelere indirilebilme, hızlı ve yüksek doğruluklu çalışmalar yapabilme imkânı doğmuştur.

Digital kamera sistemleri ile elde edilen GPS/IMU kinematik verilerinin process edilerek değerlendirilmesi aşamasında, uçuş esnasında uçakta ve uçuş alanı içinde yerde kurulan GPS verilerine ihtiyaç duyulur. Burada istenen uçakta ve yerde aynı anda aynı uydulara GPS gözlemi yaparak, uydu yörünge ve saat hatalarının giderilmesidir. Bunun için uçuş alanı içerisinde uçuş esnasında gözlem yapacak bir GPS istasyonu kurulmalıdır. Bu anlamda TUSAGA-AKTİF istasyon verilerinin sabit nokta olarak kullanılması fikri ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada da fotoğraf çekimi sırasında toplanan GPS/IMU verilerine, farklı sayıda, farklı dağılımdaki ve farklı mesafelerdeki sabit yer GPS noktalarından getirilen düzeltmelerin yöneltme doğruluğuna etkileri araştırılmıştır. Ayrıca uçaktaki GPS/IMU verileri çözülürken iyonosferin etkisi gözlenmiş ve PPP (Precise Point Positioning) internet ortamında yayınlanan düzeltmeler yöneltmede elde edilebilecek doğruluklar tespit edilmiştir. Elde edilen sonuç ve kazanılan deneyimler ülkemizdeki diğer sivil ve kamu kurumundaki harita üreticisi kurumlarla paylaşılması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Görüntülerin Yöneltilmesi

Uzaktan algılama sistemleri ile elde edilen görüntülerin değerlendirilmesinde ilk adım, yönettme elemanlarının belirlenmesi işlemidir. Algılayıcıların yönettmesi olarak da tanımlanan bu işlem, algılayıcılar ile kaydedilen fotoğraf veya görüntü için tanımlanan fotoğraf veya görüntü koordinat sistemi ile referans koordinat sistemi arasındaki dönüşüm parametrelerinin belirlenmesidir. Hava fotogrametrisinde bu yönettme problemi, altı adet dış yönettme elemanının izdüşüm merkezinin üç koordinatı X_0 , Y_0 , Z_0 ve üç dönüklük açısı (ω , ϕ , κ) belirlenmesi olarak isimlendirilir. Dış yönettme elemanları, modeller veya fotoğraflardan oluşan blok için fotogrametrik nirengi yöntemiyle çok sayıdaki fotoğraf için toplu olarak çözülür. Dolaylı yöntem olarak da isimlendirilen fotogrametrik nirengi yönteminde, yer kontrol noktaları ve bu yer kontrol noktalarının fotoğraf koordinatları, bağlama noktaları ve kamera bilgileri kullanılarak bilinmeyen dış yönettme elemanları dengeleme işlemi ile toplu olarak belirlenmektedir (Yastıklı, 2003).

Stereo modellerin klasik olarak yönettmesi, karşılıklı yönettme ve mutlak yönettme olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir. 12 adet dış yönettme elemanı bilinmeyeninden 5'i karşılıklı yönettme, 7'si de mutlak yönettme işlemi sırasında çözülür. Karşılıklı yönettme işlemi sırasında, resim eğiklik ve dönüklükleri giderilir ve stereo modeli oluşturan fotoğraflar birbirine nazaran çekildikleri konuma getirilecek şekilde yönetttilir. Mutlak yönettme işlemi ise, görüntü koordinat sistemi ile referans koordinat sistemi arasındaki üç boyutlu koordinat dönüşümüdür. Bu anlamda görüntü ölçeklendirilir, görüntü referans düzlemi ile arazi referans düzlemi paralel duruma getirilir ve görüntü koordinat sistemi ile arazi koordinat sistemleri arasında gerekli uyum sağlanır. Bu dönüşümün yapılabilmesi için 3 öteleme, 3 dönüklük ve 1 adet ölçek faktöründen oluşan 7 adet bilinmeyen belirlenmesi gerekmektedir. 7 bilinmeyen çözüm için model alanında en az 3 adet düşey, 2 adet yatay kontrol noktasına ihtiyaç vardır. Ancak kontrol için fazla nokta sayına ihtiyaç duyulduğu için pratik değildir.

Bir başka yaklaşım, uzun yıllardan beri uygulanan Fotogrametrik Nirengi yöntemidir.

Yöntemde nirengi noktaları ve sayıları bloklara göre belirlenir. Fotogrametrik Nirengi yöntemi ile model içinde istenilen sayıda noktanın arazi koordinatları bulunabilmektedir.

Yukarıda bahsedilen yöntemlerin yerini ışın desteleri ile blok dengeleme yöntemi almıştır. Işın desteleri ile blok dengeleme matematiksel modeli ek parametrelerle genişletilmiş doğrudaşlık eşitliğine dayanmaktadır. Sistemik hataların düzeltilmesi için kullanılan ek parametrelerin anlamlılıkları, istatistiksel test yöntemleri kullanılarak test edilmektedir. Işın demetleri ile blok dengelemede veriler, birbirlerini bindirmeli olarak örten resimlerdeki, resim ve yer kontrol noktaları koordinatlarıdır. Resim koordinatları ile resim iç yöneltmesinin elemanları, her resimde bir ışın demeti tanımlamaktadır. Dengelemede resim ile arazi koordinatları arasında bağıntı kurulmak suretiyle hesaplamalar yapılmaktadır. GPS destekli ışın desteleri ile blok dengeleme standart bir uygulama olmuş ve harita üretim projelerinde başarı ile kullanılmaktadır.

Lazer tarayıcı sistemlerde görüntüyü tarayarak çalışan ve kristal dedektör elemanları aracılığı ile elektromanyetik spektrumun görünür ve yakın kızılötesi bölgedeki ışımayı kayıt eden sistemler olarak adlandırılır. Lazer tarayıcı sistemlerin gelişimi ve günümüzde yaygın kullanımı ile başlayan ve çok bantlı tarayıcı sistemler ve sayısal kameraların gelişmesi ile birlikte, bu sistemlerle elde edilen görüntülerin yöneltmesi gündeme gelmiştir. Tarayıcı sistemlerin temel esası ise, uçuş yönüne dik bir hat boyunca yer alan arazinin, bir ucundan diğer ucuna belli bir açı altında tarama işlemi, ya mekanik olarak dönen ya da sarkaç gibi salınan ayna yardımı ile gerçekleştirilir. Her satır elektronik olarak taranır, taranan değerler sistemin parçası olan veya özel olarak tasarlanmış bir yüksek kapasiteli depolama diskine kaydedilir. Görüntünün geometrik kalitesinde ortaya çıkabilecek azalmayı önlemek için her bir dedektör elemanının kalibrasyonuna özen göstermek gerekmektedir. Bu işlem sırasında kaliteli bir görüntü elde edebilmek için özellikle GPS/IMU ile elde edilen yöneltme parametrelerinin doğruluğu önem kazanmaktadır.

Doğrudan yöneltme olarak isimlendirilen ve GPS/IMU sistemleri yardımı ile dış yöneltme elemanlarının belirlendiği bu yeni teknoloji, klasik film kameralar, lazer

tarayıcı sistemler (LIDAR), yapay açıklı radarlar (SAR), Interferometrik SAR (InSAR), sayısal dizi tarayıcılar, çok bantlı tarayıcılar ve sayısal kameralarla görüntü kaydeden uçaktaki uzaktan algılama sistemlerinde kullanılmaktadır (Skaloud, 2002).

2.2 GPS/IMU Sistemlerinin Gelişimi

GPS ve IMU istemlerinin birlikte kullanımı ile oluşan GPS/IMU sisteminin temeli navigasyon sistemlerine dayanmaktadır. Navigasyon, uzak mesafelere güvenli ve planlı bir şekilde gitmek ve dönmek olarak tanımlanabilir. Bu nedenle, yüzyıllar boyu hem sivil hem de askeri açıdan insanlık tarihi için önemli rol oynamıştır. Bilimsel açıdan navigasyon kavramı:

- bilinen bir koordinat sisteminde konum ve hız vektörlerinin belirlenmesi,
- daha önce belirlenen iki konum arasında gerekli zorunlu manevraların planlanması ve planlanan şekliyle gerçekleştirilmesi,

olarak tanımlanmaktadır. Navigasyon sistemleri özellikle "Inertial Navigation Systems" (INS), askeri ve bilimsel uygulamaların önemli bir parçası olmuştur (Farrell ve Barth, 1999). IMU ve INS sistemleri birçok literatürde birbirinin yerine kullanılmaktadır. INS sistemleri, IMU sistemini ölçme birimi olarak içermekte ve buna ek olarak konum ve yönlendirme fonksiyonları genellikle bir yazılımla gerçekleştirilmektedir (Colomina, 1999).

INS sistemi ilk defa 1949 yılında C.S. Draper tarafından geliştirilmiştir (Schherzinger, 2001). Daha sonraki yıllarda, Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri askeri navigasyon uygulamalarında kullanılmak üzere standart GPS/INS üretimini gerçekleştirmiştir. Harita üretim kurumları 1970'li yıllarda INS sistemini ölçme aleti olarak görmüşlerdir. Bu yıllarda INS sistemi Uçakta kullanılan uzaktan algılama sistemlerinde, örnek olarak çok bantlı tarayıcılarda dönüklük açılarının ölçümünde kullanılmıştır. Büyük boyutlu, ağır ve özellikle pahalı olması nedeniyle ölçme uygulamalarında çok fazla kullanılmamıştır. Sonraki yıllarda 1975-1985 yılları arasındaki gelişmeler, özellikle lazer jiroskopların üretilmesi ile bu sınırlamaları ortadan kaldırmıştır. Bugünkü anlamda ilk IMU'nun üretilmesindeki temel amaç, silah

sistemlerinin özellikle kısa menzilli füze sistemlerinin yönlendirilmesiydi. Bu nedenle geliştirilecek IMU, havadaki füze sisteminde taşınacak olması nedeniyle hafif ve müşteri bulabilmesi için ucuz olması gerekiyordu. Bu zorunluluklar uzaktan algılama sisteminde kullanılan IMU'ların sınırlamalarının tamamen ortadan kaldırılmasına yardım etmiştir. Sonuç olarak, GPS ve IMU'nun birlikte kullanılması ile uzaktan algılama uygulamalarında doğrudan yöneltme yaklaşımının gerçekleştirilmesi mümkün olmuştur (Yastıklı, 2003).

2.3 GPS ve IMU

IMU (Inertial Measurement Unit) ve DGPS (Diferential Global Positioning System)'in birlikte kullanılmasıyla oluşturulan GPS/IMU bütünleşik sistemi sayesinde, uçuş sırasında GPS ile kameranın konumu belirlenirken, IMU sistemi ile de dönüklükler belirlenmektedir. Bu anlamda GPS ve IMU teknolojilerini daha iyi anlaşılabilmesi için üzerinde durulması gerekir. Bu bölümde GPS ve IMU sistemleri hakkında ayrıntılı bilgi verilecektir.

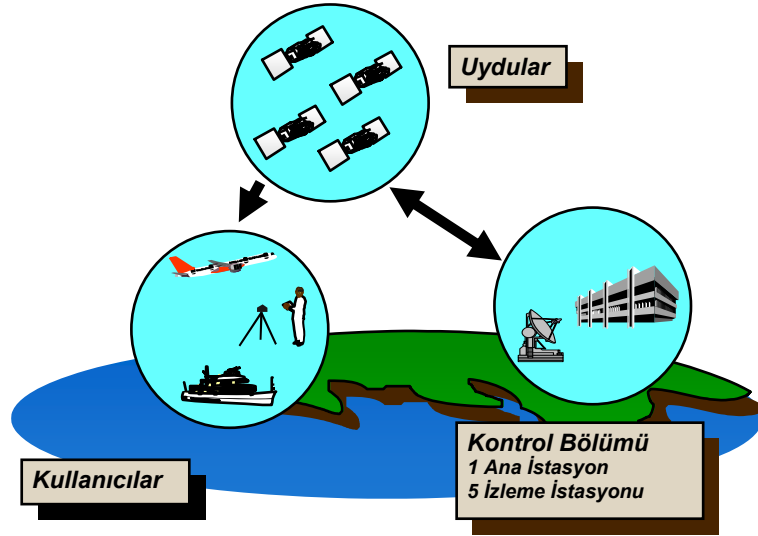
2.4 Küresel Konumlama Sistemi (GPS)

Yüzyıllar boyunca insanoğlu birçok navigasyon (bir yerden başka bir yere gitme) tekniği geliştirmiştir. Fakat bunlardan hiçbiri GPS kadar doğru, hızlı, herhangi bir zamanda ve yerde her türlü hava koşulunda hizmet verememiştir.

GPS'in resmi olarak ismi NAVSTAR GPS (NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System) olarak adlandırılır. GPS aslında yeni bir kavram değildir. Özellikle keşifler çağında insanoğlu yönünü bulmak için gökteki yıldızlardan yararlanmıştır. GPS uyduları insan yapısı bir yıldız olarak nitelendirilebilir. GPS de izlemekten ziyade dinleme yapılır. Alıcı, GPS uydularından gönderilen sinyalleri dinleyen bir radyo vazifesini görür.

GPS Amerikan Savunma Dairesi tarafından askeri amaçlar güdülerek geliştirilmiş bir sistemdir. Temel olarak üç bölümden oluşur. Bunlar;

Uzay bölümünü oluşturan uydular, bu uyduları devamlı olarak izleyen bir kontrol bölümü ve kullanıcılar bölümünden oluşur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 GPS'in Bölümleri (Aktuğ, 2006)

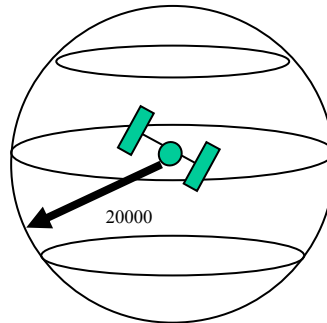
Uydular, kontrol bölümü tarafından koordinatları çok iyi bilinen izleme istasyonlarından sürekli olarak izlenir ve toplanan veriler ana kontrol istasyonuna gönderilir. Burada uydu koordinatları hesaplanır ve yayın istasyonlarından uydulara gönderilir. Her 24 saatte bir, sonraki gün için kestirilen yörüngeler uydulara yüklenir.

Sistem 21 asil ve 3 yedek olmak üzere sistem toplam 24 uydudan oluşacak şekilde planlanmıştır. Ancak ortalama ömrü 7.5-10 yıl olarak hesaplanmış olan bazı uyduların hala çalışmaya devam etmeleri nedeniyle toplam 32 GPS uydusu faaliyet göstermektedir (İnt.Kyn.2). GPS uydusu bir yörünge üzerinde dolanan radyo istasyonuna benzetilebilir. Toplam olarak 800 kg ağırlığında üzerinde güneş panelleri ile yerdeki kontrol merkezinden veri almaya ve bunları kullanıcılara göndermeye yarayan antenlerden oluşur. Uydular yerkürenin merkezinden yaklaşık 20200 km uzaklıktadır ve saniyede 4 km yol alırlar. Yani bir mermiden daha hızlı hareket ederler. Uydular yeryüzünde herhangi bir yer ve zamanda ufuk üzerinde en az dört uydu görünecek ve ekvator ile 55 derecelik eğim yapacak şekilde, 6 ayrı yörüngeye yerleştirilmiştir. Dünyanın çevresini 12 saatte dolaşırlar ve ufkun üstünde 5 saat kalırlar (Aktuğ, 2006).

Uydulardan birisi askeri diğeri sivil kullanıcılar için iki ayrı kod yayınlanır. Bunlar 1 ve 0 lardan oluşan ve rastgele dağılımlı kodlardır. Rastgele oldukları için bunlara pseudo-random-noise (PRN) adı verilir. Her uydunun PRN kodu farklıdır. Bu kodlardan C/A kodu clear access veya coarse acquisition code olarak isimlendirilir (Kahraman, 2004). Sivil kullanıcılar için dalga boyu 300 m dir. P kodu ise precise veya private kod olarak adlandırılır. Dalga boyu 30 m olup, yalnız askeri kullanıcılar tarafından kullanılabilir. Çünkü, Amerikan Savunma Dairesi anti-spoofing denilen bir uygulama ile bu kodu şifreleyerek sivil kullanıma kapatmıştır. Bu kod bilgilerinin yanında uydular nerede olduklarını gösteren navigasyon mesajı da gönderirler. Kod ve navigasyon bilgileri iki ayrı L bandındaki (L1 ve L2) taşıyıcı dalgalarla uydudan kullanıcılara gönderilirler. L1 dalgası ile C/A ve P kodu gönderilir. L2 taşıyıcı dalgasının üzerine ise sadece P kodu modüle edilmiştir. Sözü edilen L1 ve L2 dalgaları 19 ve 24 cm. dalga boyu olan 1575 ve 1227 MHz frekanslarındaki mikro dalgalardır (Demir, 2006).

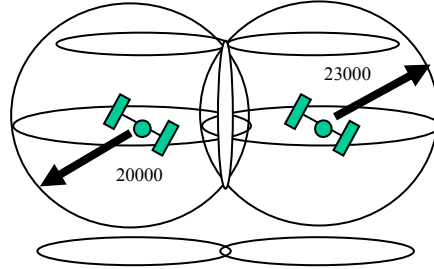
2.5 GPS Nasıl Çalışır?

Tamamen basit geometri ile anlatılabilir. Yapılan işlem 3 boyutlu uzayda geriden kestirmedir. Elimizde bir GPS alıcısının olduğunu kabul edelim, uydunun dünyanın merkezine göre nerede olduğu ve bizim uyduya olan mesafemizi bildirdiğini kabul edelim. Uydunun bize olan uzaklığı 20000 (yirmi bin) km olsun. Bu bilgi bize çok şey ifade etmez, sadece uydunun merkezinden itibaren 20 bin km yarıçaplı bir küre yüzeyinin herhangi bir yerinde bulunduğumuzu anlarız (Şekil 2.2).



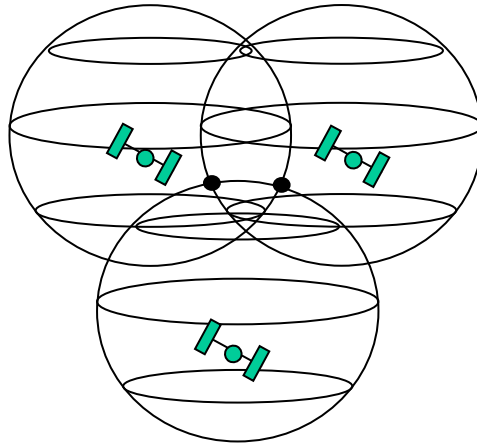
Şekil 2.2 Bir Uydu ile Konumlama

GPS alıcısı ikinci bir uyduya olan mesafeyi 23 bin km olarak ölçmüş olsun, bu durumda yerimiz iki kürenin arakesiti olan bir çember olacaktır. Bu çember de yerimizi bulmamız için yeterli gelmeyecektir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 İki Uydu ile Konumlama

GPS alıcısı ile üçüncü bir uyduya olan mesafenin de ölçüldüğünü düşünelim. Bu durumda üç kürenin kesişim yeri iki ayrı nokta olacaktır ki, bunlardan biri dünyanın dışında bir yerdir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Üç Uydu ile Konumlama (Üç küre iki noktada kesişir)

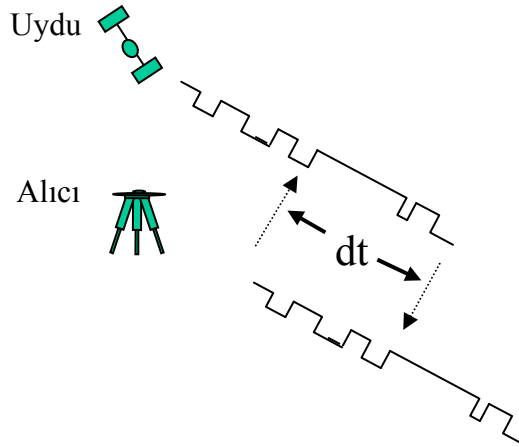
Böylece bulunduğumuz yer diğer nokta olacaktır. Yapılan işlem görüldüğü üzere mesafe ile uzaysal geriden kestirmedir. GPS ile konumlamanın temeli budur. Üç boyutlu bir uzayda konum üç elemanla bildirilir. Yani enlem boylam ve yükseklik gibi 3 bilinmeyen elemanın çözülmesi gereklidir. Matematikten de bilineceği gibi 3 bilinmeyen tek anlamlı olarak 3 eşitlik ile çözülebilir. Bu durumda üç uyduya ölçeceğimiz mesafe tek anlamlı olarak problemi çözüp konumumuzu belirlemeye imkân

verecektir. Ancak, daha sonra ifade edeceğimiz gibi her an en az 4 uyduya gözlem yapmamız gerekmektedir. GPS ile konumlanmanın temel elemanı olan uydu ile alıcı arasındaki mesafe ise,

$$\text{Mesafe} = \text{Hız} \times \text{Zaman}$$

bağıntısında hesaplanır.

Örnek: Bir araç 80 km/saat hızla gidiyorsa 4 saatte 320 km yol gider. Işık hızı da yaklaşık olarak 300 bin km (299274 km) olduğuna göre hız yerine bu değer kullanılacaktır. GPS sinyalinin uydudan alıcıya gelinceye kadar geçen zamanı ışık hızı ile çarparsak uydu alıcı mesafesini buluruz. Geçen zamanı ölçmek için sinyalin uydudan çıkış zamanı ile alıcıya giriş zamanı kaydedilir. Geçen zaman ise çok çok hassas atomik bir saatle ölçülmelidir. Fakat atomik saatler çok pahalıdır bu nedenle alıcılara konulamaz. Bu durumda zaman farkı şöyle tespit edilir; Alıcıda da uydudaki sinyalin aynısı üretilir. Yani alıcıda da uydu ile aynı anda aynı kod üretilir. Uydudan gelen kod sinyali alıcıya ulaşana kadar bir miktar zaman geçer. Alıcı kendi ürettiği kod ile uydudan geleni karşılaştırır. Aradaki kayıklıktan sinyalin ne kadar sürede geldiğini tespit eder ve ışık hızı ile çarparak aradaki mesafeyi belirlemiş olur (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Uydu-Alıcı Mesafesinin Tespiti

Uydularda çok hassas saatler (hydrogen-maser) olmasına rağmen alıcılarda ise kol saati gibi ucuz quartz saatler bulunmaktadır. Quartz saatlerin uydu saatleri ile tam olarak senkronize olmaları mümkün değildir. İşte bu sebepten uydu ile alıcı arasında ölçülen mesafe gerçek (true) mesafe değil sanal mesafe yani pseudo-range olarak ifade edilir

(Aktuğ, 2006). Alıcıdan bütün uydulara ölçülen mesafeler, standart bir hata olan alıcı saat hatası ile yüklü olduğundan, bunu bir bilinmeyen olarak çözebiliriz. Alıcı saat bilinmeyeninin de ilave edilmesi ile GPS'te bilinmeyen sayısı dörde çıkar. Bu durumda konumlama yapabilmek için bir epokta en az dört uydunun görünmesi gereklidir. İşte daha önce ifade edilen en az dört uyduyu görme şartının nedeni budur. Sonuç olarak bilinmeyenler bulunan yerin enlem boylam ve yüksekliği olan konum parametreleri ile alıcı saatinin GPS zamanından olan kayıklık hatasıdır. Pseudo-Range yani uydu-alıcı arası mesafe ölçüsünü etkileyen diğer hatalar aşağıda açıklanmıştır.

2.5.1 Uydu-Alıcı arası mesafe ölçüsünü etkileyen hatalar

2.5.1.1 Uydu saati hataları

Her ne kadar uydularda çok hassas saatler olsa da bir süre sonra onların da GPS zamanını ile aralarında küçük kayıklıklar ortaya çıkmaktadır. Fakat bu hatalar devamlı olarak yer kontrol istasyonu tarafından kontrol edilmekte ve düzeltme faktörleri navigasyon mesajının içine dahil edilmektedir.

2.5.1.2 Yörünge hataları

Şu anda konum belirlemek istediğimiz taktirde uyduların şu an için tahmin edilmiş (predicted) yörüngeleri kullanmaktadır. Tabii ki şu anda uyduların gerçek yeri bize gönderilen mesajdaki yerinden bir miktar farklıdır. Bu sebeple hesapladığımız konum bir miktar hatalıdır.

2.5.1.3 İyonosfer ve Troposfer hataları

İyonosfer yer yüzeyinden itibaren yaklaşık 50 km yükseklikten başlayıp, 1100 km ye kadar uzanır (Can ve Gümrükçü 2009). Elektrikle yüklü parçacıkların bulunduğu bir atmosfer tabakasıdır. Uydudan çıkan sinyal iyonosfer tabakasından geçerken elektrik yüklü parçacıklardan etkilenerek yolunu değiştirir ve zaman kaybeder. Bu gecikmenin miktarını tespit etmek çok zordur. İşte bu yüzden iki ayrı taşıyıcı dalga yani L1 ve L2

kullanılır (Aktuğ et al. 2011). Çünkü bu etki iki farklı frekansı farklı boyutlarda geciktirir. İki farklı etki mukayese edilerek iyonosferin etkisi elimine edilebilir.

Yerin 10 km 'ye kadar yüksekliğindeki tabakaya ise troposfer denir. Burada hava olayları gerçekleşir. Bulutlar ve su buharı bulunan bu tabaka da uydu sinyallerini etkiler. Fakat bu etki dalgalar üzerine standart düzeltmeler uygulanarak elimine edilebilir.

Şimdi akla bütün bu hatalar sonucunda konum hassasiyetinin ne olduğu gelecektir. GPS uyduları yörüngelere yerleştirilip testleri yapıldıktan sonra P kodu kullanan alıcılar için yani askeri amaçlı uygulamalarda 10-20m, C/A kodu kullanan sivil kullanıcılar için de 20-30m arasında konum doğruluğu elde edildiğini görmüştür. Sivil kullanıcıların konum doğruluğunun beklenenden 4 kat daha iyi olduğunun görülmesi üzerine, Amerikan Savunma dairesi uydu saatlerini ve uydu konumlarını bozarak konum doğruluklarını 100-150m arasına çıkarmıştır. Bu uygulamaya selective availability adı verilmiş ve Mart 1990 yılından itibaren uygulamaya konulmuştur. Haziran 2000 yılından itibaren de Amerikan Savunma Dairesi (DoD Department of Defence) sivil kullanıcılardan gelen büyük talepler sonucunda selective availability uygulamasına son vermiş ve böylece sivil kullanıcılar için de 20-30m arasındaki konum doğruluğuna erişmek tekrar mümkün olmuştur.

GPS ile elde edilen konum doğruluğu uydu geometrisine de bağlıdır. Eğer uydular ufkun üzerine homojen olarak dağılmışlarsa, daha doğru konum bilgisi elde edileceğini düşünürüz. Buna GPS terminolojisinde Geometric Dilution of Precision (GDOP) adı verilir. Düşük GDOP değerine sahip olduğunda uyduların gökyüzüne uygun dağıldığını ve daha doğru konum elde edileceği düşünülür. Uydu sayısı fazlaştıkça da GDOP değeri düşer yani konum doğruluğu artar.

2.5.2 Diferansiyel GPS (DGPS)

Amerikan Savunma Dairesi'nin Selective Availability uygulaması ile sivil kullanıcılar için konum doğruluğu 100-150m arasında değişmektedir. Bu hataları daha küçük

seviyelere düşürmek amacıyla Diferansiyel GPS tekniği ortaya çıkmıştır. Temel olarak DGPS kavramı, eş zamanlı gözlem yapan belirli bölgedeki alıcıların belirli uydulara yaptığı gözlemlerde aynı ortak hataların etkisinde olduğu gerçeğine dayanır. Biri konumu bilinen sabit noktada (referans) diğeri konumu belirlenmek istenen noktalarda (gezici) olmak üzere en az iki alıcı kullanılır. Gezici alıcıyla aynı uyduya gözlem yapan referans alıcının bilinen konumu ile gözlem sonucunda hesaplanan konumu arasındaki farkı ifade eden düzeltme vektörü, atmosferik (troposfer + iyonosfer) etkiler ile uydu saati ve yörünge hatalarını (S/A etkilerini) giderecek şekilde formüle edilir ve gezici alıcıya gönderir (Aktuğ, 2006). Düzeltme bilgileri gezen alıcılara, referans istasyonuna olan uzaklıklarına haberleşme tekniklerinden biriyle gönderilir. Gezici alıcı bu düzeltmeleri kullanarak uydulara yaptığı mesafe ölçülerini düzeltir ve 1-5m arasındaki konum hassasiyetine ulaşır. Genel olarak referans istasyonları hesapladıkları düzeltmeleri bütün dünya için kabul edilmiş veri formatı olan RTCM (Radio Technical Commission for Marine Services) – 104 formatında göndermektedir. Referans istasyonundan gelen düzeltmelerin alınabilmesi için gezici alıcıların da DGPS verilerini alabilecek özellikte olması gerekir (İnt.Kyn.1).

DGPS'te uydular için hesaplanan düzeltmeler referans istasyonuna aittir yani referans istasyonundan uzaklaştıkça düzeltmeler gezici alıcılar için anlamını yitirir.

Günümüzde bu eksikliğin giderilmesi için Geniş Alan DGP olarak ifade edilen WADGPS (Wide Area DGPS) yöntemi uygulamaya sokma çalışmaları başlamıştır. WADGPS'de referans istasyonlarında uydulardan toplanan veriler bir ana kontrol istasyonuna gönderilir ve burada referans istasyonlarındaki pseudorange hataları radyal yani tek yönde skaler bir büyüklük olarak ele alınmamakta bu hatanın üç ayrı yöndeki bileşenleri modellendirilmektedir. Hesaplanan bu bilgiler de uydu vasıtası ile kullanıcılara aktarılmaktadır. Bu yöntemle hesaplanan düzeltmeler referans istasyonlarından bağımsız hale gelmektedir.

2.6 IMU (Inertial Measurement Unit)

IMU (Inertial Measurement Unit), birbirine dik üç eksen üzerine birbirine paralel olarak

yerleştirilmiş jiroskop ve ivmeölçerden oluşur. Konum, hız ve dönüklük verilerini sağlar.

Temel prensibi Newton'un "Sürtünmesiz bir ortamda hareketsiz bir kütle, dışarıdan bir kuvvet veya tork etki etmediği sürece hareketsiz kalır, sabit hızla hareket eden bir kütle ise sabit hızla hareketine devam eder" biçimindeki ilk hareket kanunu'na dayanmaktadır. Bu özellik aynı zamanda eylemsizlik prensibi olarak da isimlendirilmektedir. İnersiyal koordinat sistemi Newton'un ilk hareket kanununun geçerli olduğu koordinat sistemi, başka bir koordinat sistemine göre hareketsiz olan veya sabit hızla hareket eden koordinat sistemi olarak tanımlanmaktadır (Nolan, 1995).

IMU, hareket halindeki uçağa ait açısal hız vektörlerinin (ω_{ig}) platform koordinat sistemindeki üç bileşenini ve kuvvet vektörünün (f^g) platform koordinat sistemindeki üç bileşeni ve kuvvet vektörünün (ω_{ig}) platform koordinat sistemindeki üç bileşenini sürekli olarak ölçmektedir. Açısal hız vektörü (f^g), platform koordinat sisteminin inersiyal koordinat sistemine göre dönüklüğünü tanımlamaktadır. Kuvvet vektörü (f^g) hareket halindeki araca etki eden bütün kuvvetleri içermektedir. Eğer gravite (ağırlık) ivmesi yerine yaklaşık değer olarak normal gravite vektörü alınırsa hareket halindeki aracın inersiyel koordinat sistemine göre doğrusal ivmeler toplamı belirlenebilir. Belirlenen doğrusal ivmelerin zamana göre integrali alınarak hız verileri, zamana göre ikinci integrali alınarak istenen konum verileri elde edilir (Mostafa,1999,Cramer,1997).

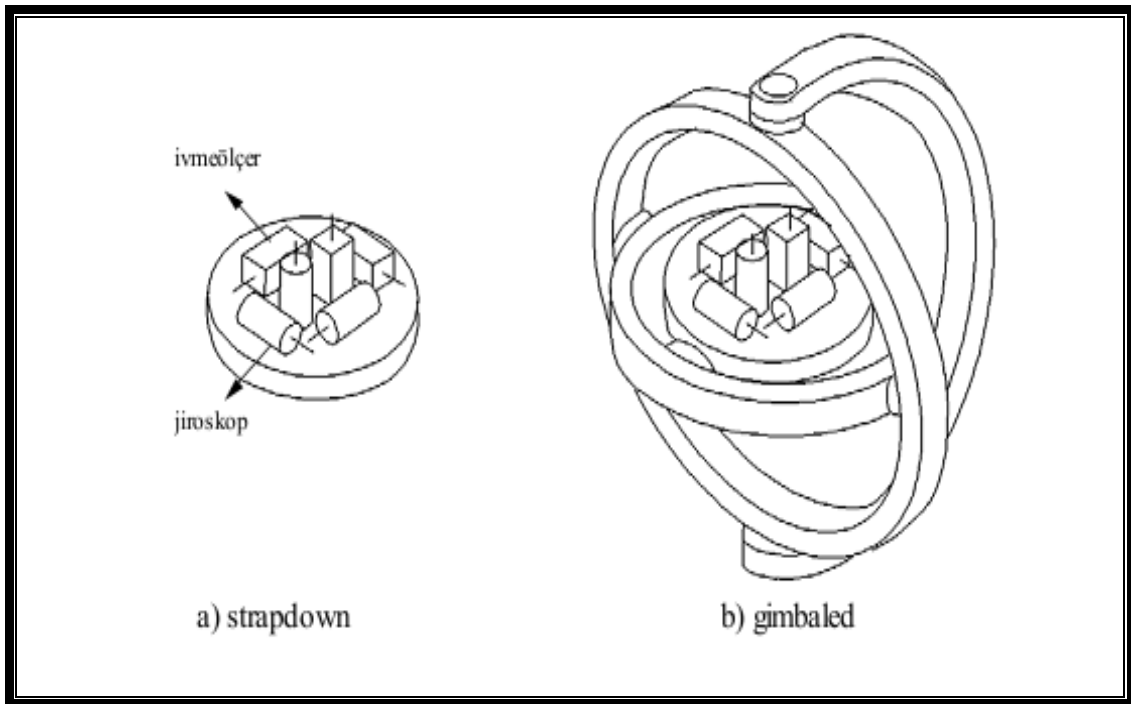
şu anda piyasada kullanılmakta olan farklı performansta çok sayıda IMU dizaynı bulunmaktadır. Genel olarak bunları,

- "gimbalede" sistemler
- "strapdown" sistemler

olarak sınıflandırılabilir. "Gimbalede" sistemlerde 3 adet jiroskop ve ivmeölçer bir platforma sabit olarak yerleştirilmiştir. Bu platform, oluşturulan düzencek yardımıyla aracın hareketlerinden etkilenmemekte, yani sabit kalmaktadır. Burada kaydedilen dönüklükler, sabit daha önceden tanımlanan koordinat sistemine göre belirlenebilmektedir. Bu sistemler oldukça hassastır. Karmaşık sistem yapısına sahip

olmaları nedeniyle üretim maliyetleri çok yüksektir ve bu sistemlerin en önemli sınırlamasıdır.

"Strapdown" sistemlerde jiroskoplar ve ivmeölçerler sabit olarak bir platforma yerleştirilmiştir. Bu platform aracın hareketi ile birlikte hareket etmektedir (Şekil 2.6). Açısal hız değişimleri jiroskoplarla sürekli kaydedilmektedir. İvmeölçerlerde sabit değil hareketlidir ve aracın hareketlerinden etkilenmektedir. Bu sistemde belirlenen dönüklük verileri, "gimbaled" sistemlerde olduğu gibi tanımlanan sabit bir koordinat sistemine göre değil araca göre tanımlanan platform koordinat sistemine göre kaydedilmektedir. "Strapdown" sistemler sistem yapısının daha basit olması nedeniyle platform sistemlere göre daha ucuzdur. Bu nedenle doğrudan yönetme amaçlı kullanımlarda ağırlıklı bu sistemler tercih edilmektedir. Bu sistemlerde elde edilen doğruluk teknolojik gelişmelerle birlikte artmaktadır (Yastıklı, 2003).



Şekil 2.6 "Strapdown" ve "gimbaled" IMU dizaynı (Yastıklı, 2003)

IMU, elde edilen verilerin kaydedilmesi ve işlenmesi için kullanılan navigasyon bilgisayarı ve kullanılan yazılımlar INS'i (Inertial Navigation System) oluşturmaktadır. Doğrudan yönetme amaçlı kullanılan sistemler, bütün bir sistem olarak kullanıcılara

çoğunlukla INS sistemi şeklinde sunulmaktadır. Bu sistemler elde edilen konum, hız ve dönüklük verileri doğruluklarına göre sınıflandırılmaktadır. Elde edilen verilerin doğruluğuna göre INS sistemleri sınıflandırması Çizelge 2.1 de verilmiştir.(Schwarz, 1995, Schwarz et al. 1994). Çizelge 2.1 de görüldüğü gibi INS'in doğruluğu zamana bağlı olarak önemli ölçüde azalmaktadır (Yastıklı, 2003).

Çizelge 2.1 INS sistemleri doğruluk sınıflandırması (Yastıklı, 2003)

Zaman Aralığı	Sistem Doğruluk Sınıfı		
	Yüksek	Orta	Düşük
Konum verileri			
1 h	0.3-0.5 km	1-3 km	200-300 km
1 m	0.3-0.5 m	0.5-3 m	30-50m
1 s	0.01-0.02 m	0.03-0.10 m	0.3-0.5m
Hız verileri			
1 h	0.3-0.5 m/s	1-2 m/s	200-300 m/s
1 m	0.01-0.02 m/s	0.05-0.1 m/s	1-2 m/s
1 s	0.0005-0.001 m/s	0.001-0.003 m/s	0.002-0.0005 m/s
Dönüklük verileri			
1 h	10"30"	1"-3"	1°-3°
1 m	1"-2"	15"-20"	0°-2-0°-3
1 s	<1"	1"-2"	0°.01-0°.03

2.7 GPS ve IMU Verilerinin Birlikte Kullanılması

Bundan önceki bölümde ayrıntılı bir şekilde açıklandığı üzere, prensip olarak DGPS ve IMU ile doğrudan yöneltme için gerekli olan konum ve dönüklük verileri belirlenebilir. Tek başlarına kullanıldığı takdirde, bu sistemlerden hiçbiri Çizelge 2.1'de verilen doğruluk gereksinimlerini karşılamamaktadır (Yastıklı, 2003).

GPS ölçümleri, konum ve hız verileri için yüksek doğruluğa sahiptir. Elde edilen konum ve hız doğruluğu zamana bağlı olarak azalmamaktadır. Uçağa yerleştirilen en az üç hareketli alıcı yardımıyla taşıyıcı faz ölçümleri kullanılarak DGPS yöntemi ile belirlenen dönüklük verileri belirlenebilir, ancak elde edilen doğruluk düşüktür (Çizelge 2.1). GPS veri kayıt sıklığı

düşüktür ve bu nedenle fotoğraf çekim anındaki konum verileri için interpolasyona gereksinim vardır. GPS ile konum belirleme dünya çevresinde hareket eden GPS uydularına bağımlıdır, IMU gibi bağımsız bir sistem değildir. Elde edilen doğruluk sinyali kesilmesi, uydu geometrisi ve görülebilen uydu sayısına bağlı olarak azalmaktadır (Yastıklı, 2003).

IMU ölçümleri ile elde edilen konum, hız ve dönüklük verileri kısa zaman dilimi için oldukça yüksek doğruluğa sahiptir. Elde edilen konum, hız ve dönüklük verilerinin doğruluğu zamana bağlı olarak azalmaktadır ve bu özellik bu sistemin en önemli sınırlamasıdır (Çizelge 2.1). IMU sistemleri ile konum, hız ve dönüklük verileri çok sık olarak kayıt edilebilmektedir ve IMU sistemleri bağımsız sistemlerdir. IMU verilerinin hassas bir şekilde belirlenmesi için yerel gravite alanı bilgisine ihtiyaç vardır (Yastıklı, 2003).

Bundan önceki paragraflarda GPS ve IMU verilerinin birbirinden bağımsız olarak kullanılması durumunda bu iki sistemin üstünlükleri ve sınırlamaları sıralanmıştır. GPS ve IMU'nun birlikte kullanılması, sadece konum, hız ve dönüklük verileri için yüksek doğruluk sağlamamakta aynı zamanda bu iki sistemin güvenilirliğini artırmakta ve birbirini desteklemektedir. IMU, GPS sinyali kesilmesi durumunda GPS ölçümlerini destekler ve konum ve hız verisi sağlar. Görülebilir GPS uydu sayısının dördün altına inmesi durumunda bile IMU devamlı yörünge bilgisi sağlar. IMU'nun sistematik hataları ve zamana bağlı hatalarının düzeltilmesi için ek verilerle desteklenmesi gerekmektedir. GPS, verilerinin zamana bağlı olarak doğruluğunun değişmemesi nedeniyle IMU verilerinin desteklenmesi için en uygun sistemdir. GPS ölçümleri yardımıyla IMU'nun zamana bağlı ve sistematik hataları doğru bir şekilde kestirilmektedir (Cramer, 1999).

GPS veya IMU'nun kullanılması durumunda birbirine karşı üstünlükleri, sınırlamaları ve birlikte kullanılması durumunda elde edilen GPS/IMU bütünleşik sistemin sağladığı üstünlükleri Çizelge 2.2'de özetlenmiştir (Yastıklı, 2003).

Çizelge 2.2 GPS ve IMU verilerinin birlikte kullanılmasının sağladığı faydalar (Yastıklı, 2003)

Sistem	Üstünlük	Sınırlama
GPS	<ul style="list-style-type: none"> • konum ve hız verileri için yüksek doğruluk • konum ve hız doğruluğu zamanla değişmiyor • yerel gravite alanı bilgisine ihtiyaç yok 	<ul style="list-style-type: none"> • dönüklük verileri için düşük doğruluk (Diferansiyel GPS ile) • düşük veri kayıt sıklığı, interpolasyona ihtiyaç var • GPS uydularına bağımlı, bağımsız bir sistem değil
IMU	<ul style="list-style-type: none"> • kısa zaman aralığında konum ve hız verileri için yüksek doğruluk • dönüklük verileri için yüksek doğruluk • yüksek veri kayıt sıklığı 	<ul style="list-style-type: none"> • elde edilen doğruluk zamana bağlı olarak azalıyor • yüksek doğruluk için yerel gravite alanı bilgisine ihtiyaç var
GPS/IMU	<ul style="list-style-type: none"> • konum ve hız verileri için yüksek doğruluk • dönüklük verileri için yüksek doğruluk • yüksek veri kayıt sıklığı • konum, hız ve dönüklük verileri doğruluğu zamandan bağımsız • GPS sinyal kesilmesi ve diğer hataların düzeltilmesi • yerel gravite alanının belirlenmesi 	

2.8 TUSAGA – AKTİF Sistemi

TUSAGA-AKTİF Sistemi, TÜBİTAK'ın 1007 nolu projeler desteği kapsamında 8 Mayıs 2006 tarihinde başlamış ve Mayıs 2009 tarihinde tamamlanmıştır. Sistem, mevcut durumda 146 istasyon ve 2 adet kontrol merkezi ile aktif olarak çalışmaktadır (Aktuğ et al. 2011).

Türkiye ve KKTC’de, sürekli gözlem yapan GPS İstasyonlarının oluşturduğu ağ yapısında, gerçek zamanlı konum düzeltme bilgileri yayımlayan TUSAGA-Aktif sistemi dört ayrı

- Sabit GPS İstasyonları
- Kontrol Merkezleri
- İletişim Alt Yapısı
- Kullanıcılar.

bileşenden oluşmaktadır.

Bu sistem sayesinde kullanıcılar her türlü hava koşulunda 365 gün 24 saat boyunca tüm ülke genelinde gerçek zamanlı veya sonradan hesaplarla (post-processing) cm seviyesinde anlık hassas koordinat belirleyebilmektedir.

Sistemin temel amaçları; havada, denizde ve karada metre altında navigasyon sağlamak, ED50 datumu ile ITRFxx datumu arasındaki dönüşüm parametrelerini hassas bir şekilde belirleyerek halen kullanılmakta olan ED50 datumundaki harita ve kadastral paftaların da TUSAGA-Aktif sisteminden aplikasyonunun yapılabilmesini sağlamak, hassas yükseklik verisi için jeoid verisi, atmosfer ve iyonosferi modelleyerek daha sağlıklı meteorolojik tahminler ile tektonik hareketlerin hassas bir biçimde ve sürekli olarak izlenmesini sağlamaktadır.

2.9 TUSAGA – AKTİF Sisteminin İşletim Yapısı

TUSAGA-Aktif sisteminin işletilmesi ve düzeltme parametrelerinin hesaplanması tek bir merkezden yapılmaktadır. Proje kapsamında kurulan istasyonlarda birer adet GNSS (GPS+GLONASS) alıcısı ve alıcıya bağlı bir jeodezik GNSS anteni bulunmaktadır. Sistemde, sabit GPS istasyonları ile kontrol merkezleri arasındaki iletişim ADSL üzerinden sağlanmaktadır. Ayrıca, ADSL hattında meydana gelebilecek veri kesikliklerinde mevcut bir Router ile GPRS modem devreye girer ve veri iletimi GPRS/EDGE ile kesintiye uğramadan devam etmektedir (Aysezen et al. 2009).

Kontrol merkezlerinde bulunan sunucular (server) tüm istasyonlardan gelen anlık

verilerden yararlanarak atmosferik modelleme yapar ve DGPS/RTK düzeltme verileri hesaplar. Söz konusu düzeltme verileri ise arazide bulunan gezici alıcılara GPRS üzerinden aktarılır(Şekil 2.7). Bu şekilde tek frekanslı bir GPS alıcısı DGPS verisini kullanarak metre altı doğrulukta, çift frekanslı bir GPS alıcısı ise RTK verisini kullanarak 1- 10 santimetre doğrulukta konum belirlenebilir (Aktuğ et al. 2011).



Şekil 2.7 TUSAGA-AKTİF sisteminin çalışma prensibi

TUSAGA-Aktif sisteminde kullanıcılara gerçek/yakın gerçek zamanda temel olarak;

- Anlık Hassas Konumlama-3 Boyutlu koordinat (enlem-boylu yükseklik) bilgisi için düzeltme verisi,
- ED-50/WGS84 referans sistemleri arasında dönüşüm parametreleri,
- Hassas yükseklik verisi için jeoid verisi,
- Hassas zaman bilgisi,
- Hassas yağış bilgisi,

gibi hizmetler verilmektedir.

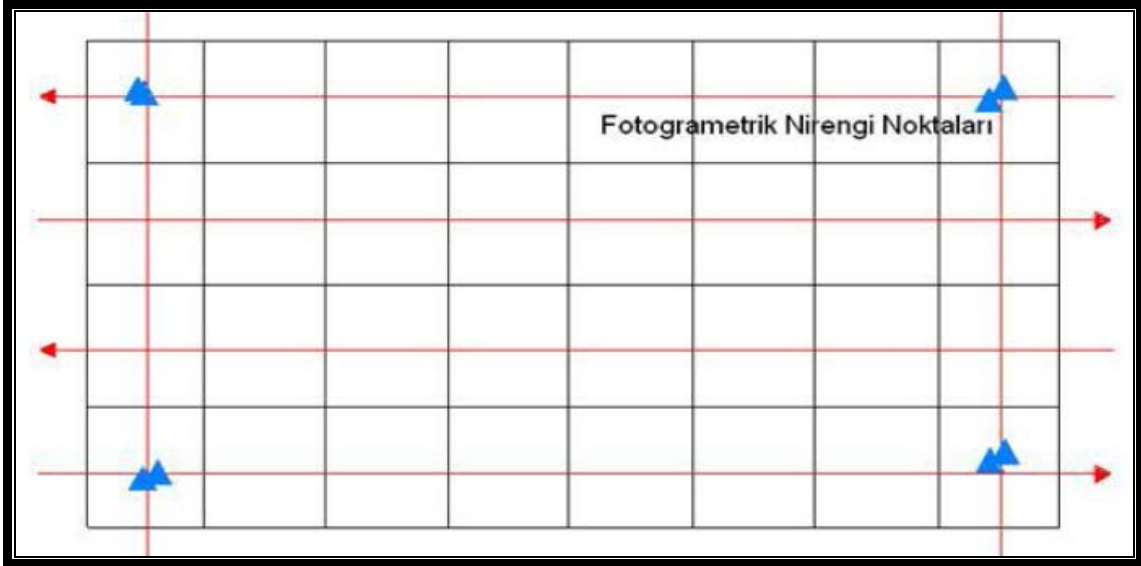
2.10 TUSAGA – AKTİF Sistemi Kontrol Merkezleri

Kontrol merkezleri Ankara'da HGK-Cebeci tesislerinde ve TKGM-Oran tesislerinde yer almaktadır. RTKNet ve GPSNet analiz ve kontrol sistemi, web sunucu, veri

yedekleme ünitesi, yönlendirici, güvenlik ünitesi ve çevre donanımlarından oluşmaktadır.

2.11 Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengi Yöntemi

Fotogrametrik nirengi yöntemi; arazide tesis edilen nirengi noktası sayısını minimuma indirerek nirengi noktası sayısında yaklaşık %90-95'lik bir tasarruf sağlayan, hava fotoğrafı çekimi esnasında izdüşüm noktalarının üç boyutlu koordinatlarını (X_o , Y_o , Z_o) GPS uydularına yapılan gözlemlerle tespit etmeye yarayan, böylece mutlak yönelme ve dengelemede bilinmeyenlerin büyük bir kısmının çözümlenebildiği bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır (Atak ve Aksu 2004).



Şekil 2.8 Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengi Yöntemine Göre Nirengi ve Uçuş Planlaması (Salgın, 2011)

Yöntemde nirengi noktaları ve sayıları bloklara göre belirlenir. Resimleri çekilecek alanın uçuş planlarına göre, her bir blok köşesinde 1 adet, arazi şartlarına göre tercihen 2 adet nirengi noktası olacak şekilde, her blokta nirengi noktaları seçilir. Daha sonra tesis ve jeodezik konumlandırmaları yapılır (Şekil 2.8). Bu yöntemin genel işleyişi; kinematik GPS ölçü yöntemi esasına dayanmaktadır. Dolayısıyla sistem, yerde en az bir adet sabit GPS alıcısı ile uçakta bulunan GPS alıcısının eş zamanlı olarak topladığı verilerin değerlendirilmesi işlemlerini kapsamaktadır (Salgın, 2011).

Fotogrametrik nirengi noktaları resim üzerinde görüntülenebilmesi için de, bu noktaların arazide özel işaretlerle belirlenerek, resim ölçeğine göre çapı ve boyutları hesaplanıp dairesel veya Y şeklinde işaretlenerek kireçlenir veya boyanır (Gürbüz, 2006).

Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengi Yöntemine göre blok köşelerine ait fotogrametrik nirengi noktası resimleri Şekil 2.9'da sunulmuştur.



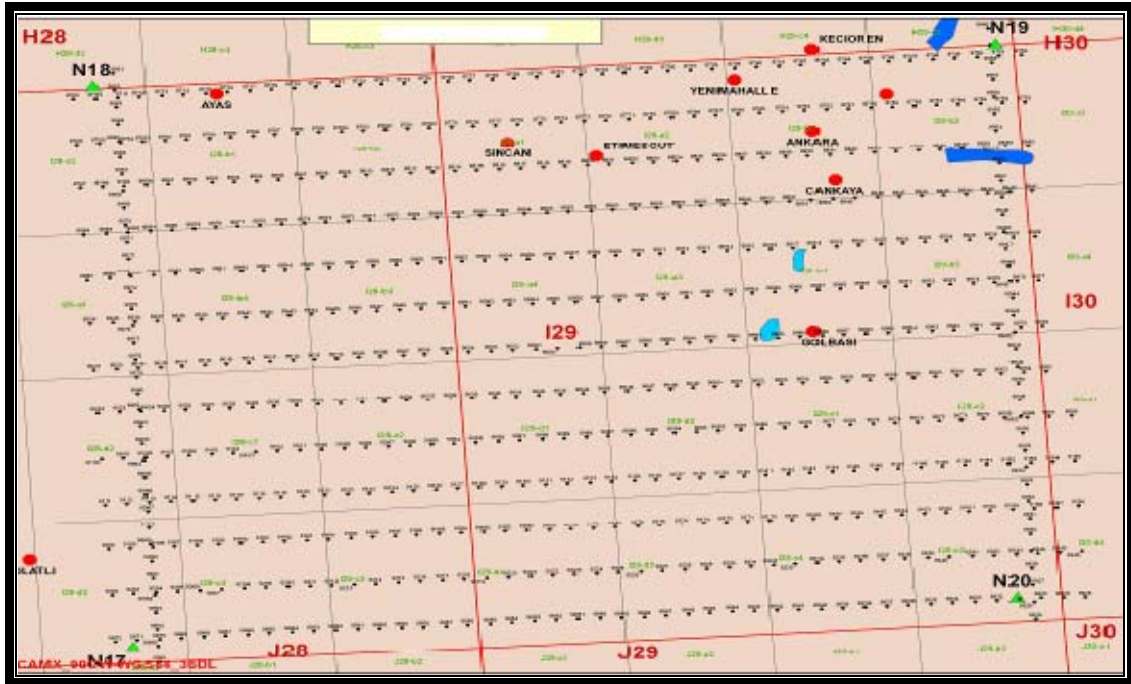
Şekil 2.9 Fotogrametrik nirengi noktası resimleri

3. METERYAL VE METOT

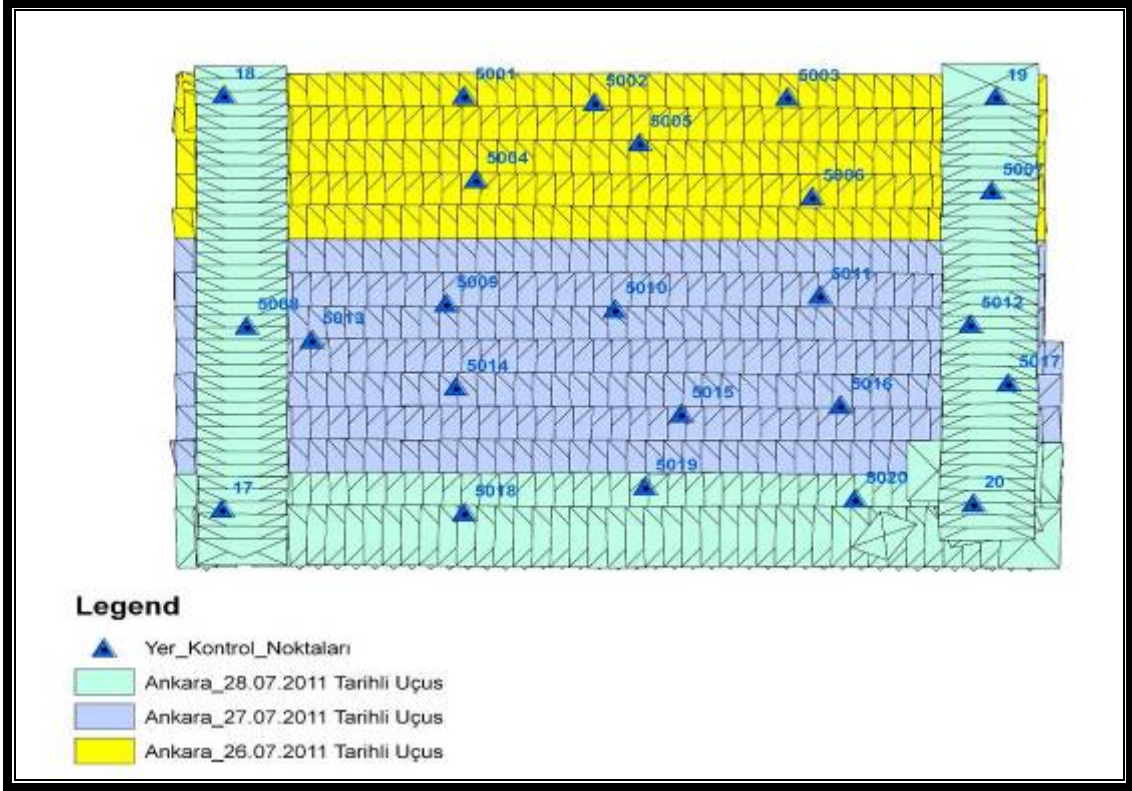
Bu bölümde uçaktaki GPS/IMU verilerini, farklı sayıdaki, farklı dağılımdaki ve farklı mesafelerdeki sabit yer GPS ölçüm noktalarıyla getirilen düzeltmelerin yöneltme doğruluğuna etkilerini tespit etmek. Ayrıca uçaktaki GPS/IMU verileri çözülürken iyonosferin etkisi gözlenecek ve PPP (Precise Point Positioning) internet ortamında yayınlanan düzeltmeler ile elde edilebilecek doğruluklar tespit edilecektir. Tespit edilen sonuçlar grafik ve tablolar haline getirilip sonuçların etkileri ve güvenilirliği irdelenecektir.

3.1 Çalışma Alanı

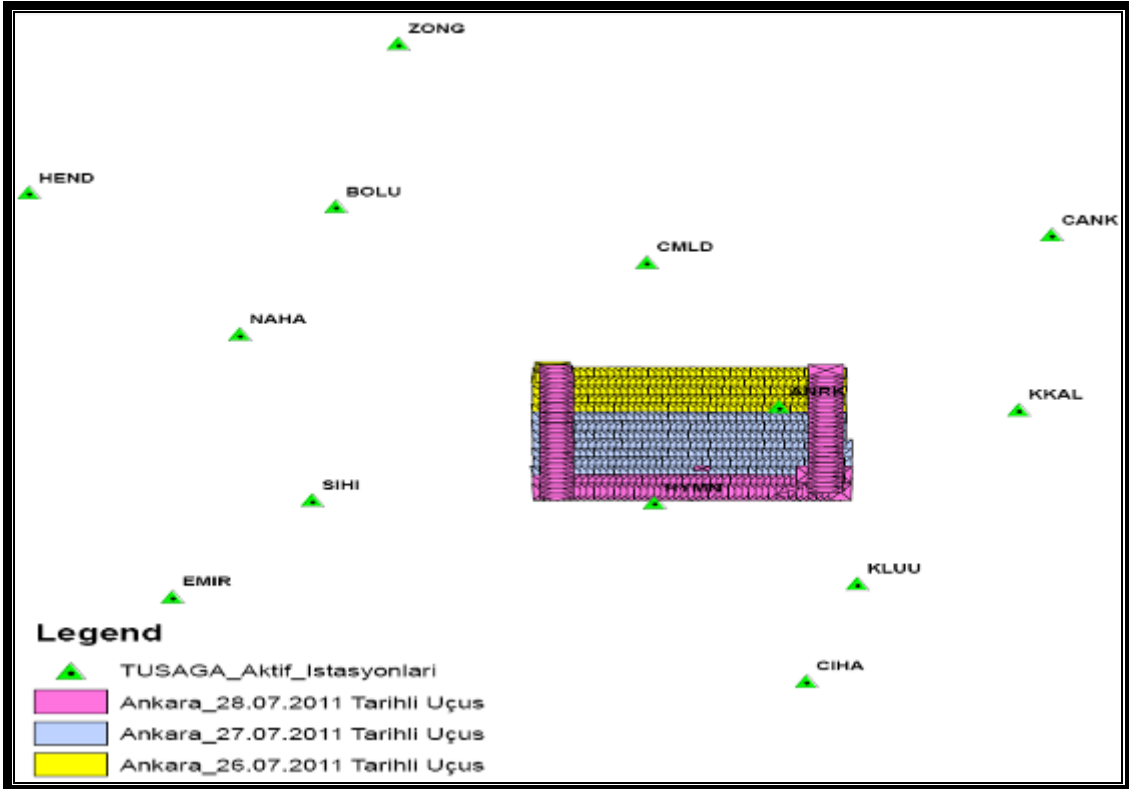
Bu çalışmada Ankara bölgesine ait 5600 km² lik alanı kapsayan, Microsoft UltraCamX sayısal fotogrametrik hava kamerası ile kaydedilen 2011 yılına ait görüntüler kullanılmıştır (Şekil 3.1). Ayrıca blok köşelerinde birer adet olmak üzere bölgeye homojen olarak dağılmış olmasına dikkat edilmiş 24 adet YKN planlanmış, tesisi ve ölçümü Şekil 3.2’de sağlanmış ve bölgeyi kapsayacak şekilde farklı dağılmış TUSAGA-AKTİF noktaları kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.1 Çalışma alanı



Şekil 3.2 Yer Kontrol Noktaları'nın çalışma alanı üzerindeki dağılımı



Şekil 3.3 Uygulamalarda kullanılan TUSAGA noktalarının dağılımı

3.2 Çalışmada Kullanılan Donanımlar

Çalışmalar Microsoft UltraCamX GPS/IMU destekli sayısal hava kamerası sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Microsoft UltraCamX sayısal hava kamerası geniş çerçeve formatlı sayısal hava kamerası olup altı adet bileşenden oluşmaktadır.

3.2.1 Algılayıcı birimi

Pankromatik bant için 4 adet, kırmızı, yeşil, mavi ve kızılötesi (RGBI) bantlara ait 4 adet olmak üzere toplam 8 adet optik objektif, Pankromatik objektiflere ait 9 adet, renkli objektiflere ait 4 adet olmak üzere toplam 13 adet CCD dizini bulunmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 UltracamX algılayıcı birimi

3.2.2 Hesaplama birimi

Uçuş esnasında görüntü kalite kontrol değerlendirmeleri için kullanılan ara sonuç veri ve dosyalarının işlenmesi ve hesaplanması için 15 adet CPU bulunur. Aynı zamanda, uçuş esnasında canlı görüntü ve görüntü histogramlarının gerçek zamanlı olarak hesabı için ham görüntülerin işlenmesini gerçekleştirir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Hesaplama birimi

3.2.3 Kamera işletim arayüzü

Kamera operatörü tarafından uçuş esnasında fotoğraf çekim işlemlerinde kullanılmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Kamera işletim arayüzü

3.2.4 Veri depolama birimi

Uçuş esnasında veri kaydı ve sonrasında verinin işlenmesi veya arşivlenmesi amacıyla bir sunucu veya iş istasyonuna transferi amacıyla kullanılır. Her bir değiştirilebilir veri depolama ünitesi yaklaşık 3000 görüntü depolayabilmektedir. Bir tam dolu veri depolama birimi verisi (2 Tbytes_14*160GB) bir sunucu veya iş istasyonuna yaklaşık olarak 2 saatte transfer edilebilmektedir. Taşınabilir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Veri depolama birimi

3.2.5 Veri transfer birimi

Uçuş sırasında veri depolama birimi ünitesine kaydedilen ham görüntüler uçuş sonrasında veri transfer birimi ünitesi yardımı ile bilgisayar ortamına aktarılmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Veri transfer birimi

3.2.6 İnersiyal navigasyon sistemi (Inertial Navigation System-INS)

GPS ve IMU kombinasyonu ile oluşturulmuş bir sistemdir. IMU (Inertial Measurement Unit), devamlı olarak (kesintisiz) 3 ortogonal doğrusal ivme vektörünü ve açısal dönüklüğü ölçen bir sistemdir. Elde edilen hızların ikinci integrali istenilen konumlama bilgilerini verir. Ayrıca dönüklük ölçümleri zamana bağlı entegre edilerek durum bilgileri hesaplanır. IMU yüksek rölatif doğruluk sağlar ancak, zamana bağlı olarak mutlak doğruluğu bozulur. GPS ile sağlanan gözlemler sayesinde, uygun dış konum

veya hız güncelleme ölçümleri ile sistematik hataların etkisi önemli ölçüde elimine edilir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 İnersiyal navigasyon sistemi (INS)

3.3 Çalışmada Kullanılan Yazılımlar

Çalışmalar Microsoft UltraCam_x GPS/IMU destekli sayısal hava kamerası sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Sayısal hava kamerası altı adet bileşenden oluşmaktadır.

3.3.1 Ofis veri işleme yazılımı (OPC)

UltraCam_x Kamera Sistemine ait bir yazılımdır. Uçaktan gelen ham görüntüleri (Seviye 0) işleyerek, ilk olarak radyometrik olarak düzeltilmiş ve etkili birleştirme için yeniden düzenlenmiş görüntü birimlerine (Seviye 1 (Geçici dosyalardır, kullanıcı tarafından ulaşılamaz ve görüntülenemez)) dönüştürür. Sonrasında “Seviye 1” görüntüleri, geometrik ve radyometrik olarak düzeltilmiş ve birleştirilmiş görüntülere (Seviye 2 (renk katmanları ayrı durumdadır ve kullanıcı isterse “Seviye 3” görüntülerini radyometrik düzeltmeleri elle yaparak elde edebilir.)) dönüştürür. Bu aşamada elle radyometrik düzeltme yapmak için programa müdahale edilmez ise radyometrik olarak düzeltilmiş sonuç görüntüleri (Seviye 3) otomatik olarak elde edilebilir.

3.3.2 Uçuş planlama yazılımı

Uçuş planlama yazılımı (Mission Planning Software (WinMP)) yardımıyla uçuş planları hazırlanır ve bir PCMCIA kart kullanılarak uçağın navigasyon sistemine aktarılır. Bu yazılım da IGI firmasına ait bir yazılımdır.

3.3.3 Navigasyon sistemi yazılımı

Navigasyon sistemi olarak IGI'nın CCNS4 kullanılmıştır. CCNS4 navigasyon sistemi, uçuş planlama yazılımı (WinMP) ile önceden planlanmış olan bir uçuş görevinin planlandığı şekilde icra edilmesini ve fotoğraf çekimini sağlayan bir uçuş kontrol ve yönetim sistemidir.

3.3.4 GPS ve IMU Ölçümlerini işleme yazılımı (AEROoffice)

Bu yazılım PCMCIA kart üzerindeki GPS ve IMU verilerinin güvenli bir şekilde aktarılmasını ve bu verileri kullanarak fotoğraflara ait asal nokta koordinatlarının ve dönüklük açılarının hesaplanmasını sağlar.

3.3.5 GRAF-NAV GPS/IMU işleme yazılımı

Uçuş sonrası uçaktan alınan GPS/IMU verileri, GPS verilerinin diferensiyel çözümünün yapılabilmesi için ön işleme (preprocess) tabii tutulmalıdır. Uçuş sonrası GPS/IMU verileri Binary formatında olup birleşik ve *.C5L uzantılı dosyalar halinde elde edilmektedir. GPS/IMU işleme yazılımı ile yapılan ön işleme sonucu C5L uzantılı dosyalardan GPS verileri ayıklanır ve *.ash uzantılı GPS dosyası oluşturulur.

3.3.6 MATCH-AT 5.3 dengeleme yazılımı

GPS/IMU verileri ve blok köşelerindeki YKN'ları kullanılarak bağlama noktaları Match-AT 5.3 dengeleme yazılımı ile otomatik olarak toplama ve sonrasında aynı yazılım kullanılarak blok dengelemesi yapılır.

3.4 Çalışmayı Doğrudan Etkileyecek Parametreler

3.4.1 Boresight Kalibrasyonu

ω , ϕ , κ bileşenlerini doğrudan ölçmek için; kamera içine yada çok yakınına yerleştirilen IMU'nun eksenleri ile kamera eksenleri arasındaki dönüklük ve mesafenin bilinmesi ve daha sonra bu parametrelerin hesaba dahil edilmesi gerekir. İşte bu parametre

değerlerinin ölçü ve hesabına boresight kalibrasyonu denir. Boresight hesabı blok dengeleme sonuçları ile GPS/IMU entegrasyonu sonucunda elde edilen sonuçlar arasındaki farklardan elde edilmektedir (Durğut, 2008).

3.4.2 Konumlandırma

Dış yöneltme parametrelerinden resim orta noktası koordinatları X_0 , Y_0 , Z_0 uçakta bulunan GPS ile kinematik olarak ölçülmektedir. Kinematik GPS verilerinin çözümü için; yerde kurulan sabit GPS ya da TUSAGA-AKTİF istasyon verilerinin de hesaba dahil edilerek diferansiyel çözümü ile gerçekleştirilmektedir.

3.4.3 Blok Dengeleme

AEROoffice yazılımı kullanılarak yapılan GPS/IMU entegrasyonu ile elde edilen yöneltme elemanları, blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanılmıştır. GPS/IMU verileri ve blok köşelerindeki YKN'ları kullanılarak bağlama noktaları Match-AT 5.3 dengeleme yazılımı ile otomatik olarak toplanmış ve sonrasında aynı yazılım kullanılarak blok dengelemesi yapılmıştır. Elde edilen dengeleme sonuçları ile stereo modeller oluşturulmuştur. Blok köşelerindeki YKN'lerin stereo modeller üzerinde arazi koordinatları ölçülmüş ve jeodezik olarak belirlenmiş koordinatlar ile olan farkları, ortalama hata ve KOH'ları hesaplanmıştır.

3.4.4 Arazi ve Resim Koordinatı Arasındaki Bağıntılar

Sayısal ortamda, resimler üzerinde hem resim hem de cisim koordinatları bilinen kontrol noktaları ile uzay geriden kestirme (space resection) yöntemiyle her bir resmin dış yöneltme parametre değerleri hesaplanır. Işın demetleri yöntemi ile dengeleme; günümüzde en çok kullanılan dengeleme yöntemlerinden biridir.

3.4.5 Işın Demetleri ile Blok Dengeleme

Işın demetleri ile blok dengelemede veriler, birbirlerini bindirmeli olarak örten

resimlerdeki, resim ve yer kontrol noktaları koordinatlarıdır. Resim koordinatları ile resim iç yöneltmesinin elemanları, her resimde bir ışın demeti tanımlamaktadır. Dengelemede resim ile arazi koordinatları arasında bağıntı kurulmak suretiyle hesaplamalar yapılmaktadır. Özet olarak ışın demetleri ile dengelemenin matematiksel temeli kolinearite koşuluna dayanmaktadır.

3.5 Process Verilerinin Hazırlanması

Kinematik GPS process'i için, uçuş esnasında toplanan kinematik GPS verileri ile sabit olarak kullanılacak olan TUSAGA-AKTİF istasyon verilerinin hazırlanması gerekmektedir. 26-28 Temmuz 2011 tarihleri arasında, uçuş esnasında toplanan 3 günlük GPS/IMU verileri manyetik ortamda bilgisayara aktarılmıştır. Bilgisayara aktarılan GPS/IMU verileri AEROoffice programı kullanılarak ön işlemeye tabi tutulmuş ve bu ön işleme sonucunda GPS process'i için gerekli olan kinematik GPS verileri elde edilmiştir.

3.5.1 GPS/IMU Verilerinin İşlenmesi

Uçuş projeleri Kinematik Destekli GPS/IMU yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Uçuş sonrası elde edilen GPS/IMU verilerinin işlenmesi sonucunda belirli doğrulukta dış yöneltme parametreleri elde edilmektedir. Elde edilen yöneltme parametreleri, projede istenen doğruluk kriterine göre doğrudan kullanılabilir yada başlangıç parametreleri olarak kullanılarak Fotogrametrik Nirengi yapılabilir.

Kinematik Destekli GPS/IMU yöntemi için uçuş esnasında uçakta ve uçuş alanı içinde yerde kurulan GPS verilerine ihtiyaç duyulur. Burada istenen Uçakta ve yerde aynı anda aynı uydulara GPS gözlemi yaparak, uydu yörünge ve saat hatalarının giderilmesidir.

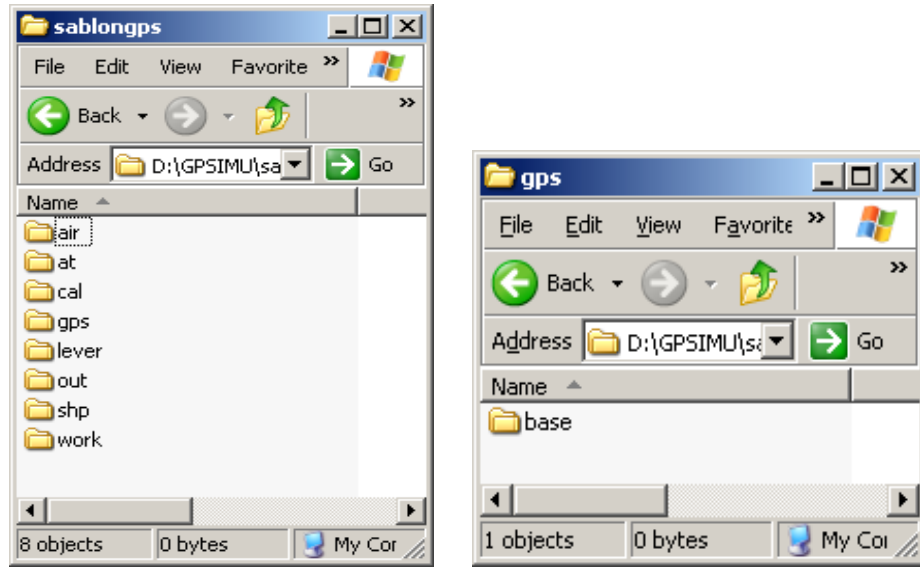
Uçuş sonrası öncelikle Kinematik GPS verileri diferensiyel yöntemle GrafNav yazılımı ile işlenmeli daha sonra AEROoffice yazılımı ile GPS/INS entegrasyonu yapılmalıdır.

3.5.2 GPS/IMU Ön İşleme

Uçuş sonrası uçaktan alınan GPS/IMU verileri, GPS verilerinin diferensiyel çözümünün yapılabilmesi için ön işleme (preprocess) tabii tutulmalıdır. Uçuş sonrası GPS/IMU verileri Binary formatında olup birleşik ve *.C5L uzantılı dosyalar halinde elde edilmektedir. AEROoffice yazılımı ile yapılan ön işleme sonucu C5L uzantılı dosyalardan GPS verileri ayıklanır ve *.ash uzantılı GPS dosyası oluşturulur.

3.5.3 Proje Oluşturma ve Ön İşleme İşlem Adımları

1.Adım: Aşağıda gösterilen klasörler ilgili proje klasörünün altında oluşturulmuş ve “gps” klasörünün altında “base” adında klasör oluşturulmuştur (Şekil 3.10).

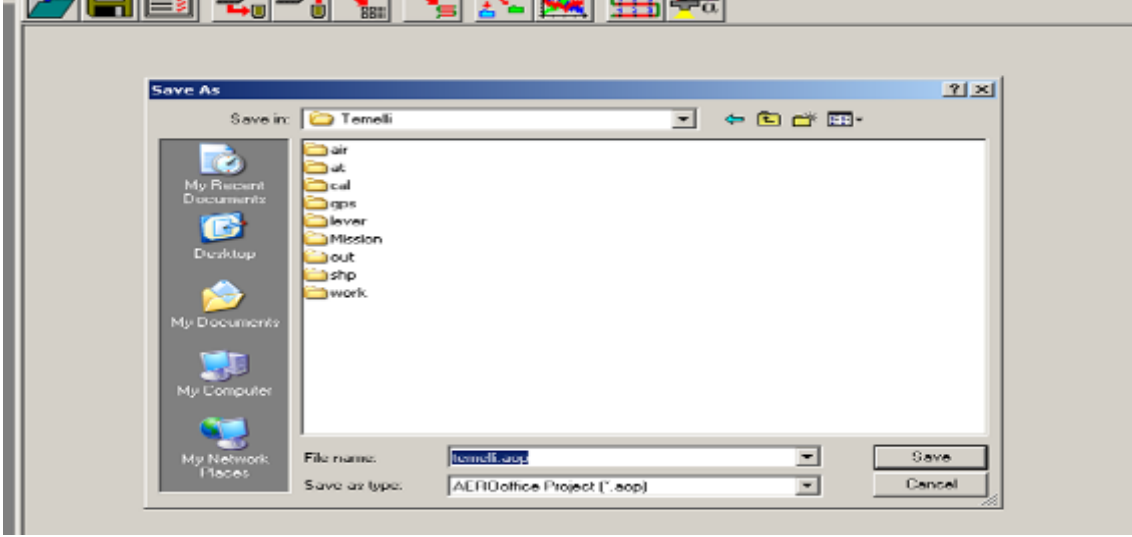


Şekil 3.10 Base klasörü

2.Adım: Uçuş sonrası gelen ve uçakta kaydedilen GPS/IMU dosyaları (*.C5L) air klasörünün altına, yerde ölçüm yapan GPS verileri de “gps/base” klasörünün altına kopyalanır. Yerde ayrıca GPS ölçüsü yapılmadıysa, ön process sonucunda elde edilecek KMZ dosyası ile en yakın istasyon/istasyonlar ve uçuş saatleri belirlenerek 1 sn lik TUSAGA istasyon verileri kullanılır.

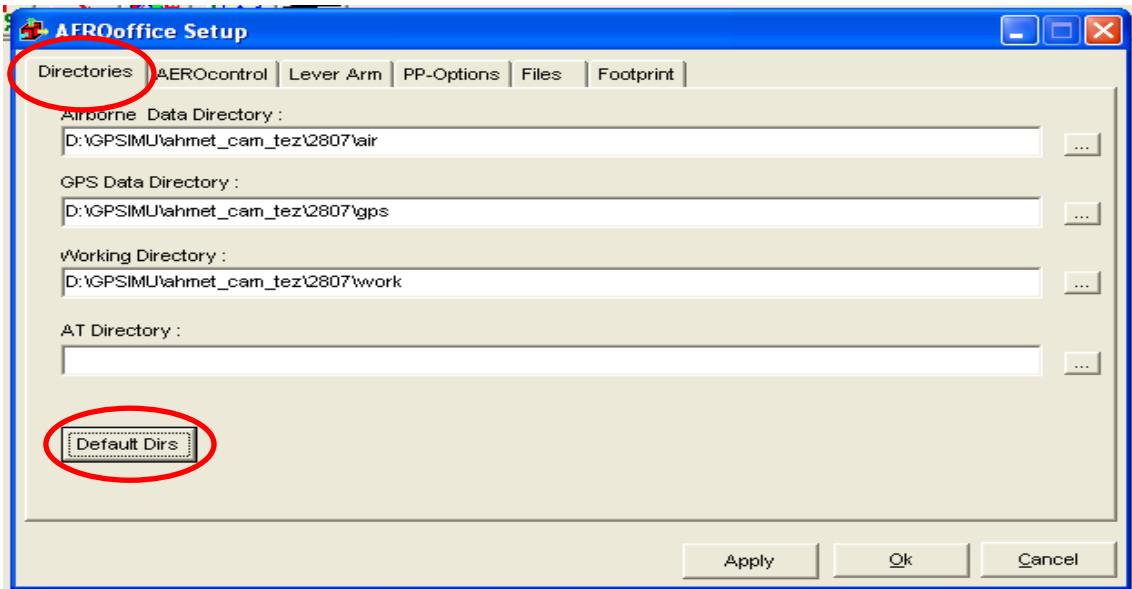
3.Adım: Proje dosyaları oluşturulduktan sonra AEROoffice yazılımı çalıştırılır. Project

menüsünden “Create New” seçilerek açılan “Save As” penceresinde proje ismi girilerek kaydedilir (Şekil 3.11).



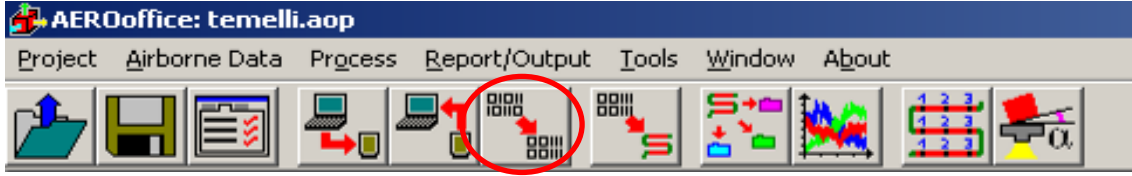
Şekil 3.11 Save As penceresi

4.Adım: Kaydedildikten sonra proje ayarlarının girildiği “AEROoffice Setup” penceresi açılır. Bu pencerede “Directories” sekmesinde “Default Directories” tıklanarak oluşturulan proje klasörlerinin projede tanımlaması yapılır (Şekil 3.12).



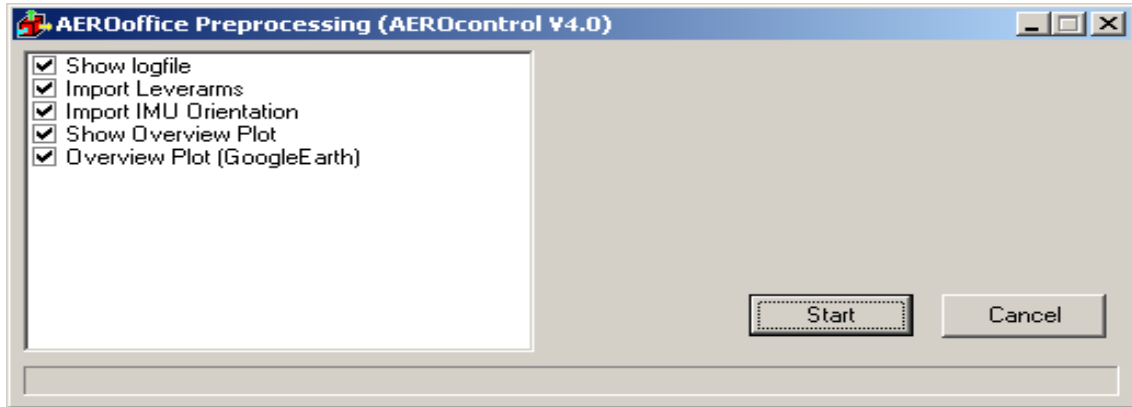
Şekil 3.12 AEROoffice Setup penceresi

5.Adım: Bu adımda program arayüzünde “Preprocessing” butonuna tıklanır (Şekil 3.13).



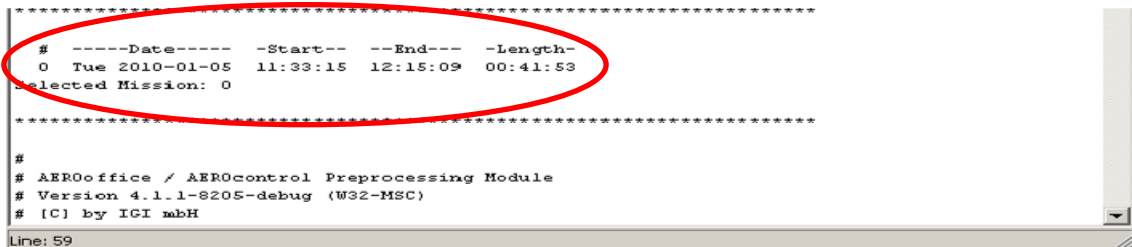
Şekil 3.13 Preprocessing butonu

Açılan penceredeki tüm kutuların işaretli olması gerekir. “Start” butonuyla ön işleme başlatılır (Şekil 3.14). Eğer birden fazla görev (mission) varsa görevlerin saatleriyle gösterildiği bir pencere açılacaktır. Açılan pencerede saatler kontrol edilerek istenen görev üzerine tıklanarak seçilmelidir.



Şekil 3.14 Start butonu

6.Adım: Ön işleme bittikten sonra açılan LOG dosyasının ilk satırlarında yer alan uçuş tarihi, başlangıç ve bitiş saatleri not edilir (Şekil 3.15). Ön işleme sonucunda gps klasörünün altına Kinematik (Uçaktaki GPS) verileri *.ash formatına dönüştürür.

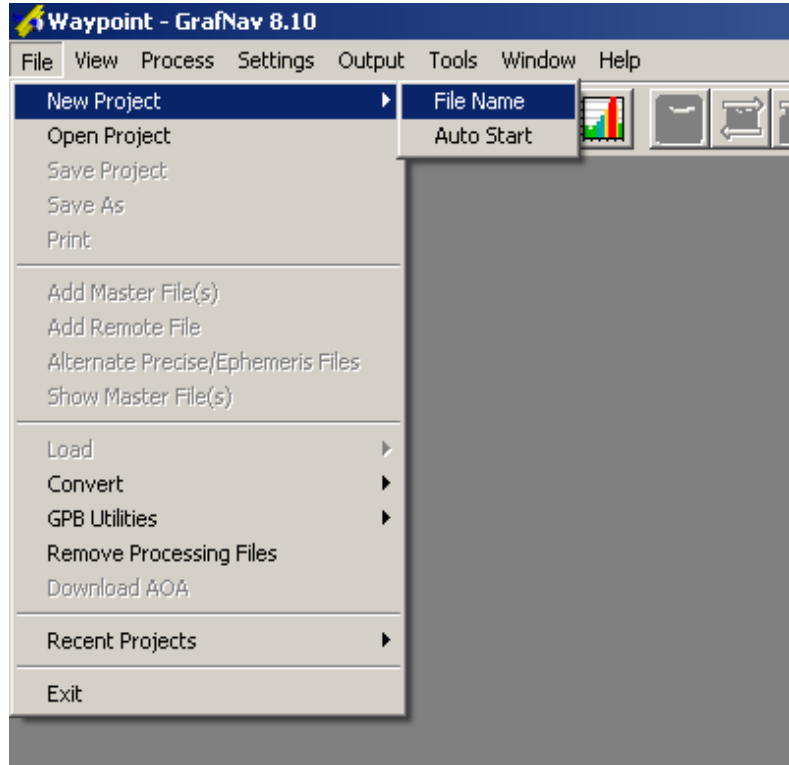


Şekil 3.15 LOG dosyası

7.Adım: Uçuş tarih ve saatleri belirlendikten sonra hangi istasyonun isteneceği belirlenmelidir. İstasyon ismi, tarih ve saatler belirtilerek ilgili birimden RINEX formatında 1sn lik GPS verileri istenir.

5.5.4 GPS işleme

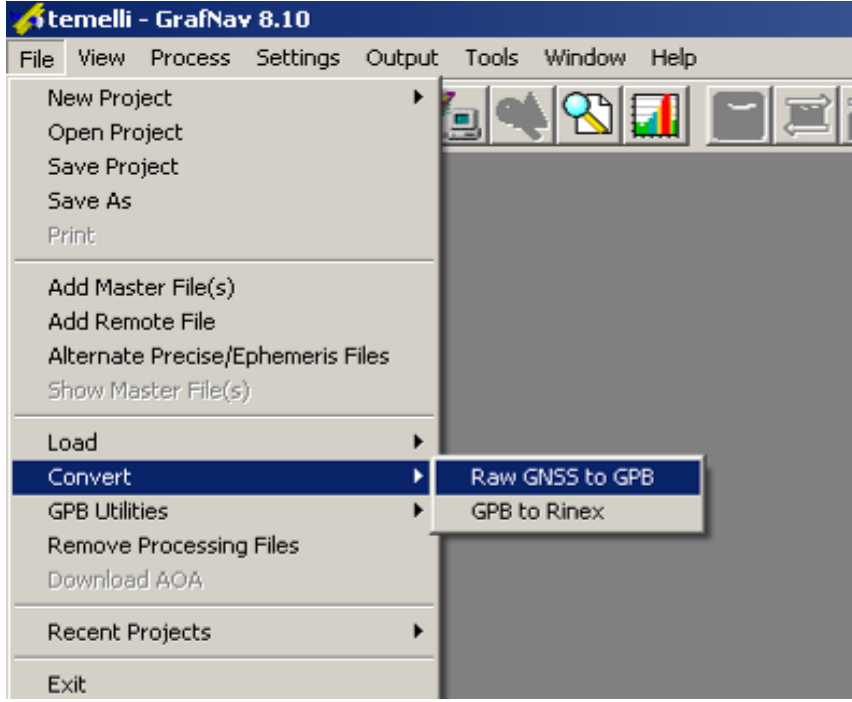
1.Adım: Alınan RINEX formatındaki 1sn lik GPS verileri, “gps/base” klasörü altına kopyalanır. File→New Project→File Name adımları izlenerek proje klasöründe yer alan GPS klasörüne, GPS proje dosyası oluşturulmuş olur(*.cfg uzantılı bir dosya oluşur) (Şekil 3.16).



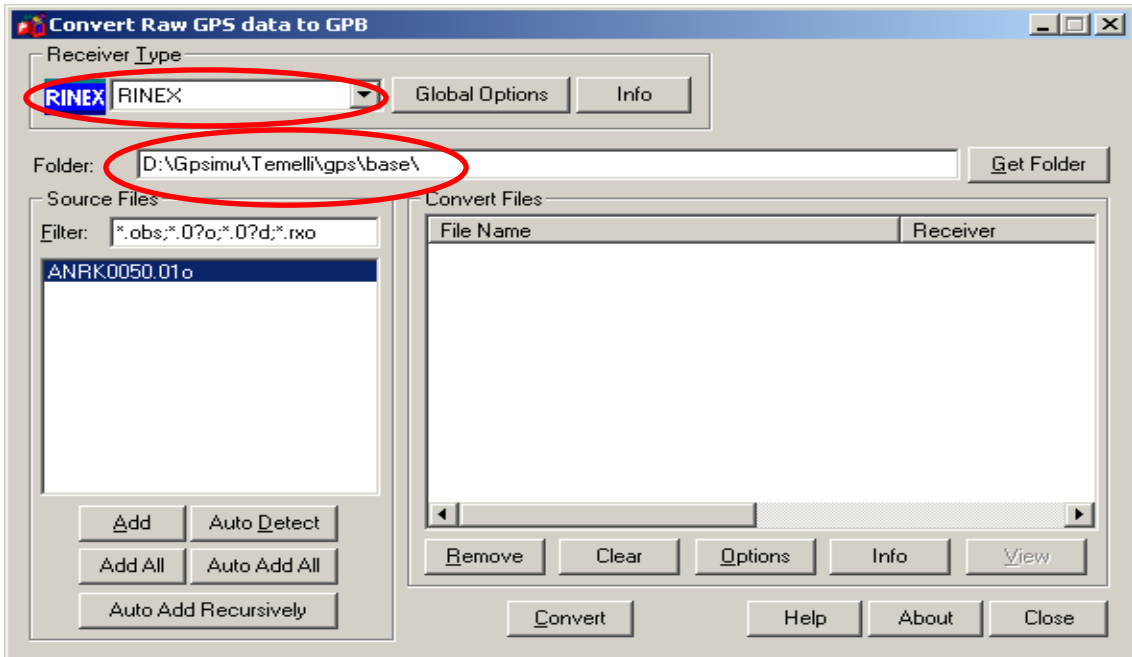
Şekil 3.16 New Project

Ön işleme ile GPS klasörü altında oluşturulan *.ash uzantılı kinematik GPS dosyası ile “gps/base” altına kopyalanan sabit (master) GPS dosyalarının programın tanıyacağı (*.gpb) formata dönüştürülmesi gerekmektedir.

2.Adım: File→ Convert→ Raw GNSS to GPB adımları izlenerek seçilir (Şekil 3.17). Açılan pencerede Receiver Type “RINEX” olarak seçilir ve “Get Folder” butonu ile ilgili proje klasörünün altında “gps/base” klasörü seçilir (Şekil 3.18).

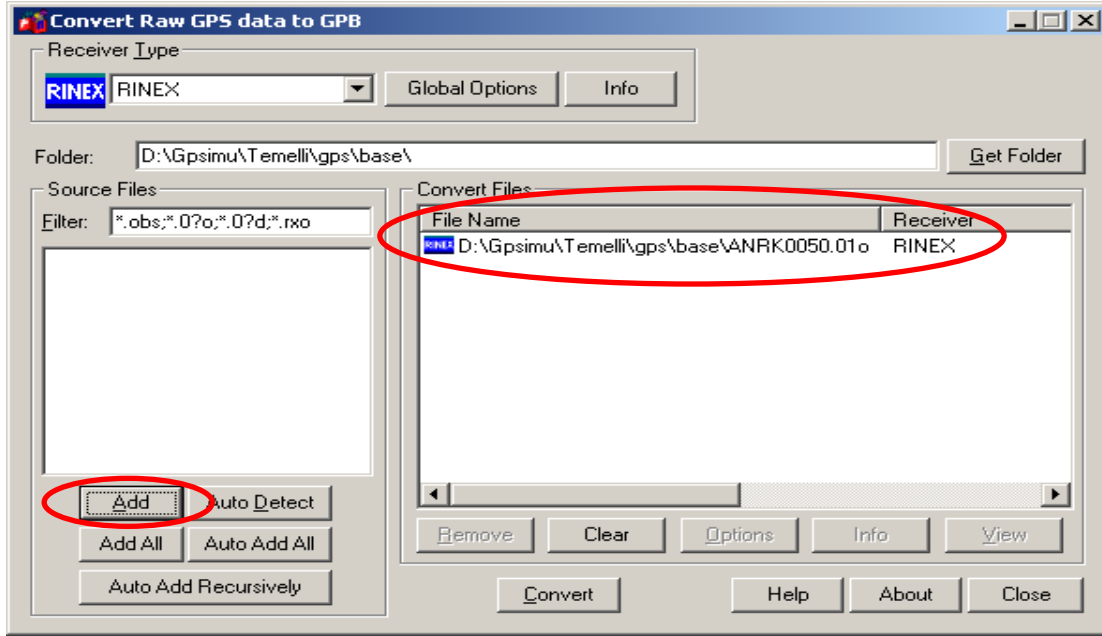


Şekil 3.17 Raw GNSS to GPB



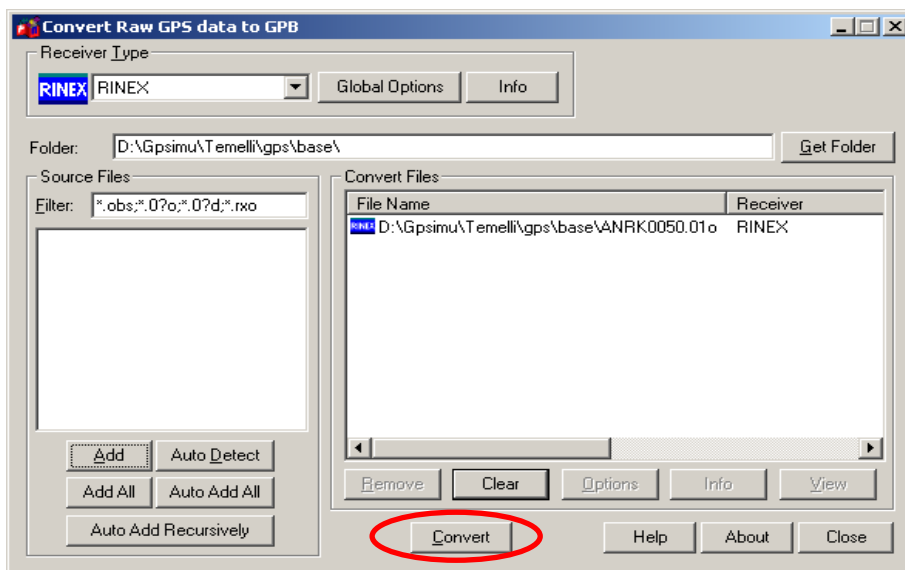
Şekil 3.18 Convert Raw GPS data to GPB penceresi

Add butonu ile seçili olan dosya “Convert Files” kısmına eklenir (Şekil 3.19).



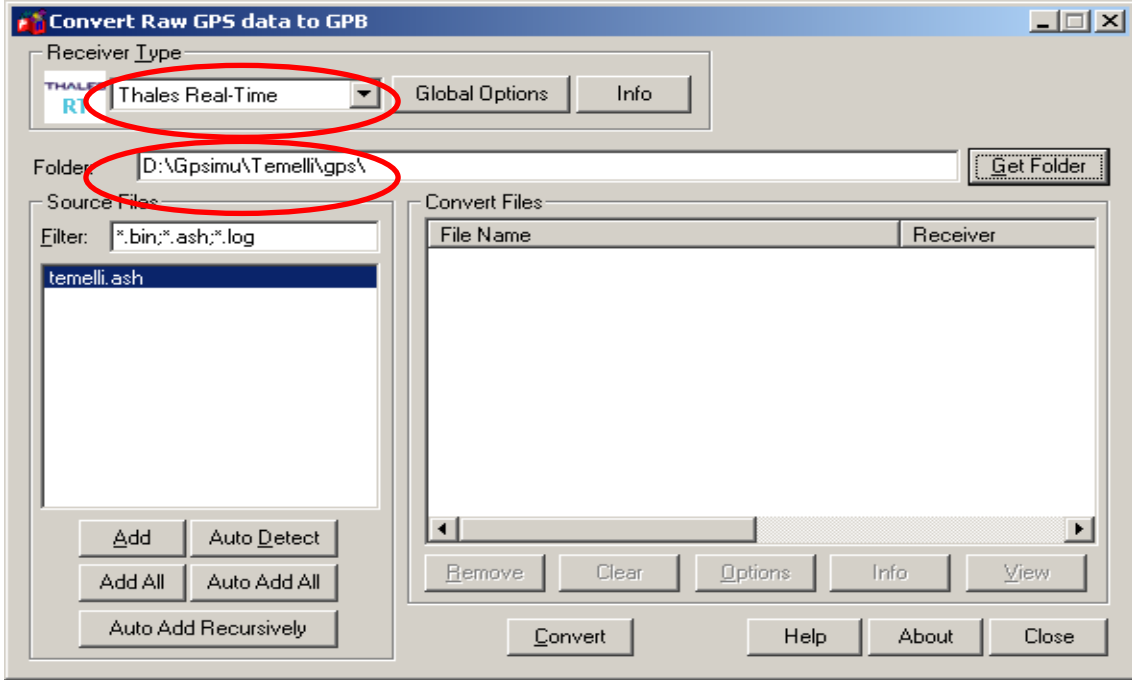
Şekil 3.19 Convert Files bölümü

“Convert Raw GPS Data to GPB” penceresinde “Convert” Butonu tıklanır (Şekil 3.20). İstasyona ait “navigasyon” dosyası “observation” dosyası ile aynı isimde değilse navigasyon dosyasını soracaktır. Açılan pencerede ilgili navigasyon dosyası seçilerek işlem tamamlanır.



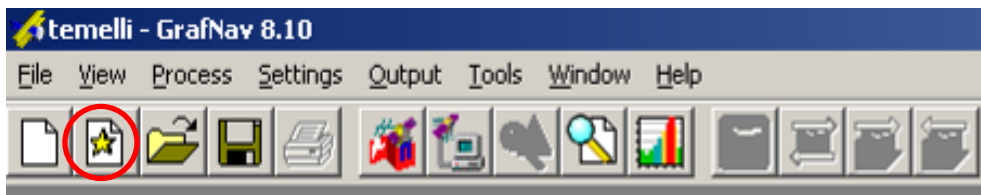
Şekil 3.20 Convert butonu

“Convert Files” kısmındaki çevirilmiş dosya “Clear” butonu ile temizlendikten sonra “Receiver Type” kısmında “Thales Real-Time” seçilir ve “Get Folder” ile proje klasörü altındaki “gps” klasörü seçilir. Daha sonra “Add” ve “Convert” butonlarına tıklanarak çevirme işlemi tamamlanır (Şekil 3.21).



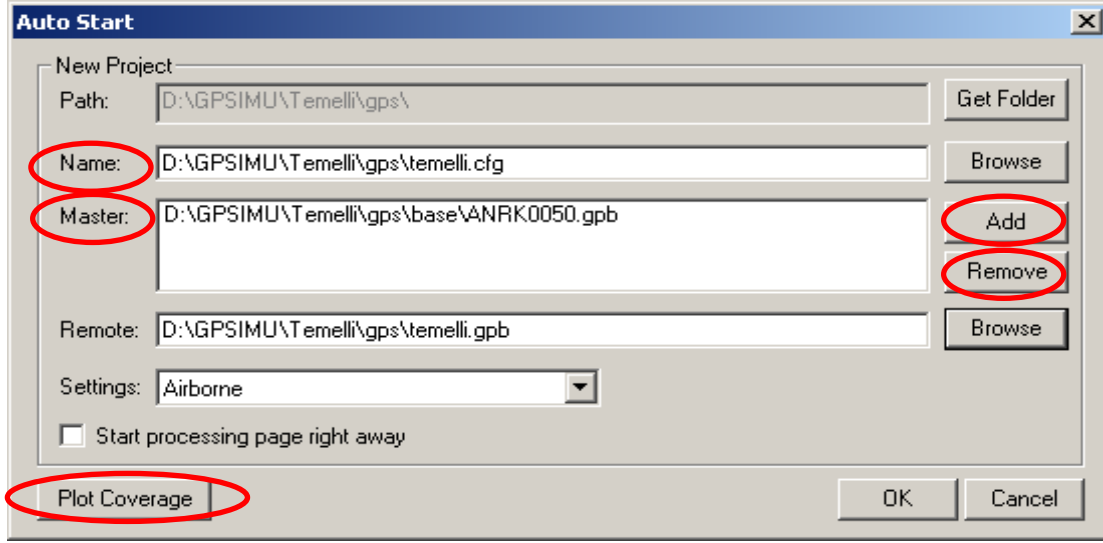
Şekil 3.21 Receiver Type bölümü

3.Adım: Yazılım ara yüzünde bulunan “Auto Start” butonuna tıklanır (Şekil 3.22).



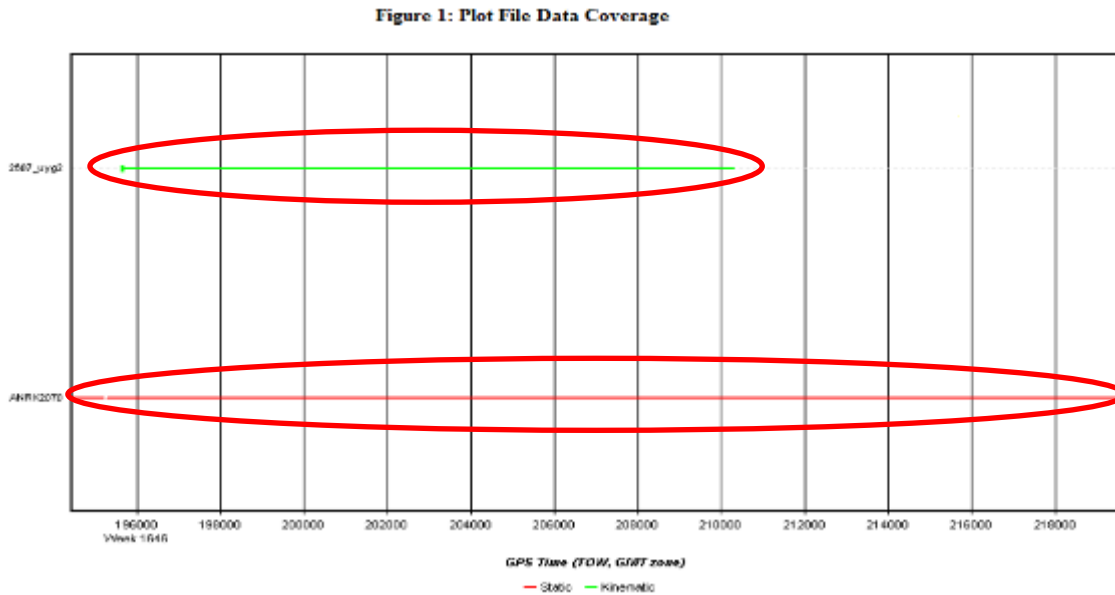
Şekil 3.22 Auto Start butonu

Açılan “Auto Start” penceresinde “Path” ve “Name” bölümleri ilgili proje dosyalarını gösterir şekilde otomatik olarak gelmektedir. “Master” bölümüne “Add” butonu ile “gps/base” klasörü altında bulunan *.gpb uzantılı dosya/dosyalar eklenir. “Remote” kısmına ise “gps” klasörü altında bulunan *.gpb uzantılı dosya seçilir. “Settings” bölümü ise “Airborne” olarak seçilir (Şekil 3.23).



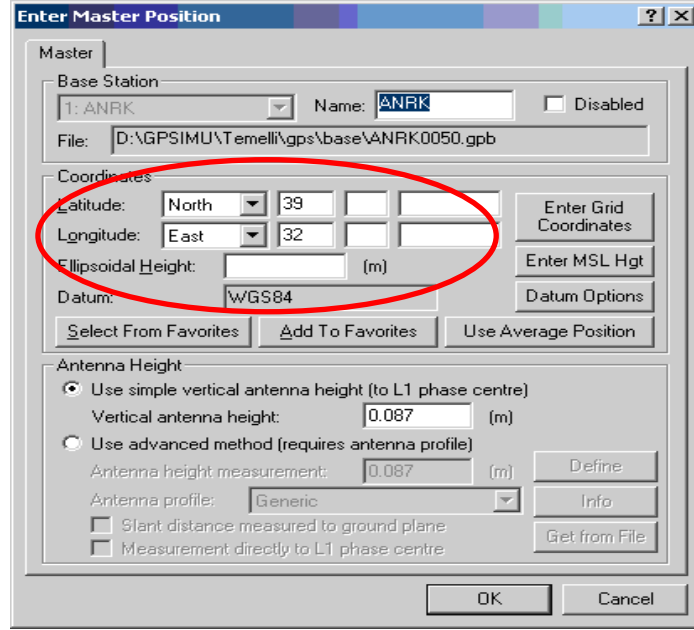
Şekil 3.23 Auto Start penceresi

“Plot coverage” butonu tıklanarak açılan pencerede kinematik ve master gps verilerinde bir sıkıntı olup olmadığı kontrol edilir. **Yeşil** renkle gösterilen çizgi uçaktaki kinematik gps verilerini, **Kırmızı** renkli çizgi ise yerdeki sabit gps verilerini göstermektedir (Şekil 3.24). Kırmızı çizgi yeşil çizgiyi kapsamalıdır. Çizgilerde kesiklik varsa verilerde kesinti var demektir ki, yeniden örneklenmelidir (resample). Ancak kesiklik büyükse işleme sürecini olumsuz etkileyebilir ve iyi bir çözüm yapılamaz. Bu durumda mümkünse master veri için RINEX veri tekrar istenebilir.



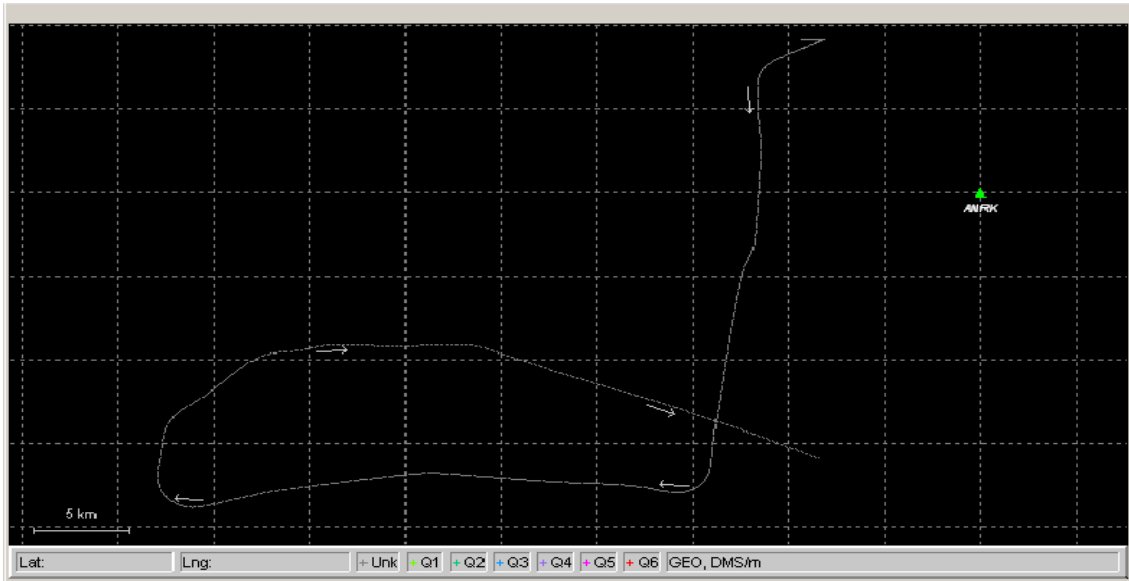
Şekil 3.24 Plot coverage penceresi

“Auto Start” penceresinde OK tuşuna tıklanır. Açılan “Enter Master Position” penceresinde eğer hassas koordinatlar biliniyorsa sabit istasyon koordinatları “Coordinates” kısmına girilir (Şekil 3.25). Bilinmiyorsa otomatik olarak dosyadan okuduğu yaklaşık koordinatlar kalabilir. OK tuşuna basılır.



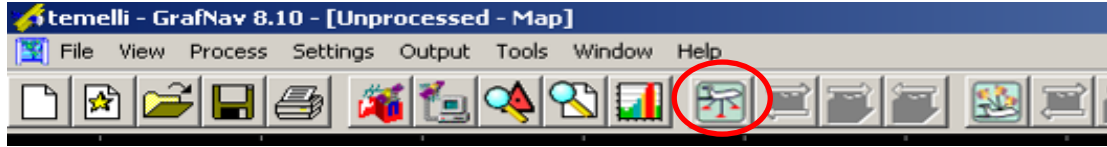
Şekil 3.25 Enter Master Position penceresi

Proje oluşturulmuş ve işlemeye hazır durumdadır (Şekil 3.26).

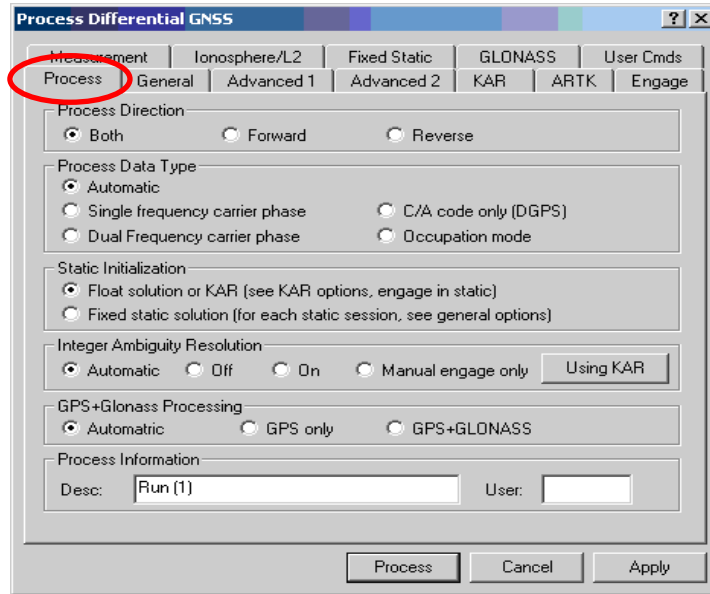


Şekil 3.26 Oluşturulmuş proje ekranı

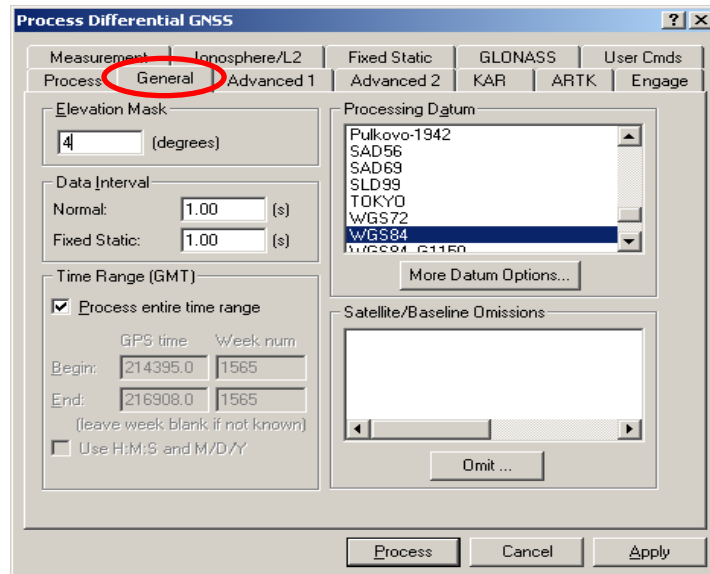
4.Adım: “Process GNSS Differential” butonuna tıklanır (Şekil 3.27). Açılan Process Differential GNSS penceresindeki sekmeler aşağıda gösterildiği gibi ayarlanır.



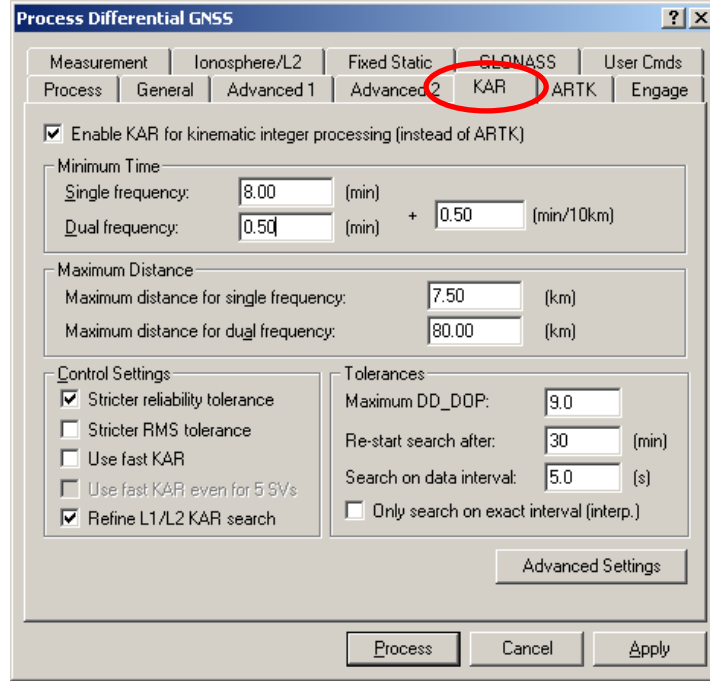
Şekil 3.27 Process GNSS Differential butonu



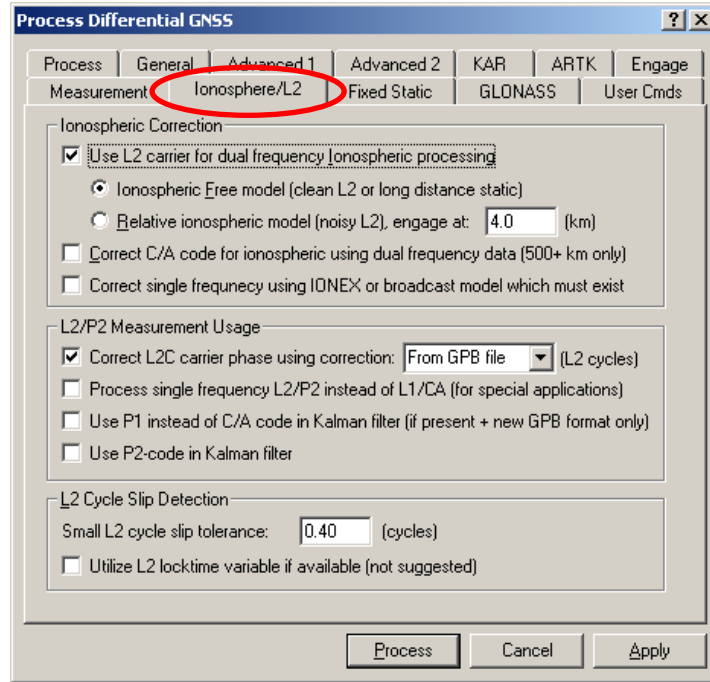
Şekil 3.28 Process sekmesi



Şekil 3.29 General sekmesi



Şekil 3.30 KAR sekmesi



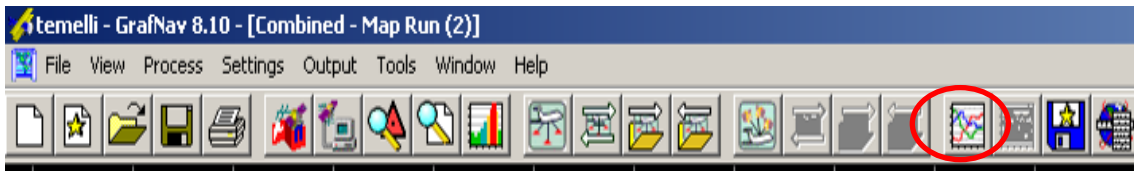
Şekil 3.31 Ionosphere/L2 sekmesi

”Ionosphere/L2” sekmesinde “Ionosphere Correction” bölümünün işaretli olup olmaması işlem sonucunu önemli ölçüde etkilemektedir (Şekil 3.31). Sabit istasyon uçuş alanının 40 km içinde ise “ionosphere correction” aktif olmamalı, 40 km den fazla

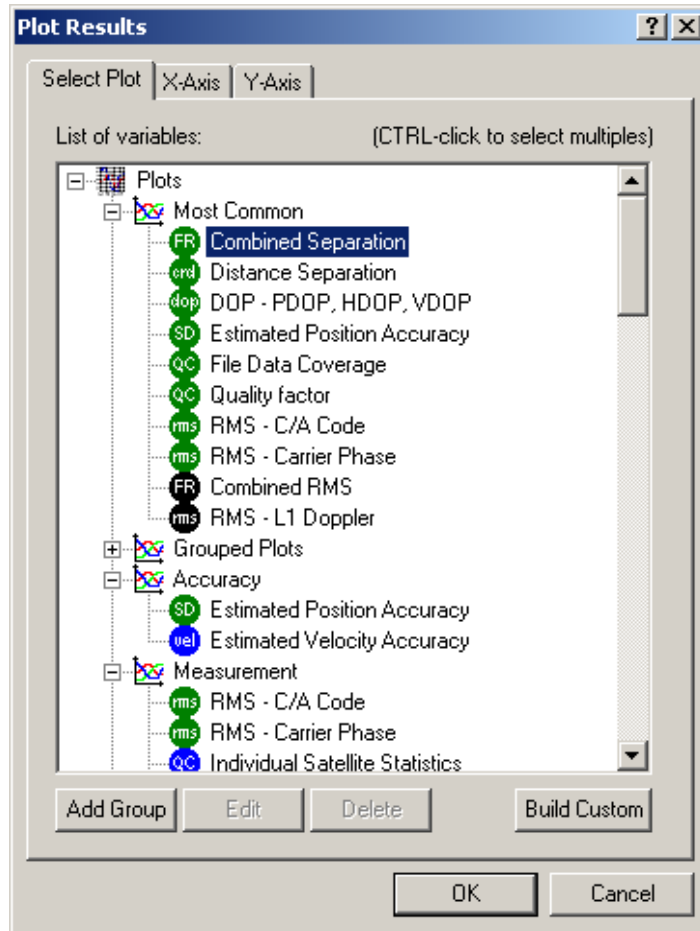
ise aktif olmalıdır. 40 km civarında ise her iki çözümde yapılıp daha iyi olan tercih edilmelidir.

“Process” butonu ile gps çözümü yapılır. “GPS Trajectory” açık yeşil renkte ise çözüm iyi demektir. Ayrıca sonuçlar ile ilgili grafikler kontrol edilmelidir.

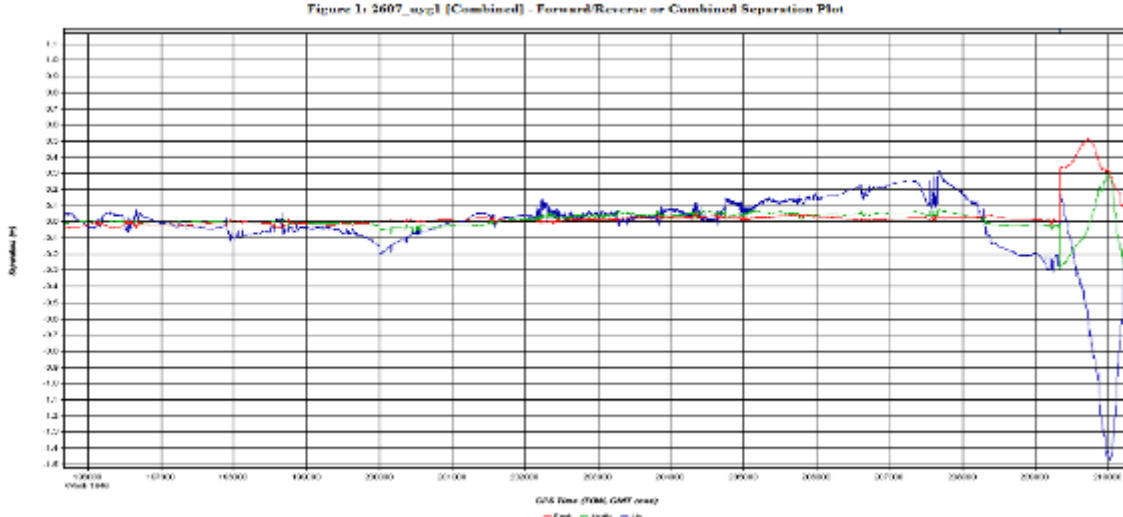
5. Adım: Araç çubuğundaki “Create plots” butonu ile ilgili grafikler görüntülenebilir (Şekil 3.32).



Şekil 3.32 Create plots butonu

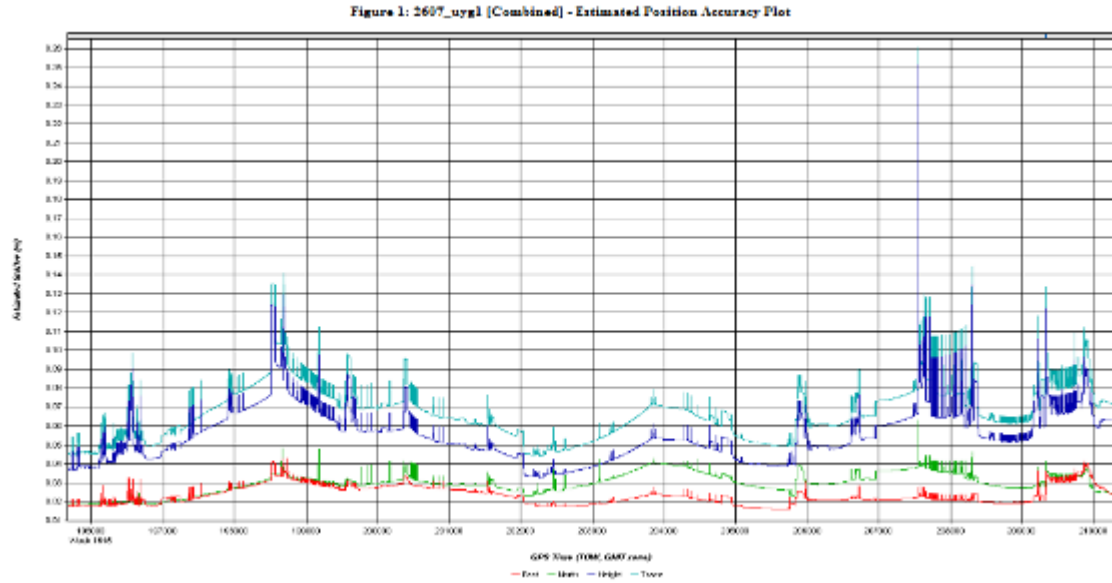


Şekil 3.33 Plot Results penceresi



Şekil 3.34 Combined Separation Grafiği

Plot Results penceresindeki Şekil 3.33'deki "Combined Separation" Grafiğine tıklanarak gidiş-geliş çözüm farklarını görmekteyiz (Şekil 3.34). X, Y yönünde 10 cm nin altında olmalıdır.

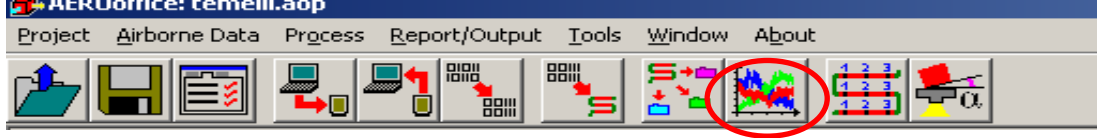


Şekil 3.35 Estimated Position Accuracy Grafiği

Plot Results penceresindeki Şekil 3.33'deki "Estimated Position Accuracy" grafiğine tıklanarak konum doğruluğu görmekteyiz (Şekil 3.35). Konum doğruluğu 10 cm civarında olması kabul edilebilir. Çözümler uygun ise bir kere daha aynı parametrelerle process yapılır ve export edilir.

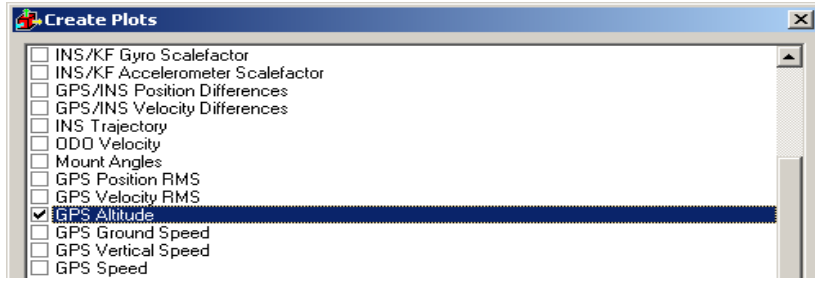
3.5.5 AEROoffice ile Post Process (GPS/IMU Entegrasyonu)

GPS process bittikten sonra, gps/imu verilerinin birlikte process edilmesi gerekmektedir. Process işlem adımları aşağıda sırasıyla gösterilmiştir.



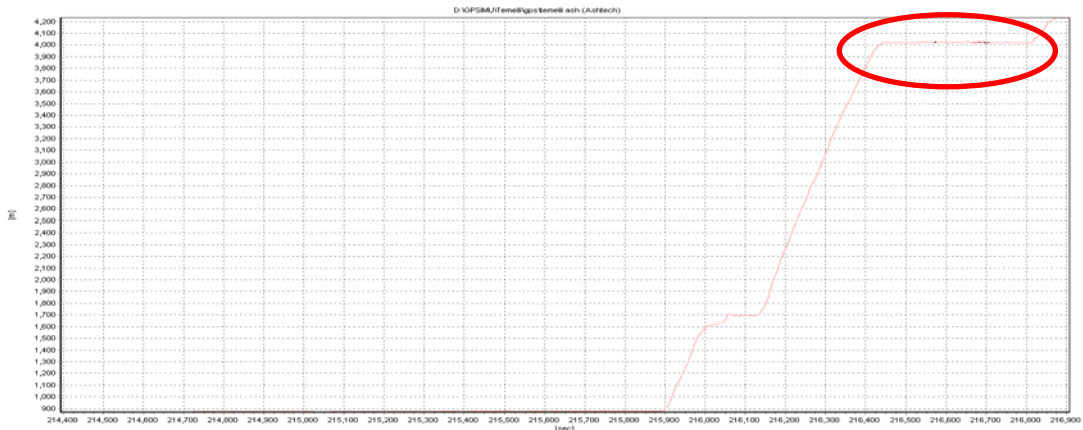
Şekil 3.36 Create Plots butonu

1.Adım: Şekil 3.36’da gösterilen “Create Plots” butonuna tıklanarak, açılan Create Plots penceresinde “GPS Altitude” seçilir (Şekil 3.37). “Plot” butonu ile grafik çizdirilir.



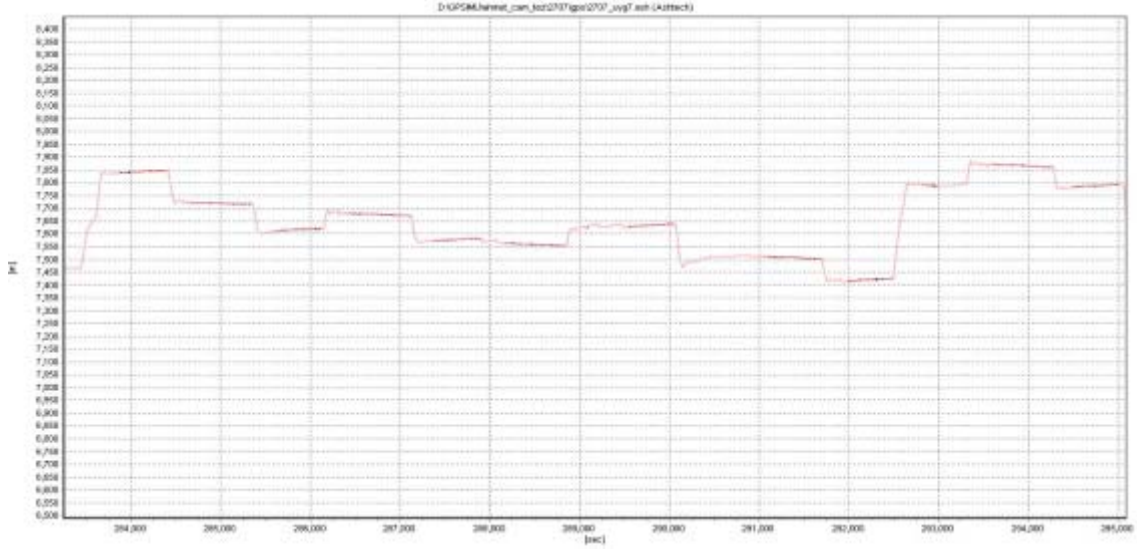
Şekil 3.37 Create Plots penceresi

2.Adım: Açılan grafik üzerinde uçuş yüksekliği göz önünde bulundurularak fotoğraf çekilen zaman aralığı seçilir. Farenin sol tuşu basılı iken istenen aralık grafik üzerinde çerçeve içine alınır (Şekil 3.38).



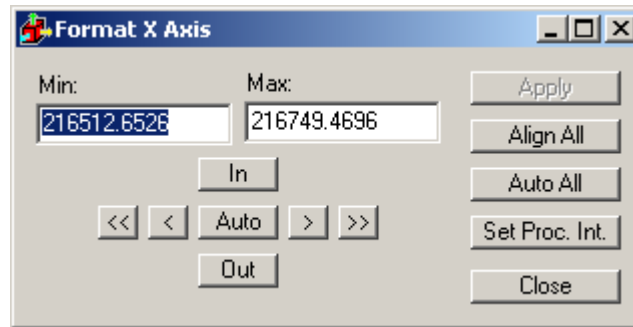
Şekil 3.38 Uçuş yükseklik grafiği

İstenen zaman aralığı grafik ekranına genişletilmiş olur. Koyu kırmızı ve siyah renkli yerler fotoğraf çekim anlarını göstermektedir (Şekil 3.39). Process edilecek zaman aralığının doğru olduğundan emin olduktan sonra grafik x ekseninde farenin sol tuşu ile bir kez tıklanır. “Format X axis” penceresi açılır (Şekil 3.40).



Şekil 3.39 Genişletilmiş Uçuş yükseklik grafiği

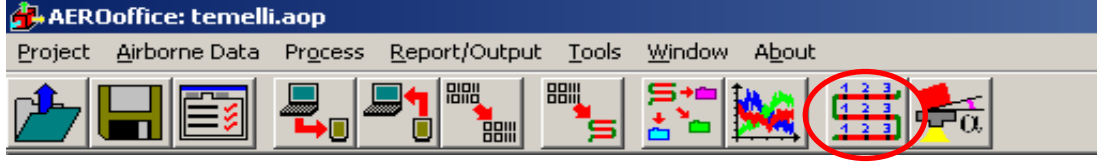
Açılan pencerede grafik ekranına genişletilmiş zaman aralığı (min, max) otomatik girilmiştir (Şekil 3.40). “Set Proc.Int” tuşu tıklanır. Böylece process edilecek zaman aralığı ayarlanmış olur.



Şekil 3.40 Format X Axis penceresi

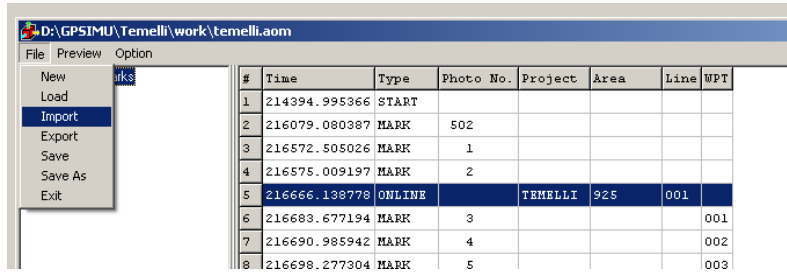
3.Adım: Zaman düzeltmesi: “Mission” klasörü ile gelen *.xsl uzantılı dosya ile gps zaman düzeltmesi yapılır.

Araç çubuğunda bulunan “Event Mark Editor” butonuna tıklanır (Şekil 3.41).

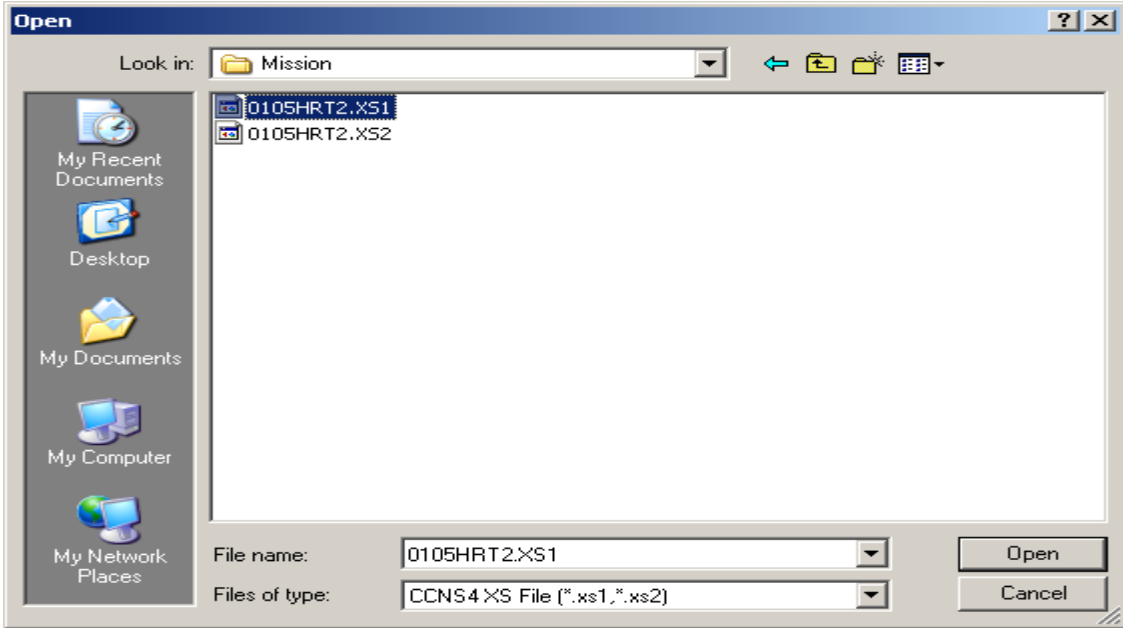


Şekil 3.41 Event Mark Editor butonu

File→Import Şekil 3.42’deki adım seçilir, açılan pencereden “mission” klasörü altına giderek *.xs1 uzantılı dosya seçilir (Şekil 3.43).

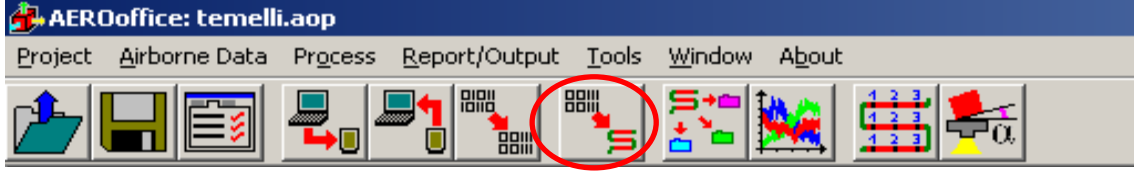


Şekil 3.42 Zaman düzeltmesi için import adımı



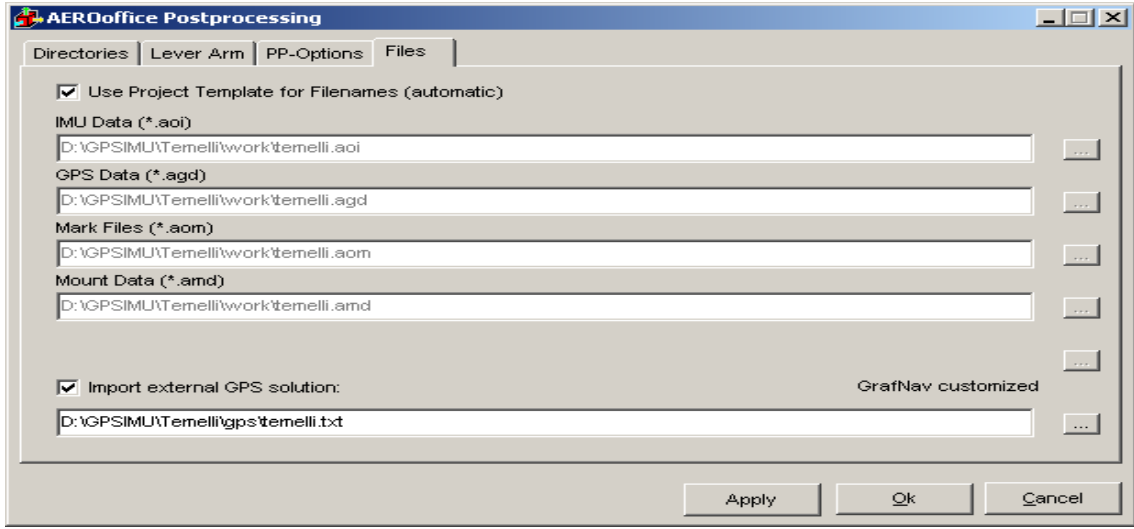
Şekil 3.43 Mission klasörü

Araç çubuğunda bulunan “Start Post Processing” butonuna Şekil 3.44’te tıklanarak “AEROoffice Postprocessing” penceresi açılır ve aşağıda şekillerde gösterildiği gibi işlem tamamlanır.

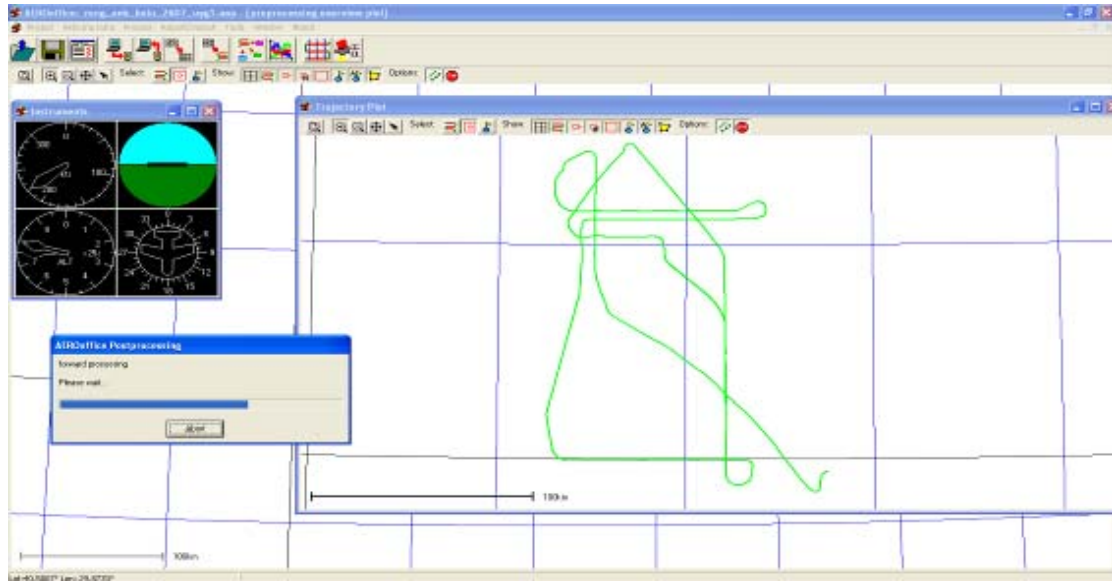


Şekil 3.44 Start Post Processing butonu

Files” sekmesinde “Import external GPS Solution” seçeneği işaretlenir ve GrafNav ile işlenen ve export edilen dosya sağ kısımda bulunan buton vasıtasıyla seçilir.



Şekil 3.45 AEROoffice Postprocessing penceresi

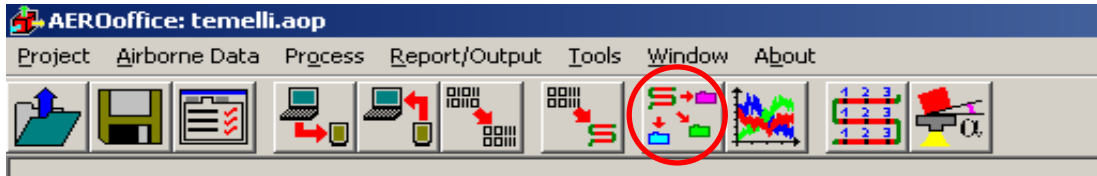


Şekil 3.46 Uçuş Anna İlişkin Simülasyon penceresi

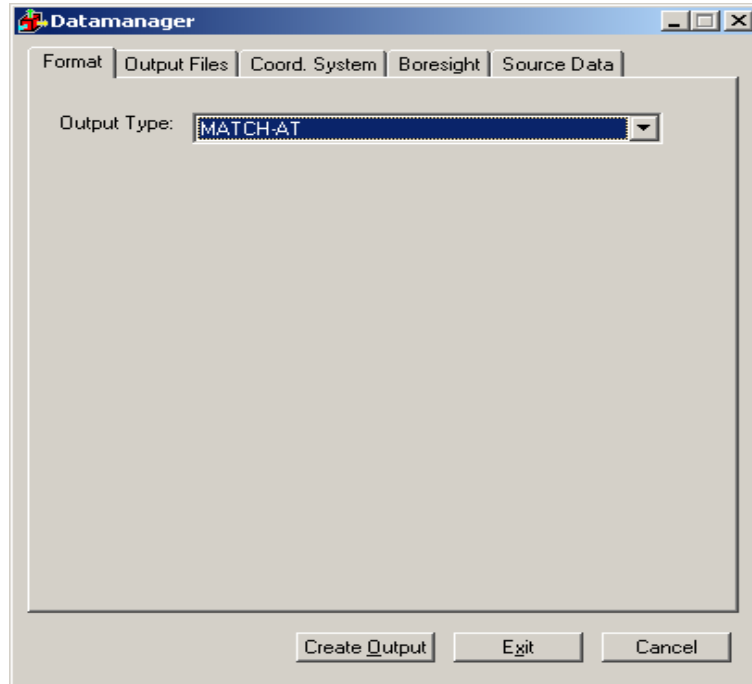
AEROoffice programında oluşturulan projenin bir sonraki adımına geçilir. Process sonucu elde edilen uçuş gününün koordinatları ile uçuş günü GPS/IMU verileri, postprocess yapılarak programın oluşturduğu uçuş simülasyonu gerçekleştirilir (Şekil 3.46). Resim orta noktaları koordinatları fotoğraf numaralarına göre eşleşmiş olur.

4.Adım: İşlem tamamlandıktan sonra istenilen formatta çıktı almak mümkündür. Aşağıda “Match-AT” yazılımına uygun formata export işlemleri gösterilmiştir.

Araç çubuğunda bulunan “Datamanager” butonuna tıklanır (Şekil 3.47). Açılan datamanager penceresindeki “Output Type” sekmesinde MATCH-AT formatı seçilir (Şekil 3.48). İstenen format belirlendikten sonra “Coord. System” geçilir ve ilgili Coordinate Systemi seçilerek bir sonraki adıma geçilir.

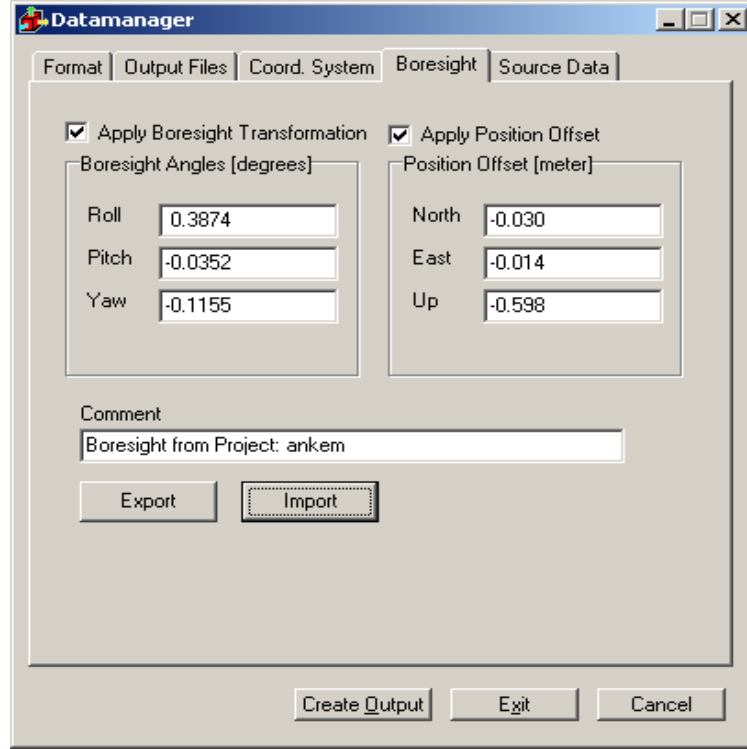


Şekil 3.47 Datamanager butonuna



Şekil 3.48 Datamanager penceresi

“Boresight” sekmesinde “Import” butonu ile daha önceden hazırlanmış boresight kalibrasyon dosyası seçilerek import edilir (Şekil 3.49). Bir sonraki aşama olan “Source Data” bölümünde ise zaman düzeltmesi yapılmış dosya seçilir ve “Create Output” butonu ile “Match-AT” yazılımına uygun formata export işlemi gerçekleştirilmiş olur.

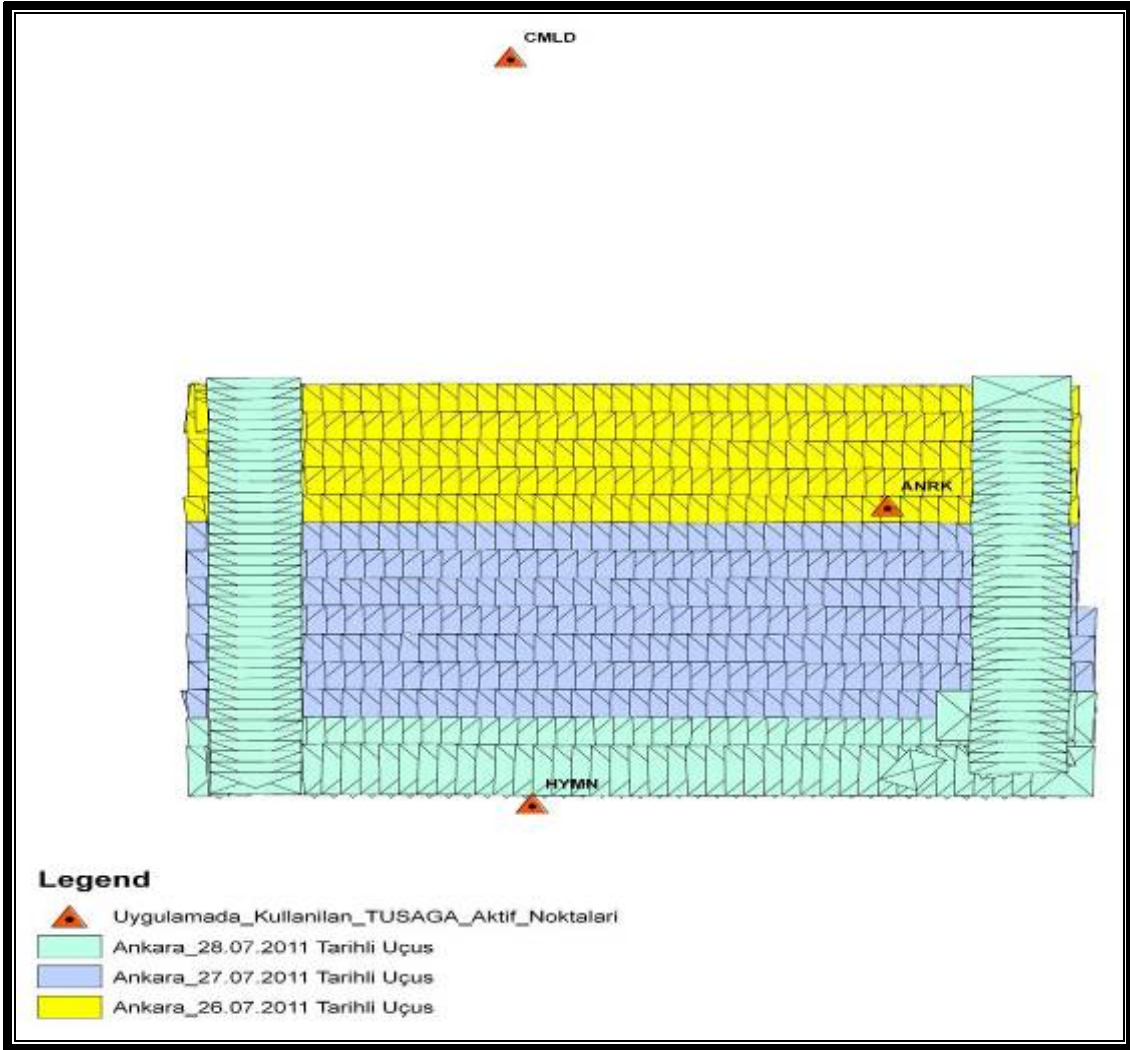


Şekil 3.49 Boresight sekmesi

4. BULGULAR

4.1 Birinci Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (ANRK-HYMN-CMLD)

26-28 Temmuz 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen uçuşlar esnasında toplanan üç günlük GPS/IMU verileri manyetik ortamda bilgisayara aktarılmıştır. Uygulamada çalışma bölgesinin merkezine olan uzaklıkları ANRK \approx 20 km, HYMN \approx 30 km ve CMLD \approx 80 km belirlenen üç TUSAGA-AKTİF istasyon noktaları seçilmiştir (Şekil 4.1). Üç farklı gün için GPS/IMU verileri AEROoffice programı kullanılarak yukarıda belirtilen işlem adımları uygulanarak ön işlemeye tabi tutulmuş ve bu ön işleme sonucunda GPS process'i için gerekli olan kinematik GPS verileri elde edilmiştir.



Şekil 4.1 Birinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

ANRK, HYMN ve CMLD TUSAGA-AKTİF istasyon verileri ile AEROoffice programından elde edilen uçuş anına ilişkin kinematik GPS verileri yukarıdaki belirtilen işlem adımları takip edilerek, GrafNav programı ile her bir uçuş günü için ayrı projeler oluşturulmuştur.

Her bir proje için uygun process parametreleri belirlenip ve bu parametreler doğrultusunda 1 sn epok aralığında toplanan uçuş anına ilişkin her bir uçuş günü ait kinematik GPS verileri belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyonlarından process edilmiştir.

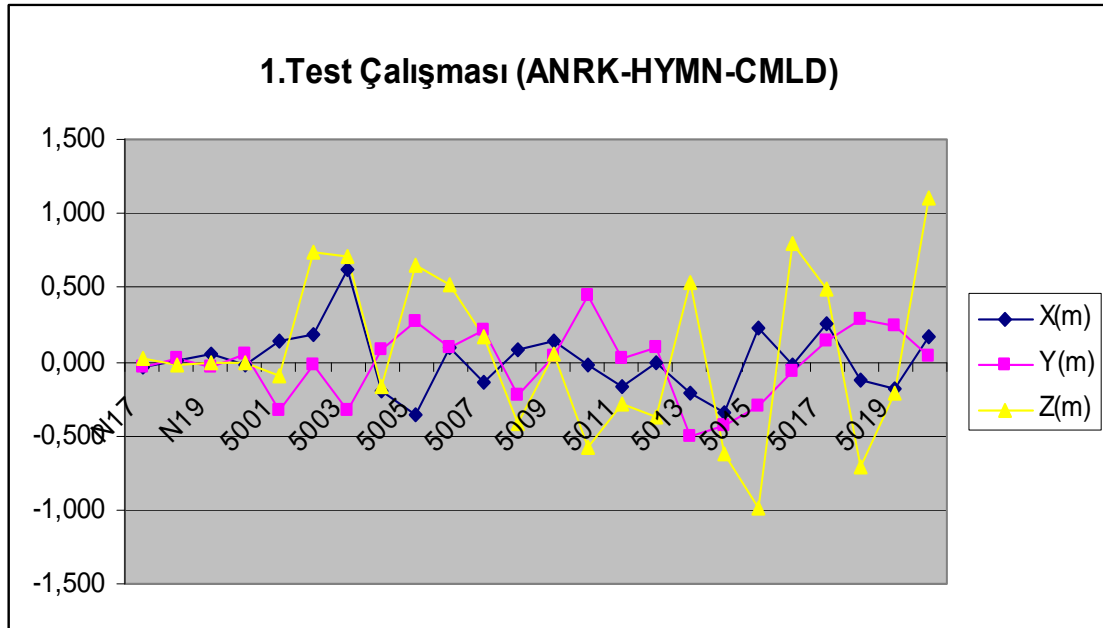
Process sonucu elde edilen GrafNav çıktı dosyası, daha önce AEROoffice programında oluşturulan projenin belirtilen menüsüne aktarılarak resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Process sonucu elde edilen uçuş gününün koordinatları ile uçuş günü GPS/IMU verileri, postprocess yapılarak programın oluşturduğu uçuş simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Resim orta noktalarının koordinatları fotoğraf numaralarına göre eşleşmiş olur. Bu işlemler sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur.

4.1.1 Blok dengeleme

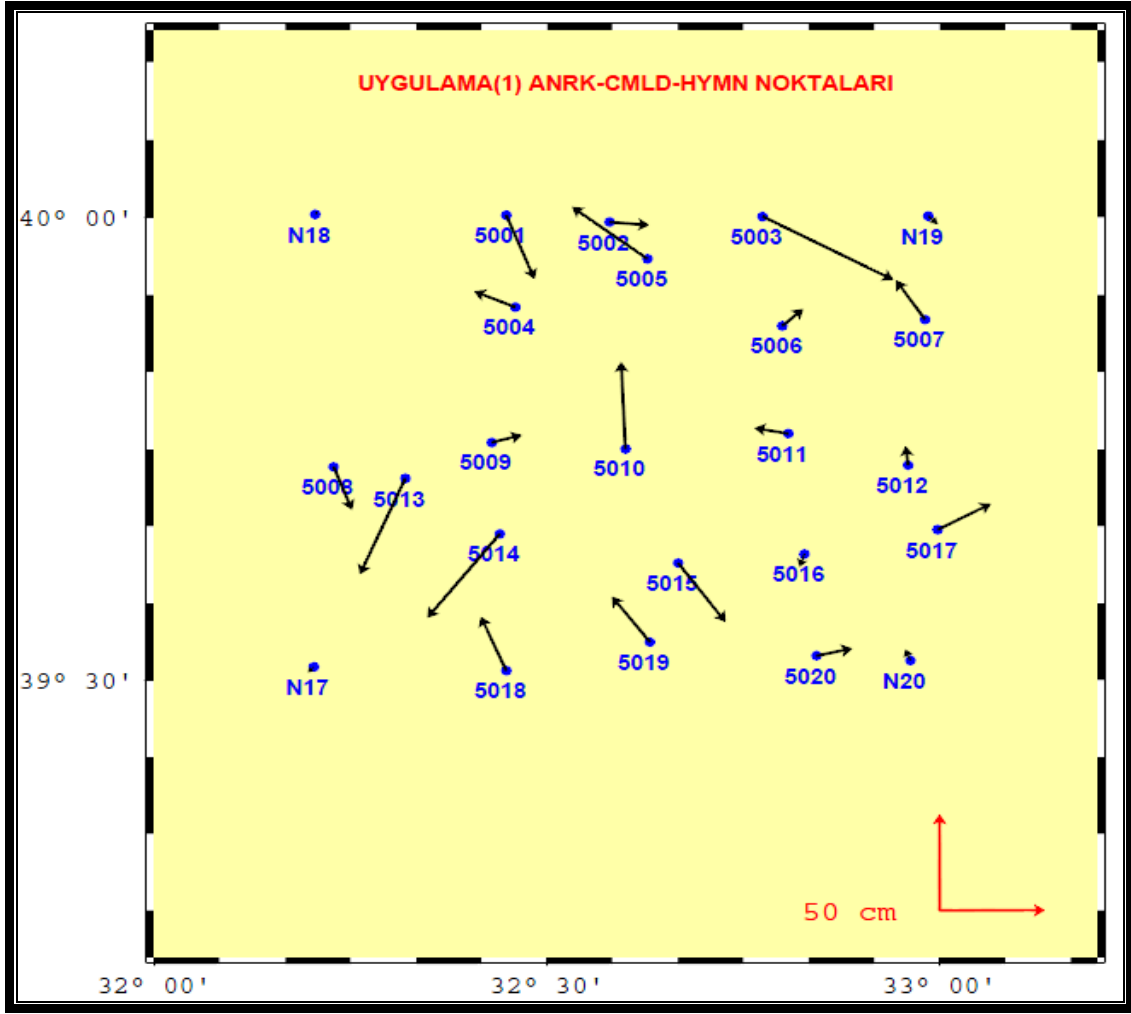
1:60.000 ölçekli 26 Temmuz 2011 tarihli uçuş, 27 Temmuz 2011 tarihli uçuş ve 28 Temmuz 2011 tarihli uçuşları kapsayacak şekilde her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Boresight düzeltmelerinin de getirildiği bu çıktı dosyası, blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanılmıştır. GPS/IMU verileri ve blok köşelerindeki YKN'ları kullanılarak bağlama noktaları Inpho Match-AT 5.3 yazılımı ile otomatik olarak elde edilmiştir. Dengeleme sırasında 20 adet YKN kontrol noktası (check point) olarak programa hesaplatılmış ve jeodezik olarak belirlenmiş koordinatlar ile olan farkları alınmış ve hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). Test sonucunda belirlenmiş hata farkları Şekil 4.3'de vektör el olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.2'de grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.1 Birinci Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları

NOKTA NO	1.TEST UYGULAMASI		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
N17	-0.030	-0.031	0.021
N18	0.009	0.015	-0.016
N19	0.045	-0.042	-0.003
N20	-0.024	0.058	-0.002
5001	0.134	-0.332	-0.093
5002	0.188	-0.016	0.743
5003	0.621	-0.330	0.705
5004	-0.195	0.082	-0.170
5005	-0.358	0.270	0.648
5006	0.099	0.089	0.517
5007	-0.138	0.205	0.163
5008	0.087	-0.223	-0.411
5009	0.144	0.039	0.046
5010	-0.021	0.453	-0.571
5011	-0.162	0.029	-0.292
5012	-0.012	0.100	-0.368
5013	-0.216	-0.499	0.540
5014	-0.344	-0.437	-0.622
5015	0.225	-0.307	-0.983
5016	-0.023	-0.068	0.795
5017	0.252	0.135	0.495
5018	-0.121	0.281	-0.709
5019	-0.180	0.236	-0.208
5020	0.170	0.038	1.107



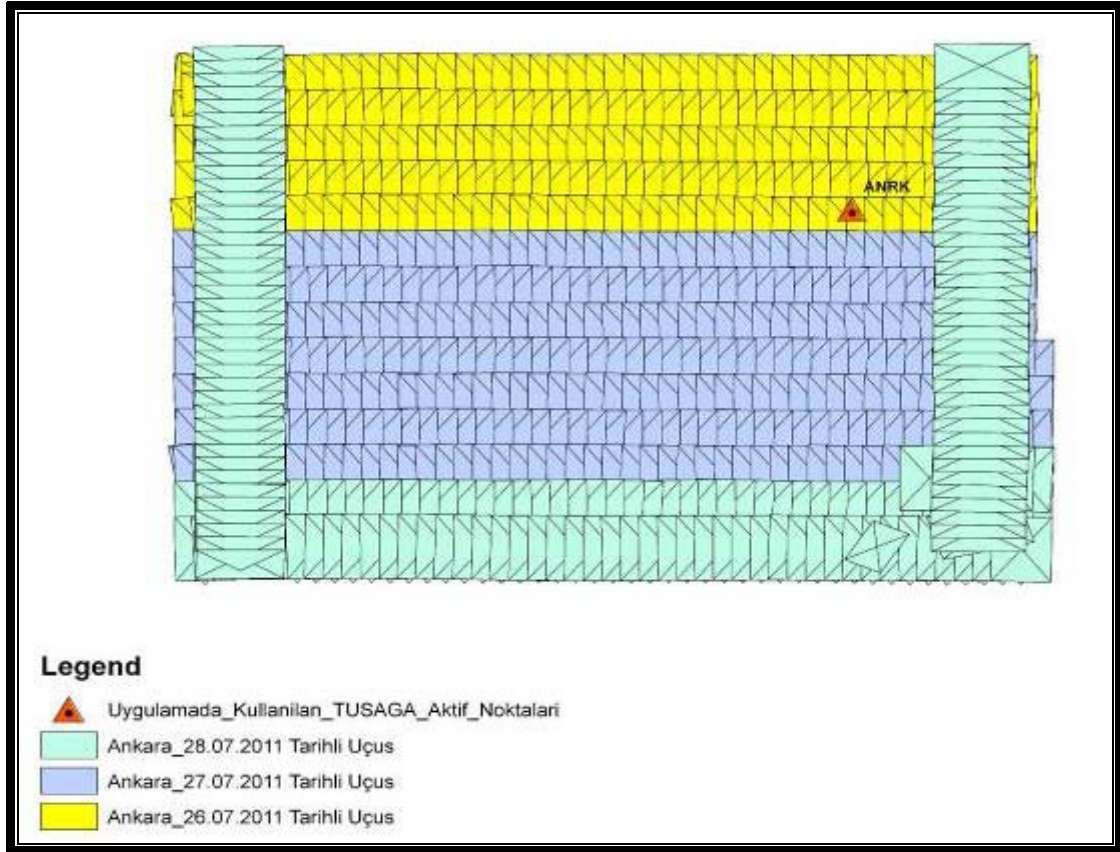
Şekil 4.2 Birinci test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.3 Birinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi

4.2 İkinci Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (ANRK)

26-28 Temmuz 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen uçuşlar esnasında toplanan üç günlük GPS/IMU verileri manyetik ortamda bilgisayara aktarılmıştır. Uygulamada çalışma bölgesinin merkezine olan uzaklığı ANRK \approx 20 km, belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyon noktası seçilmiştir (Şekil 4.4). Üç farklı gün için GPS/IMU verileri AEROoffice programı kullanılarak yukarıda belirtilen işlem adımları uygulanarak ön işleme tabi tutulmuş ve bu ön işleme sonucunda GPS process'i için gerekli olan kinematik GPS verileri elde edilmiştir.



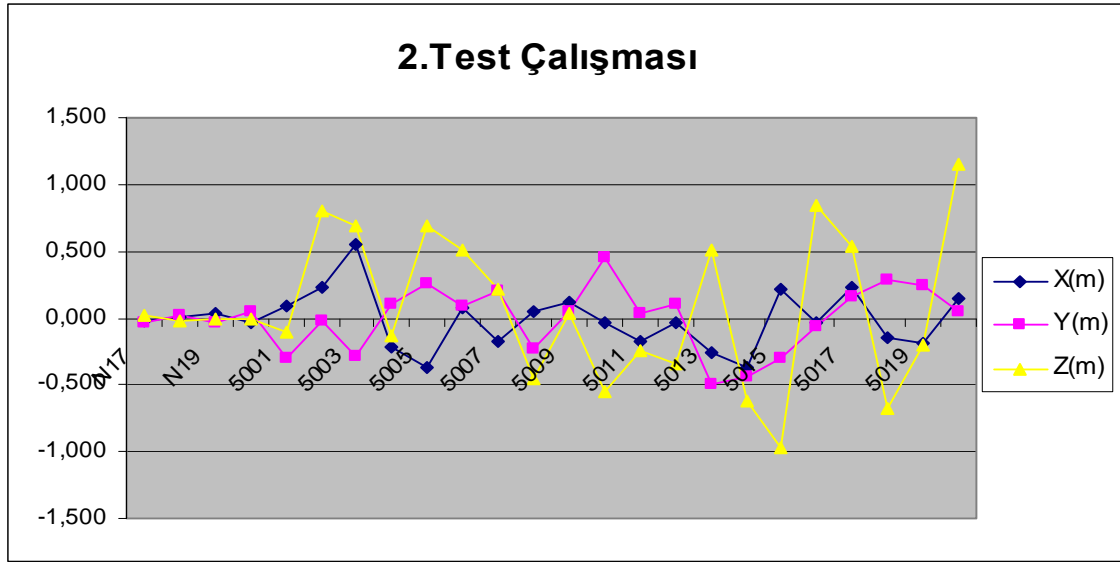
Şekil 4.4 İkinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

ANRK, TUSAGA-AKTİF istasyon verisi ile AEROoffice programından elde edilen uçuş anına ilişkin kinematik GPS verileri yukarıdaki belirtilen işlem adımları takip edilerek, GrafNav programı ile her bir uçuş günü için ayrı projeler oluşturulmuştur. Her bir proje için uygun process parametreleri belirlenip ve bu parametreler doğrultusunda 1 sn epok aralığında toplanan uçuş anına ilişkin her bir uçuş günü ait kinematik GPS

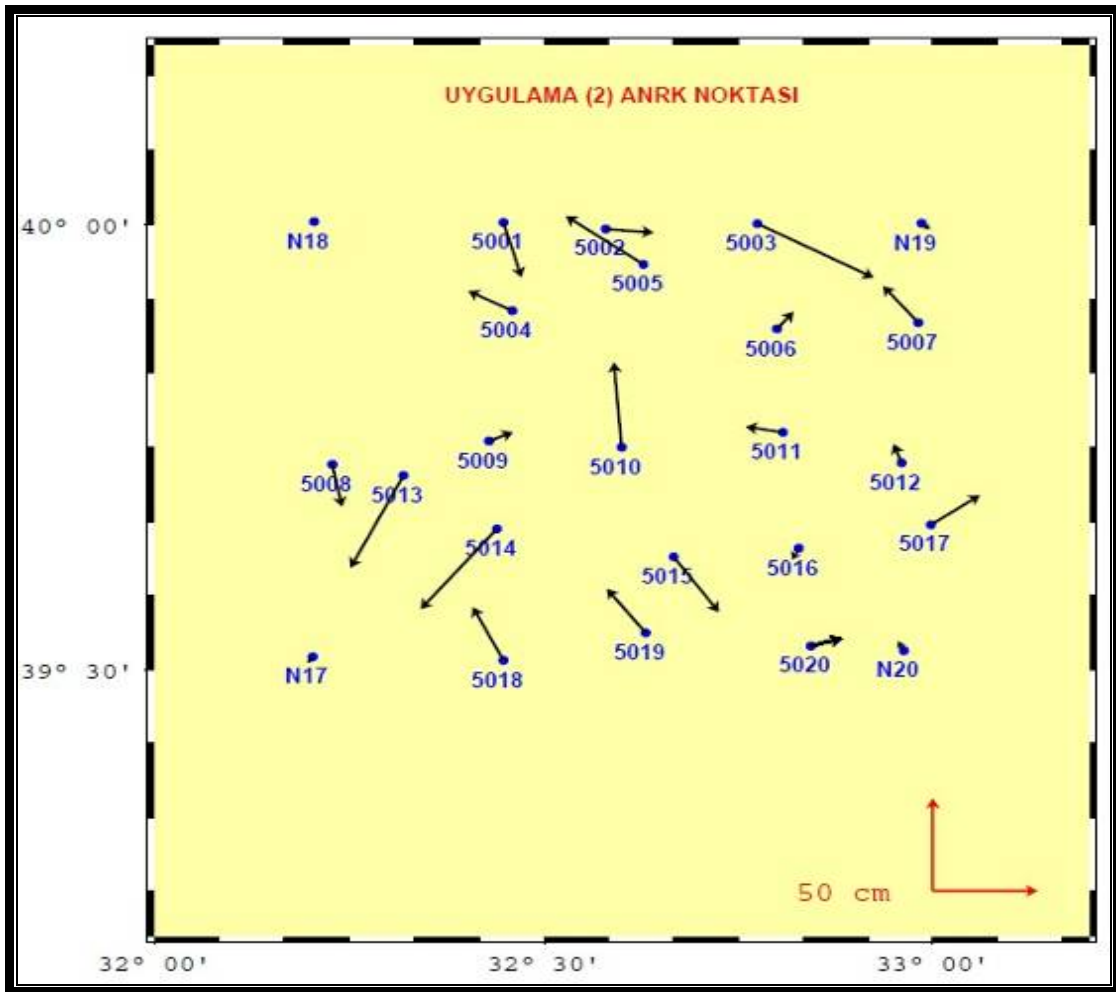
verileri belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyonlarından process edilmiştir. Process sonucu elde edilen GrafNav çıktı dosyası, daha önce AEROoffice programında oluşturulan projenin belirtilen menüsüne aktararak resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Process sonucu elde edilen uçuş gününün koordinatları ile uçuş günü GPS/IMU verileri, postprocess yapılarak programın oluşturduğu uçuş simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Resim orta noktalarının koordinatları fotoğraf numaralarına göre eşleşmiş olur. Bu işlemler sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur. Her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Bu çıktı dosyası blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanıldı. Jeodezik olarak belirlenmiş koordinatlar ile olan farkları alınmış ve hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Test sonucunda belirlenmiş hata farkları Şekil 4.6’da vektör el olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.5’de grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.2 İkinci Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları

NOKTA NO	2.TEST UYGULAMASI		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
N17	-0.025	-0.034	0.020
N18	0.013	0.017	-0.015
N19	0.041	-0.033	-0.004
N20	-0.029	0.050	-0.002
5001	0.086	-0.296	-0.104
5002	0.229	-0.019	0.800
5003	0.556	-0.292	0.685
5004	-0.210	0.107	-0.127
5005	-0.370	0.261	0.691
5006	0.080	0.092	0.511
5007	-0.168	0.199	0.212
5008	0.046	-0.229	-0.458
5009	0.115	0.048	0.035
5010	-0.036	0.458	-0.549
5011	-0.178	0.031	-0.245
5012	-0.038	0.102	-0.339
5013	-0.254	-0.500	0.516
5014	-0.364	-0.433	-0.620
5015	0.216	-0.299	-0.964
5016	-0.032	-0.062	0.838
5017	0.234	0.161	0.544
5018	-0.147	0.289	-0.680
5019	-0.186	0.238	-0.200
5020	0.147	0.042	1.145



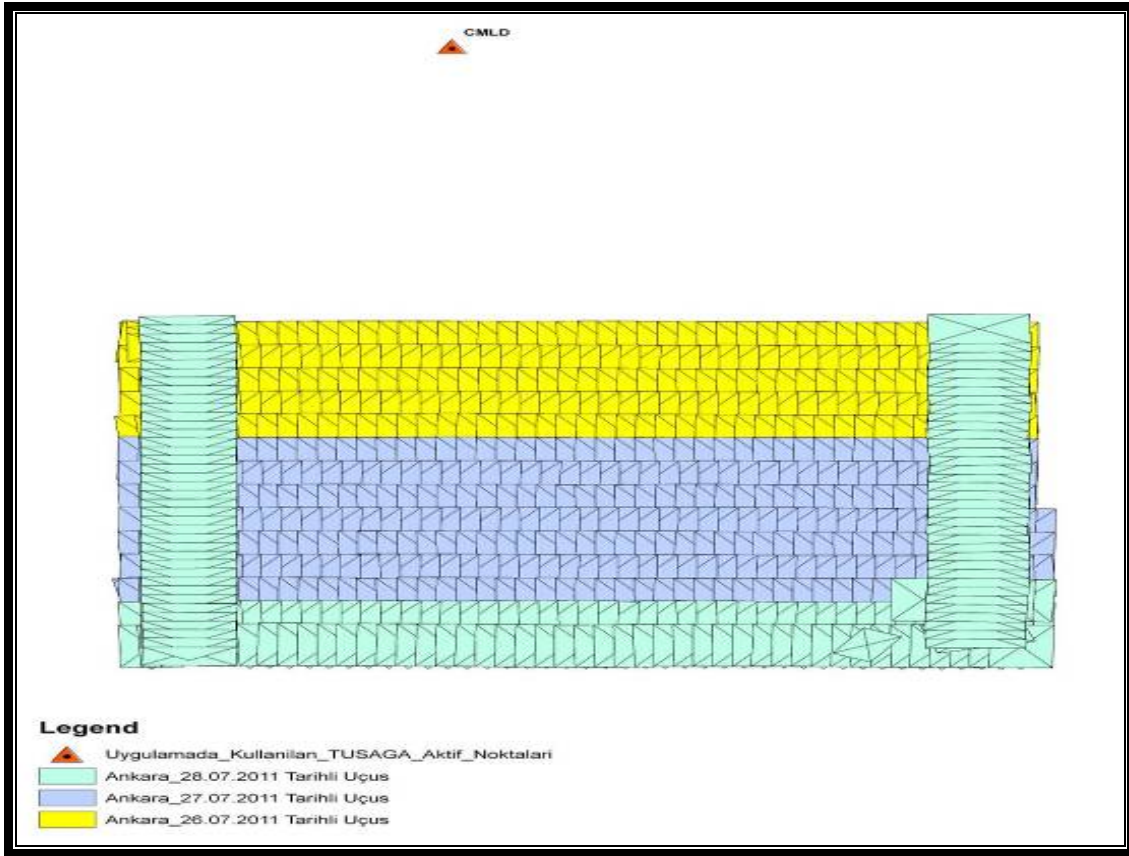
Şekil 4.5 İkinci test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.6 İkinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi

4.3 Üçüncü Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (CMLD)

26-28 Temmuz 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen uçuşlar esnasında toplanan üç günlük GPS/IMU verileri manyetik ortamda bilgisayara aktarılmıştır. Uygulamada çalışma bölgesinin merkezine olan uzaklığı CMLD \approx 80 km, belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyon noktası seçilmiştir (Şekil 4.7). Üç farklı gün için GPS/IMU verileri AEROoffice programı kullanılarak yukarıda belirtilen işlem adımları uygulanarak ön işleme tabi tutulmuş ve bu ön işleme sonucunda GPS process'i için gerekli olan kinematik GPS verileri elde edilmiştir.



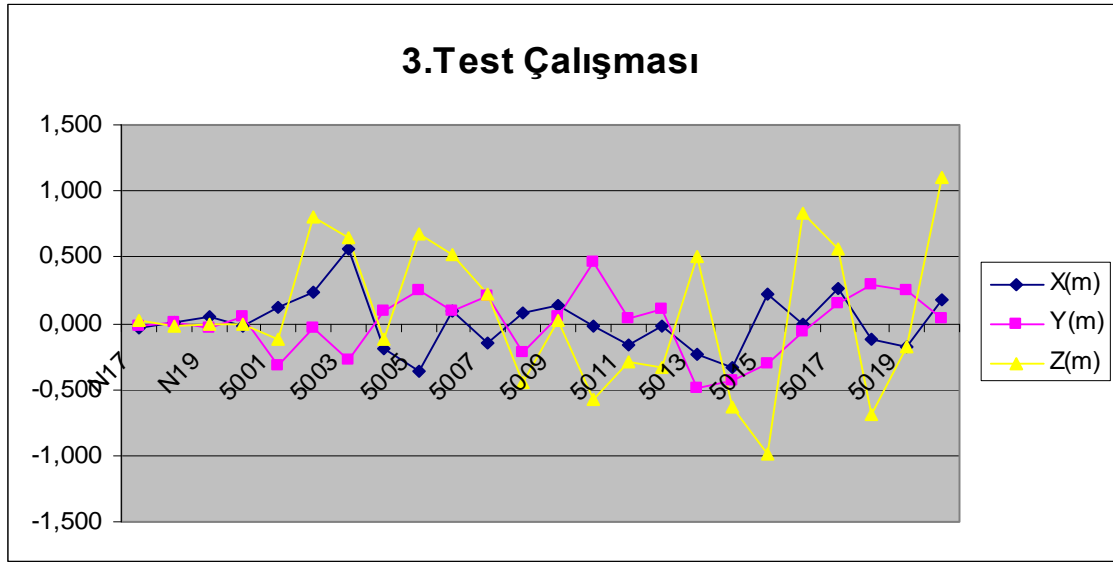
Şekil 4.7 Üçüncü uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

CMLD, TUSAGA-AKTİF istasyon verisi ile AEROoffice programından elde edilen uçuş anına ilişkin kinematik GPS verileri yukarıdaki belirtilen işlem adımları takip edilerek, GrafNav programı ile her bir uçuş günü için ayrı projeler oluşturulmuştur. Her bir proje için uygun process parametreleri belirlenip ve bu parametreler doğrultusunda 1 sn epok aralığında toplanan uçuş anına ilişkin her bir uçuş günü ait kinematik GPS

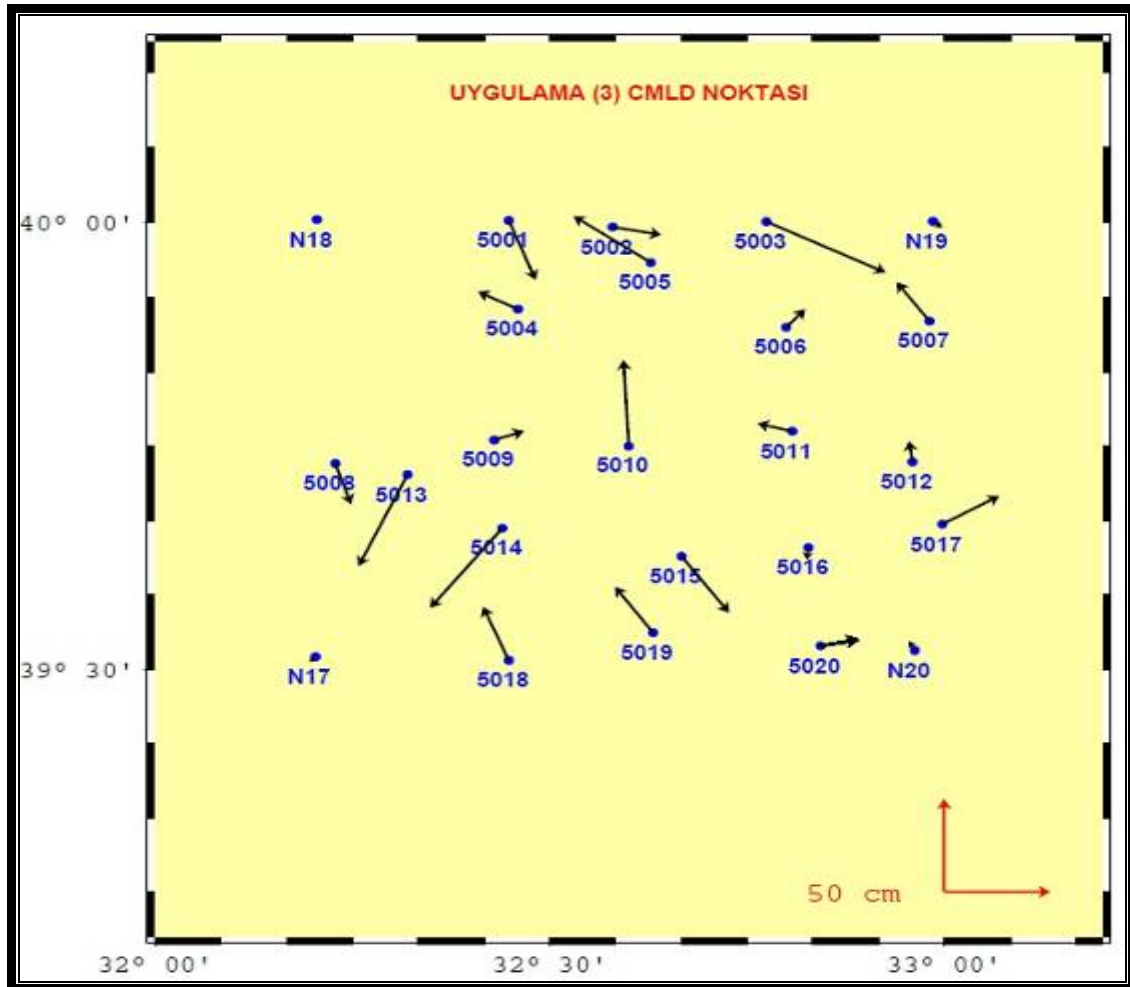
verileri belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyonlarından process edilmiştir. Process sonucu elde edilen GrafNav çıktı dosyası, daha önce AEROoffice programında oluşturulan projenin belirtilen menüsüne aktararak resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Process sonucu elde edilen uçuş gününün koordinatları ile uçuş günü GPS/IMU verileri, postprocess yapılarak programın oluşturduğu uçuş simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Resim orta noktalarının koordinatları fotoğraf numaralarına göre eşleşmiş olur. Bu işlemler sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur. Her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Bu çıktı dosyası blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanıldı. Jeodezik olarak belirlenmiş koordinatlar ile olan farkları alınmış ve hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). Test sonucunda belirlenmiş hata farkları Şekil 4.9’da vektör el olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.8’de grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.3 Üçüncü Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları

NOKTA NO	3.TEST UYGULAMASI		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
N17	-0.030	-0.028	0.020
N18	0.012	0.011	-0.015
N19	0.045	-0.034	-0.003
N20	-0.027	0.052	-0.002
5001	0.126	-0.320	-0.125
5002	0.229	-0.042	0.801
5003	0.564	-0.275	0.641
5004	-0.188	0.095	-0.116
5005	-0.365	0.251	0.678
5006	0.090	0.098	0.518
5007	-0.155	0.210	0.224
5008	0.074	-0.219	-0.454
5009	0.140	0.048	0.015
5010	-0.024	0.463	-0.580
5011	-0.163	0.042	-0.291
5012	-0.016	0.113	-0.338
5013	-0.231	-0.493	0.501
5014	-0.340	-0.429	-0.628
5015	0.225	-0.304	-0.990
5016	-0.007	-0.064	0.828
5017	0.269	0.153	0.565
5018	-0.122	0.288	-0.689
5019	-0.180	0.248	-0.182
5020	0.180	0.034	1.106



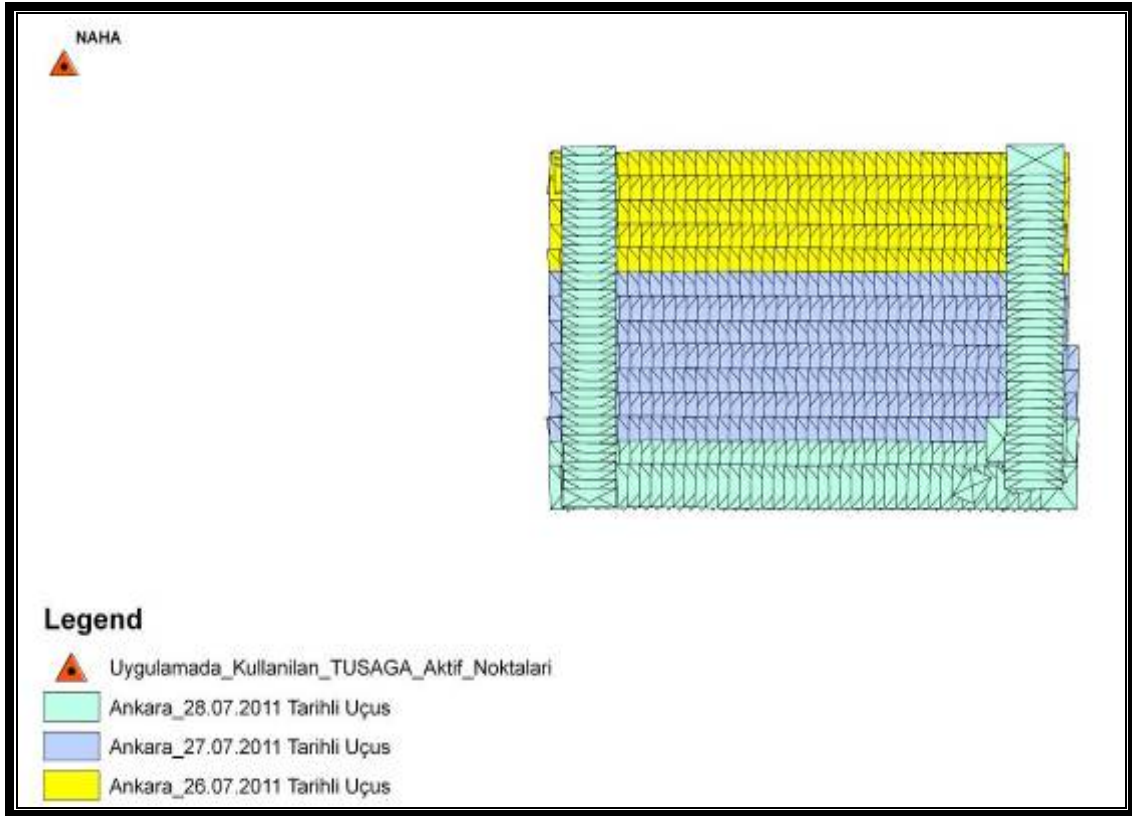
Şekil 4.8 Üçüncü test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.9 Üçüncü test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi

4.4 Dördüncü Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (NAHA)

26-28 Temmuz 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen uçuşlar esnasında toplanan üç günlük GPS/IMU verileri manyetik ortamda bilgisayara aktarılmıştır. Uygulamada çalışma bölgesinin merkezine olan uzaklığı NAHA \approx 120 km, belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyon noktası seçilmiştir (Şekil 4.10). Üç farklı gün için GPS/IMU verileri AEROoffice programı kullanılarak yukarıda belirtilen işlem adımları uygulanarak ön işleme tabi tutulmuş ve bu ön işleme sonucunda GPS process'i için gerekli olan kinematik GPS verileri elde edilmiştir.



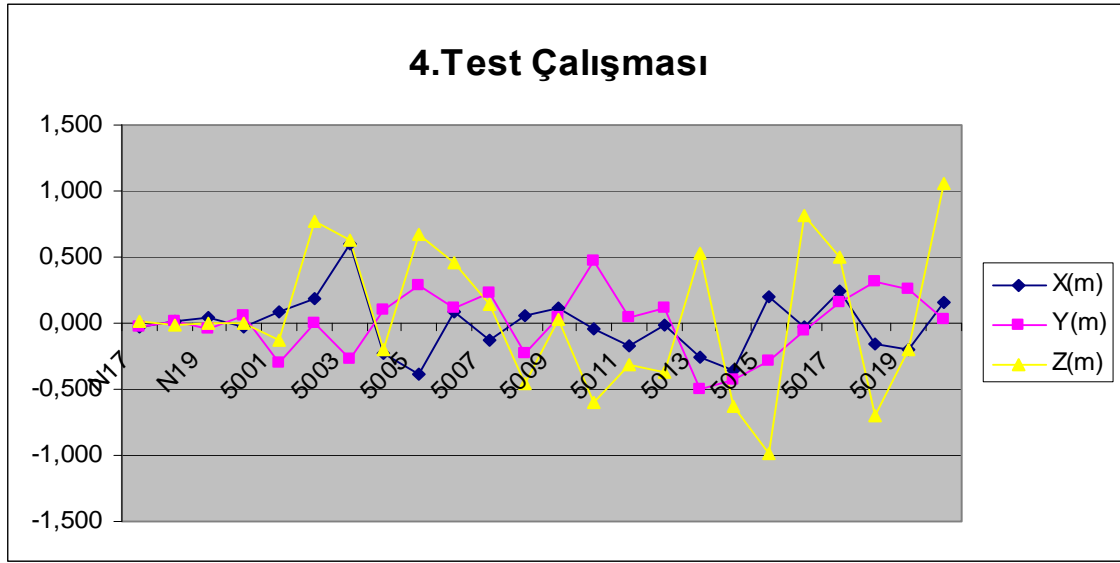
Şekil 4.10 Dördüncü uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

NAHA, TUSAGA-AKTİF istasyon verisi ile AEROoffice programından elde edilen uçuş anına ilişkin kinematik GPS verileri yukarıdaki belirtilen işlem adımları takip edilerek, GrafNav programı ile her bir uçuş günü için ayrı projeler oluşturulmuştur. Her bir proje için uygun process parametreleri belirlenip ve bu parametreler doğrultusunda 1 sn epok aralığında toplanan uçuş anına ilişkin her bir uçuş günü ait kinematik GPS

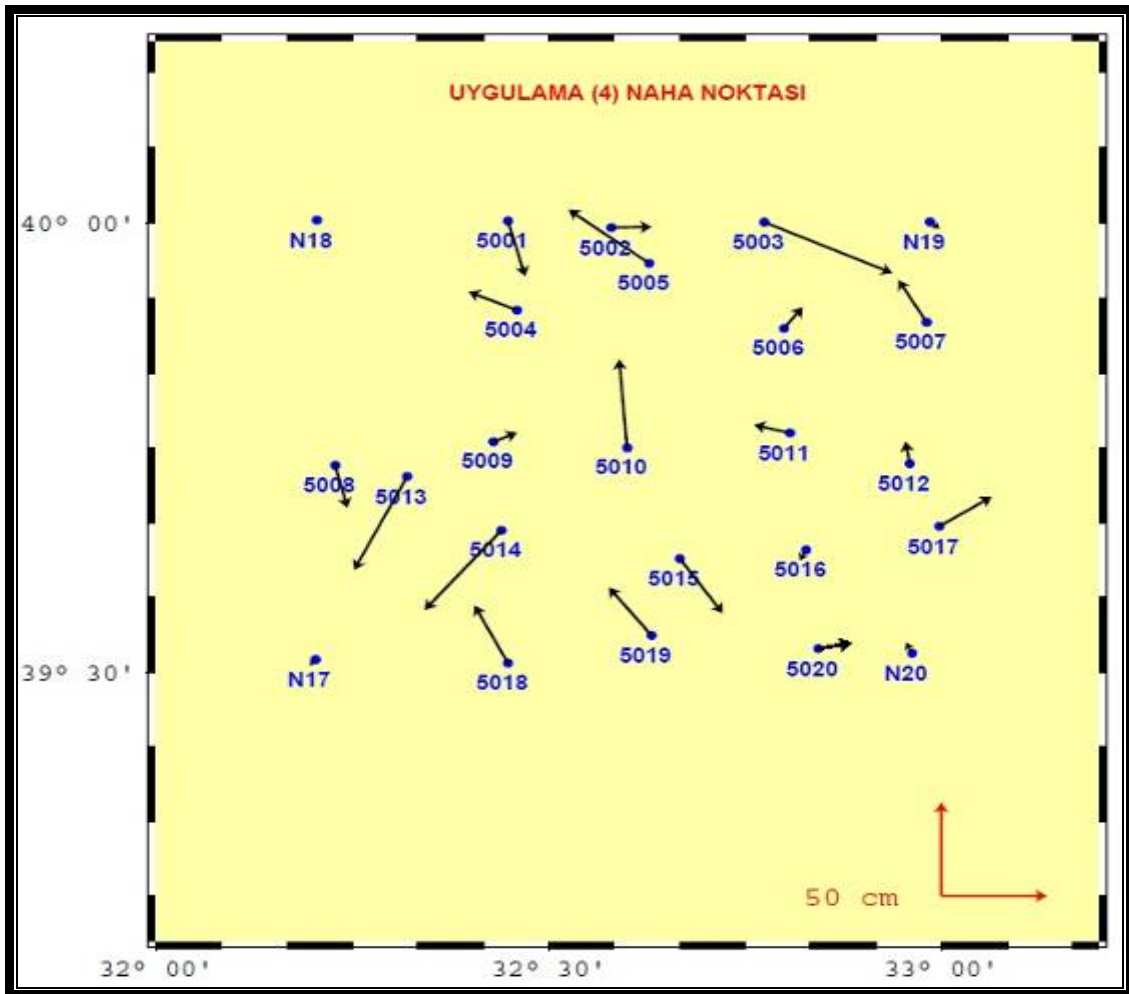
verileri belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyonlarından process edilmiştir. Process sonucu elde edilen GrafNav çıktı dosyası, daha önce AEROoffice programında oluşturulan projenin belirtilen menüsüne aktararak resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Process sonucu elde edilen uçuş gününün koordinatları ile uçuş günü GPS/IMU verileri, postprocess yapılarak programın oluşturduğu uçuş simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Resim orta noktalarının koordinatları fotoğraf numaralarına göre eşleşmiş olur. Bu işlemler sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur. Her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Bu çıktı dosyası blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanıldı. Jeodezik olarak belirlenmiş koordinatlar ile olan farkları alınmış ve hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.4). Test sonucunda belirlenmiş hata farkları Şekil 4.12’de vektör el olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.11’de grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.4 Dördüncü Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları

NOKTA NO	4.TEST UYGULAMASI		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
N17	-0.029	-0.033	0.020
N18	0.011	0.013	-0.015
N19	0.046	-0.037	-0.003
N20	-0.029	0.057	-0.002
5001	0.081	-0.295	-0.123
5002	0.190	0.004	0.766
5003	0.606	-0.273	0.632
5004	-0.229	0.099	-0.197
5005	-0.382	0.287	0.674
5006	0.088	0.114	0.461
5007	-0.134	0.226	0.136
5008	0.057	-0.229	-0.457
5009	0.113	0.049	0.025
5010	-0.039	0.475	-0.593
5011	-0.170	0.043	-0.321
5012	-0.021	0.118	-0.371
5013	-0.251	-0.501	0.529
5014	-0.363	-0.425	-0.630
5015	0.203	-0.292	-0.988
5016	-0.030	-0.057	0.809
5017	0.247	0.157	0.502
5018	-0.158	0.309	-0.696
5019	-0.202	0.256	-0.195
5020	0.158	0.031	1.052



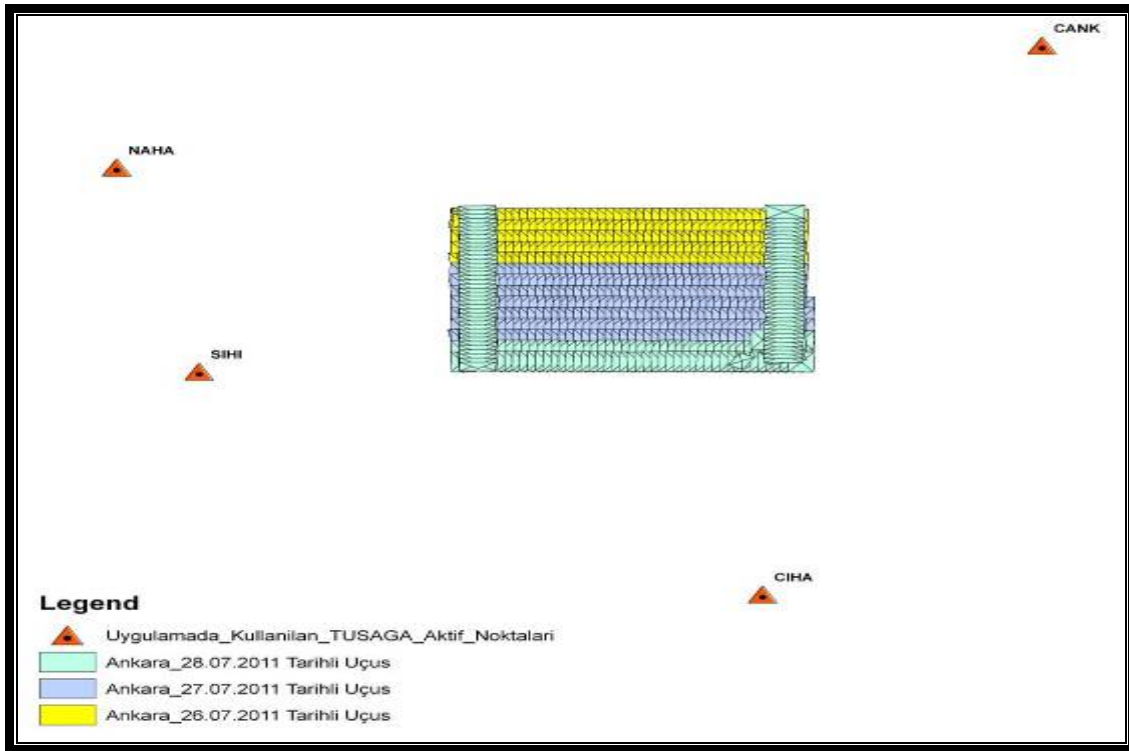
Şekil 4.11 Dördüncü test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.12 Dördüncü test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi

4.5 Beşinci Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (NAHA-SIHI-CANK-CIHA)

26-28 Temmuz 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen uçuşlar esnasında toplanan üç günlük GPS/IMU verileri manyetik ortamda bilgisayara aktarılmıştır. Uygulamada her bir uçuş gününün merkezine olan uzaklıkları 26 Temmuz 2011 tarihli uçuş için NAHA \approx 110 km, SIHI \approx 105 km, 27 Temmuz 2011 tarihli uçuş için NAHA \approx 120 km, SIHI \approx 95 km, CANK \approx 130 km, 28 Temmuz 2011 tarihli uçuş için NAHA \approx 130 km, SIHI \approx 95 km, CIHA \approx 100 km belirlenen dört TUSAGA-AKTİF istasyon noktaları seçilmiştir (Şekil 4.13). Üç farklı gün için GPS/IMU verileri AEROoffice programı kullanılarak yukarıda belirtilen işlem adımları uygulanarak ön işlemeye tabi tutulmuş ve bu ön işleme sonucunda GPS process'i için gerekli olan kinematik GPS verileri elde edilmiştir.



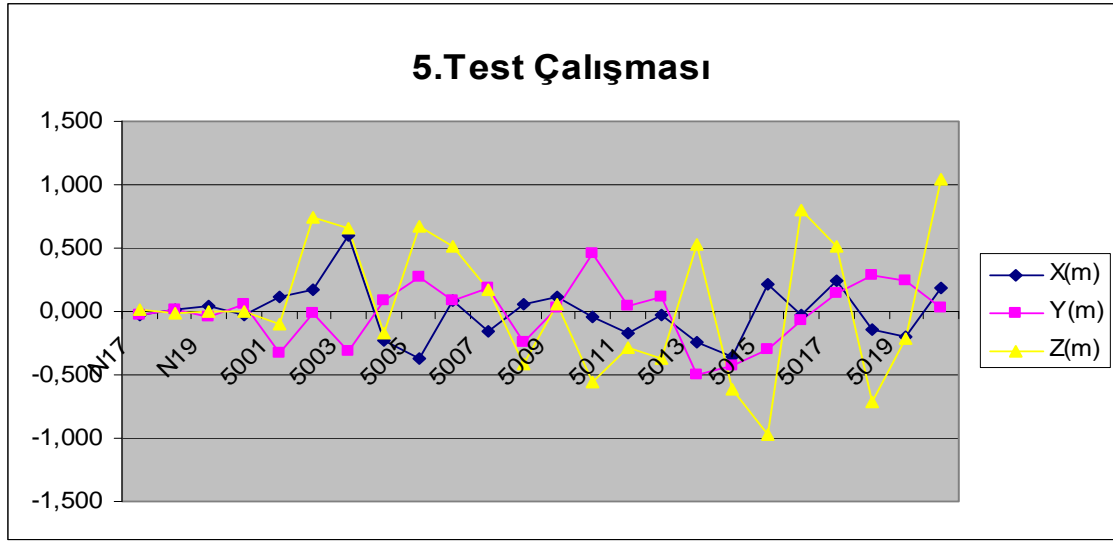
Şekil 4.13 Beşinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

NAHA, SIHI, CANK ve CIHA TUSAGA-AKTİF istasyon verileri ile AEROoffice programından elde edilen uçuş anına ilişkin kinematik GPS verileri yukarıdaki belirtilen işlem adımları takip edilerek, GrafNav programı ile her bir uçuş günü için ayrı projeler oluşturulmuştur. Her bir proje için uygun process parametreleri belirlenip ve bu

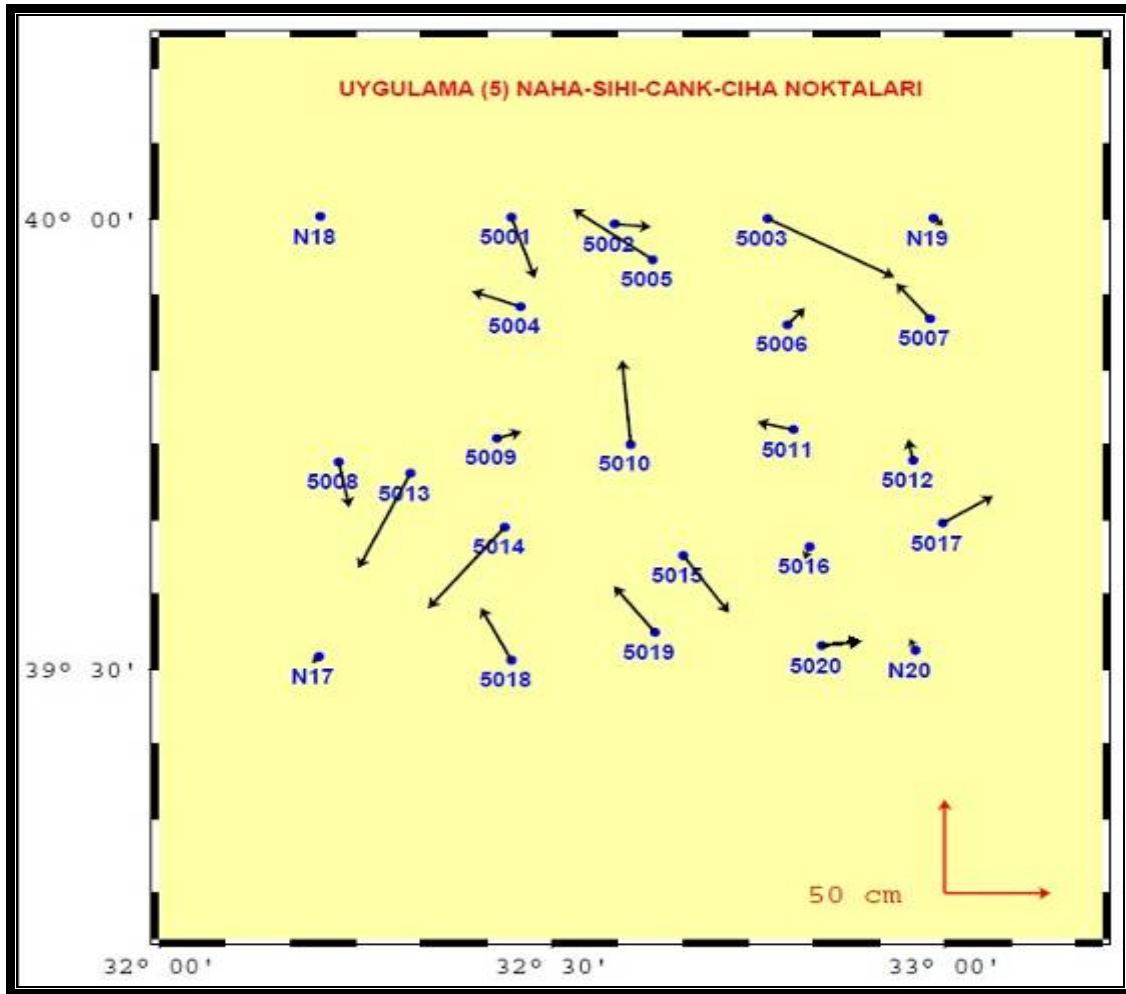
parametreler doğrultusunda 1 sn epok aralığında toplanan uçuş anına ilişkin her bir uçuş günü ait kinematik GPS verileri belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyonlarından process edilmiştir. Process sonucu elde edilen GrafNav çıktı dosyası, daha önce AEROoffice programında oluşturulan projenin belirtilen menüsüne aktarılarak resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Process sonucu elde edilen uçuş gününün koordinatları ile uçuş günü GPS/IMU verileri, postprocess yapılarak programın oluşturduğu uçuş simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Resim orta noktalarının koordinatları fotoğraf numaralarına göre eşleşmiş olur. Bu işlemler sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur. Her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Bu çıktı dosyası blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanıldı. Jeodezik olarak belirlenmiş koordinatlar ile olan farkları alınmış ve hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.5). Test sonucunda belirlenmiş hata farkları Şekil 4.15’de vektör el olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.14’de grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.5 Beşinci Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları

NOKTA NO	5.TEST UYGULAMASI		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
N17	-0.031	-0.034	0.020
N18	0.010	0.014	-0.015
N19	0.048	-0.041	-0.003
N20	-0.027	0.061	-0.001
5001	0.111	-0.326	-0.095
5002	0.172	-0.017	0.737
5003	0.601	-0.315	0.660
5004	-0.227	0.082	-0.166
5005	-0.377	0.270	0.675
5006	0.083	0.091	0.508
5007	-0.161	0.190	0.168
5008	0.051	-0.242	-0.410
5009	0.116	0.035	0.052
5010	-0.040	0.452	-0.558
5011	-0.171	0.040	-0.285
5012	-0.024	0.113	-0.376
5013	-0.246	-0.507	0.529
5014	-0.362	-0.433	-0.617
5015	0.216	-0.306	-0.975
5016	-0.024	-0.067	0.795
5017	0.239	0.146	0.514
5018	-0.145	0.280	-0.718
5019	-0.194	0.247	-0.221
5020	0.182	0.024	1.037



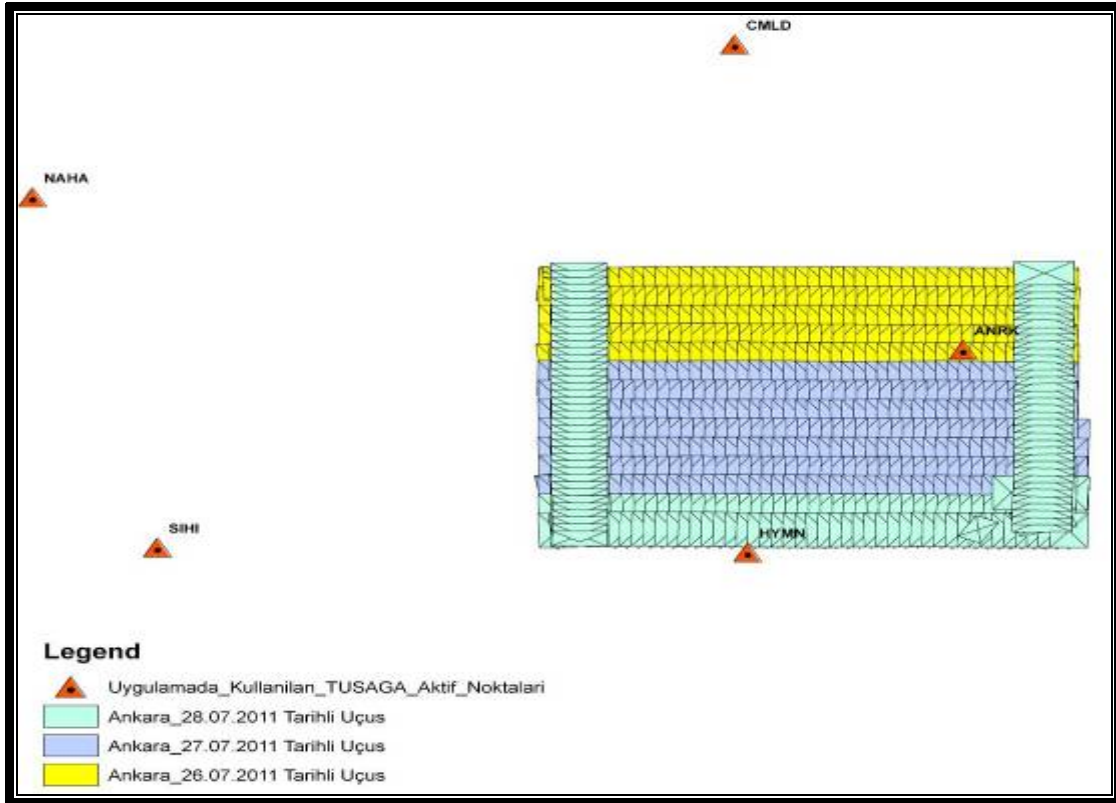
Şekil 4.14 Beşinci test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.15 Beşinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi

4.6 Altıncı Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (ANRK-HYMN-SIHI- CMLD -NAHA) Her biri için ortak 5 nokta

26-28 Temmuz 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen uçuşlar esnasında toplanan üç günlük GPS/IMU verileri manyetik ortamda bilgisayara aktarılmıştır. Uygulamada çalışma bölgesinin merkezine olan uzaklıkları ANRK \approx 20 km, HYMN \approx 30 km, CMLD \approx 80 km, SIHI \approx 100 km ve NAHA \approx 120 km belirlenen beş TUSAGA-AKTİF istasyon noktaları seçilmiştir (Şekil 4.16). Üç farklı gün için GPS/IMU verileri AEROoffice programı kullanılarak yukarıda belirtilen işlem adımları uygulanarak ön işleme tabi tutulmuş ve bu ön işleme sonucunda GPS process'i için gerekli olan kinematik GPS verileri elde edilmiştir.



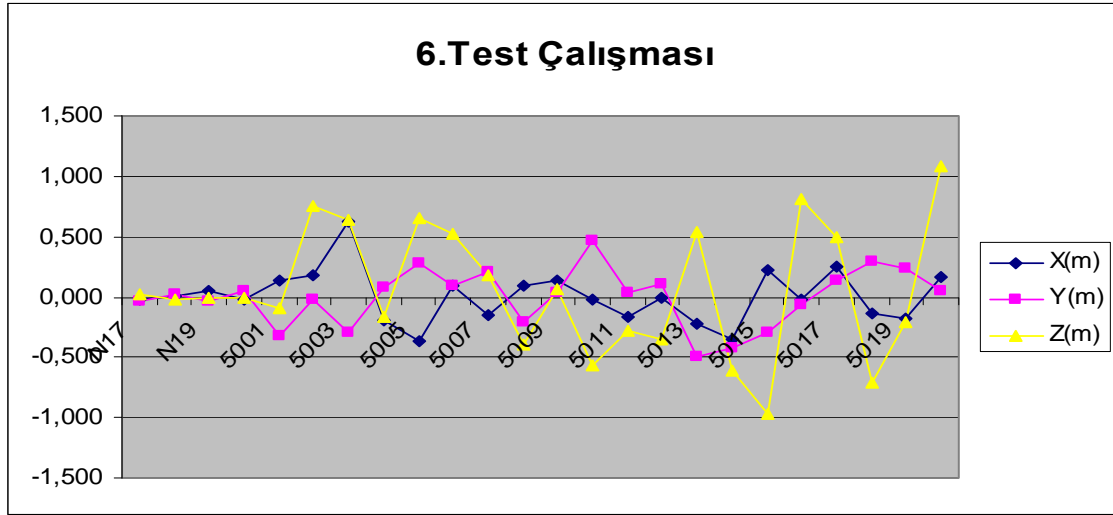
Şekil 4.16 Altıncı uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

ANRK, HYMN, CMLD, NAHA ve SIHI TUSAGA-AKTİF istasyon verileri ile AEROoffice programından elde edilen uçuş anına ilişkin kinematik GPS verileri yukarıdaki belirtilen işlem adımları takip edilerek, GrafNav programı ile her bir uçuş günü için ayrı projeler oluşturulmuştur. Her bir proje için uygun process parametreleri

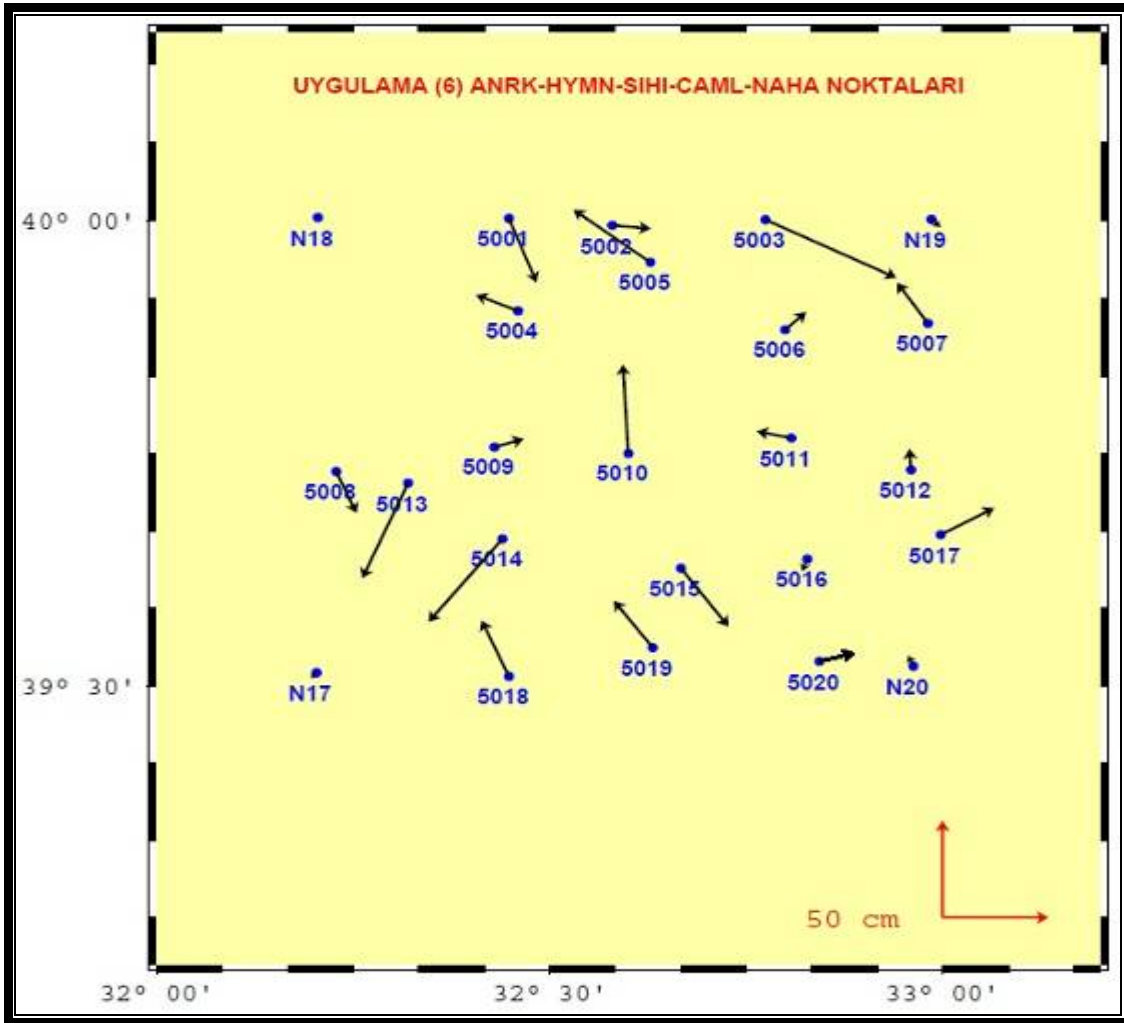
belirlenip ve bu parametreler doğrultusunda 1 sn epok aralığında toplanan uçuş anına ilişkin her bir uçuş günü ait kinematik GPS verileri belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyonlarından process edilmiştir. Process sonucu elde edilen GrafNav çıktı dosyası, daha önce AEROoffice programında oluşturulan projenin belirtilen menüsüne aktararak resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Process sonucu elde edilen uçuş gününün koordinatları ile uçuş günü GPS/IMU verileri, postprocess yapılarak programın oluşturduğu uçuş simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Resim orta noktalarının koordinatları fotoğraf numaralarına göre eşleşmiş olur. Bu işlemler sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur. Her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Bu çıktı dosyası blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanıldı. Jeodezik olarak belirlenmiş koordinatlar ile olan farkları alınmış ve hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.6). Test sonucunda belirlenmiş hata farkları Şekil 4.18’de vektör el olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.17’de grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.6 Altıncı Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları

NOKTA NO	6.TEST UYGULAMASI		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
N17	-0.028	-0.030	0.020
N18	0.008	0.017	-0.015
N19	0.044	-0.042	-0.003
N20	-0.024	0.056	-0.002
5001	0.130	-0.330	-0.089
5002	0.182	-0.017	0.759
5003	0.620	-0.301	0.636
5004	-0.200	0.083	-0.161
5005	-0.365	0.273	0.655
5006	0.099	0.091	0.529
5007	-0.146	0.210	0.177
5008	0.096	-0.215	-0.395
5009	0.139	0.042	0.061
5010	-0.026	0.460	-0.561
5011	-0.164	0.035	-0.274
5012	-0.007	0.109	-0.348
5013	-0.217	-0.493	0.541
5014	-0.349	-0.428	-0.613
5015	0.224	-0.301	-0.973
5016	-0.024	-0.062	0.805
5017	0.253	0.138	0.502
5018	-0.130	0.290	-0.704
5019	-0.184	0.243	-0.205
5020	0.164	0.044	1.088



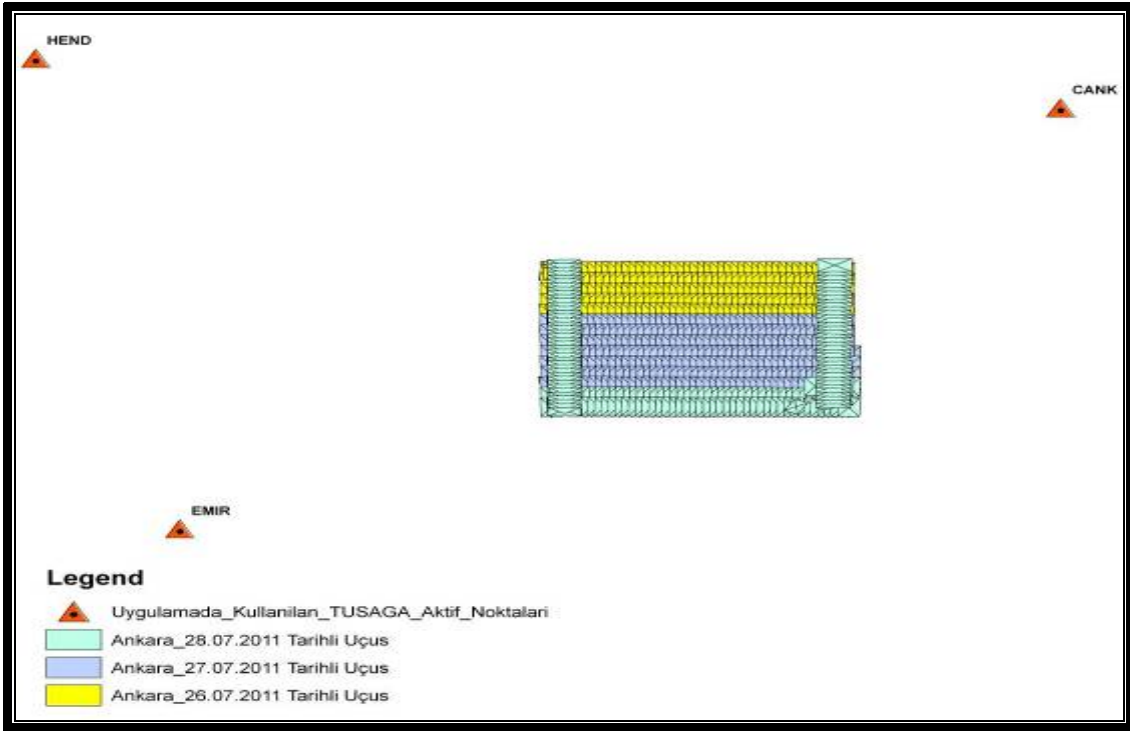
Şekil 4.17 Altıncı test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.18 Altıncı test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi

4.7 Yedinci Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (Uçuş günlerine göre en uzak tek nokta ile)

26-28 Temmuz 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen uçuşlar esnasında toplanan üç günlük GPS/IMU verileri manyetik ortamda bilgisayara aktarılmıştır. Uygulamada her bir uçuş gününün merkezine olan uzaklıkları 26 Temmuz 2011 tarihli uçuş için HEND \approx 190 km, 27 Temmuz 2011 tarihli uçuş için EMIR \approx 150 km, 28 Temmuz 2011 tarihli uçuş için CANK \approx 150 km belirlenen üç TUSAGA-AKTİF istasyon noktaları seçilmiştir (Şekil 4.19). Üç farklı gün için GPS/IMU verileri AEROoffice programı kullanılarak yukarıda belirtilen işlem adımları uygulanarak ön işlemeye tabi tutulmuş ve bu ön işleme sonucunda GPS process'i için gerekli olan kinematik GPS verileri elde edilmiştir.



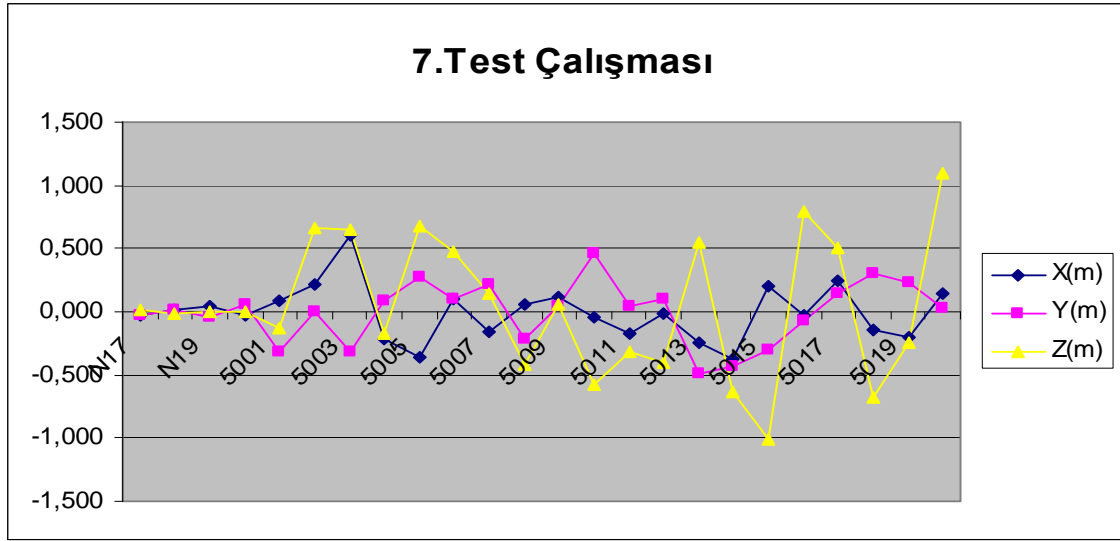
Şekil 4.19 Yedinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

HEND, EMIR ve CANK TUSAGA-AKTİF istasyon verileri ile AEROoffice programından elde edilen uçuş anına ilişkin kinematik GPS verileri yukarıdaki belirtilen işlem adımları takip edilerek, GrafNav programı ile her bir uçuş günü için ayrı projeler oluşturulmuştur. Her bir proje için uygun process parametreleri belirlenip ve bu

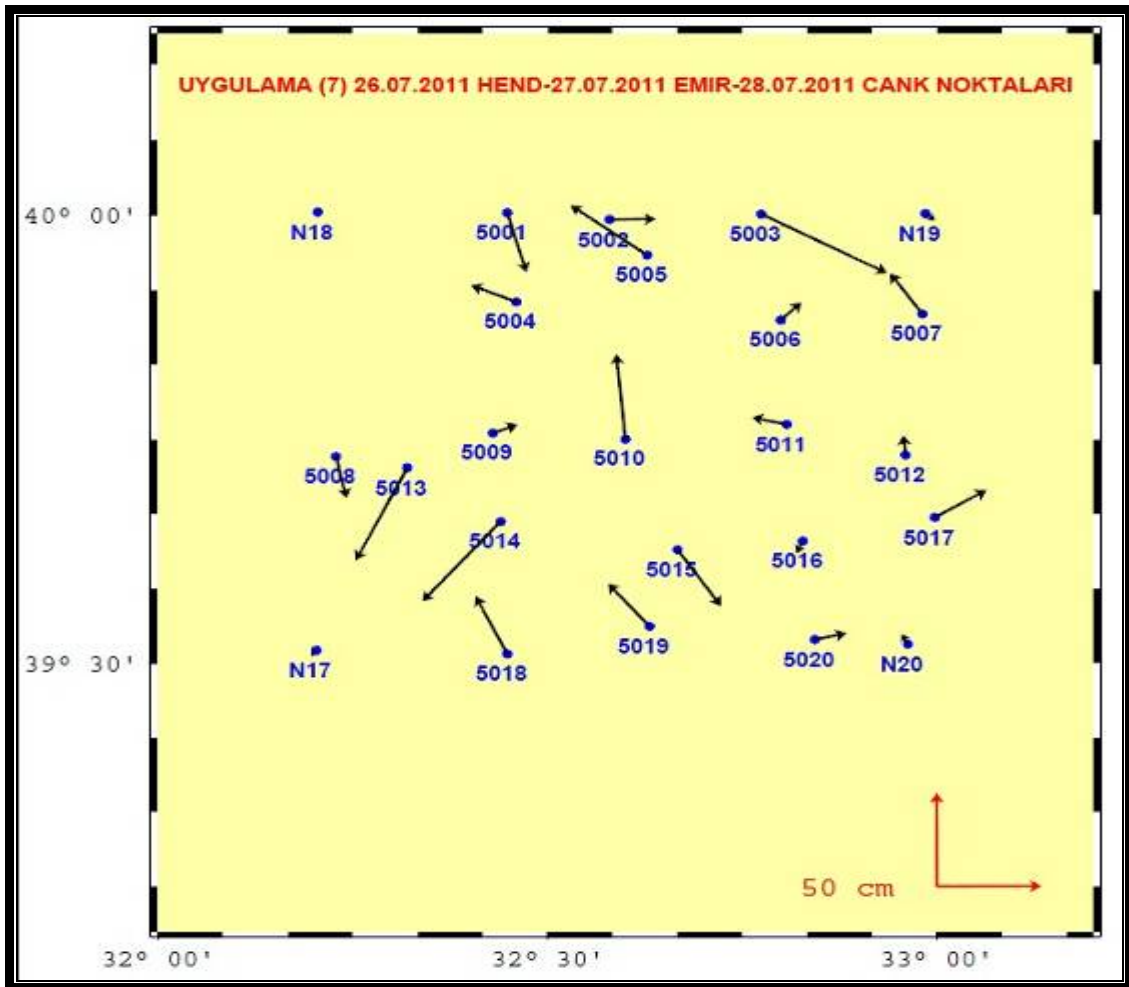
parametreler doğrultusunda 1 sn epok aralığında toplanan uçuş anına ilişkin her bir uçuş günü ait kinematik GPS verileri belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyonlarından process edilmiştir. Process sonucu elde edilen GrafNav çıktı dosyası, daha önce AEROoffice programında oluşturulan projenin belirtilen menüsüne aktarılarak resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Process sonucu elde edilen uçuş gününün koordinatları ile uçuş günü GPS/IMU verileri, postprocess yapılarak programın oluşturduğu uçuş simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Resim orta noktalarının koordinatları fotoğraf numaralarına göre eşleşmiş olur. Bu işlemler sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur. Her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Bu çıktı dosyası blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanıldı. Jeodezik olarak belirlenmiş koordinatlar ile olan farkları alınmış ve hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.7). Test sonucunda belirlenmiş hata farkları Şekil 4.21’de vektör el olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.20’de grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.7 Yedinci Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları

NOKTA NO	7.TEST UYGULAMASI		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
N17	-0.027	-0.033	0.019
N18	0.011	0.015	-0.014
N19	0.046	-0.037	-0.004
N20	-0.030	0.055	-0.001
5001	0.092	-0.318	-0.135
5002	0.221	0.003	0.663
5003	0.601	-0.317	0.656
5004	-0.216	0.090	-0.167
5005	-0.366	0.268	0.674
5006	0.099	0.096	0.474
5007	-0.154	0.219	0.145
5008	0.051	-0.223	-0.412
5009	0.119	0.046	0.055
5010	-0.044	0.459	-0.574
5011	-0.166	0.037	-0.317
5012	-0.011	0.106	-0.397
5013	-0.245	-0.496	0.543
5014	-0.375	-0.429	-0.638
5015	0.208	-0.303	-1.012
5016	-0.031	-0.067	0.791
5017	0.245	0.147	0.508
5018	-0.150	0.309	-0.676
5019	-0.199	0.230	-0.242
5020	0.151	0.034	1.090



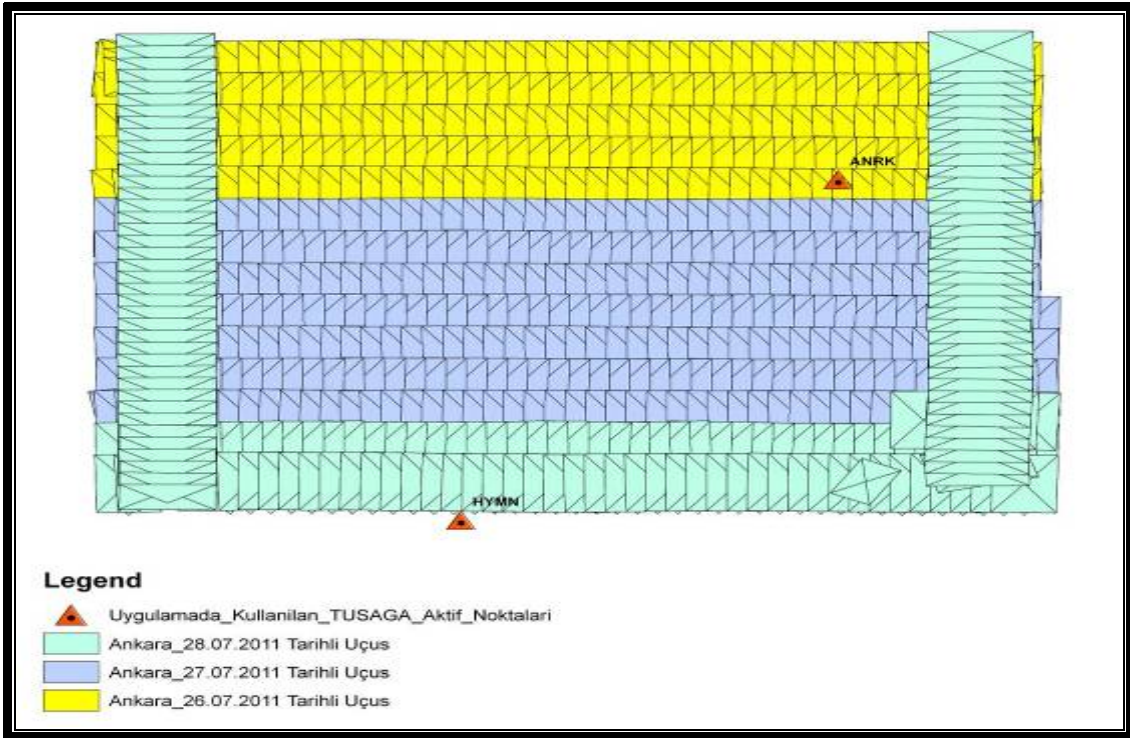
Şekil 4.20 Yedinci test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.21 Yedinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi

4.8 Sekizinci Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (Uçuş günlerine göre en yakın nokta)

26-28 Temmuz 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen uçuşlar esnasında toplanan üç günlük GPS/IMU verileri manyetik ortamda bilgisayara aktarılmıştır. Uygulamada her bir uçuş gününün merkezine olan uzaklıkları 26 Temmuz 2011 tarihli uçuş için ANRK ≈ 10 km, 27 Temmuz 2011 tarihli uçuş için HYMN ≈ 20 km, 28 Temmuz 2011 tarihli uçuş için HYMN ≈ 10 km belirlenen üç TUSAGA-AKTİF istasyon noktaları seçilmiştir (Şekil 4.22). Üç farklı gün için GPS/IMU verileri AEROoffice programı kullanılarak yukarıda belirtilen işlem adımları uygulanarak ön işleme tabi tutulmuş ve bu ön işleme sonucunda GPS process'i için gerekli olan kinematik GPS verileri elde edilmiştir.



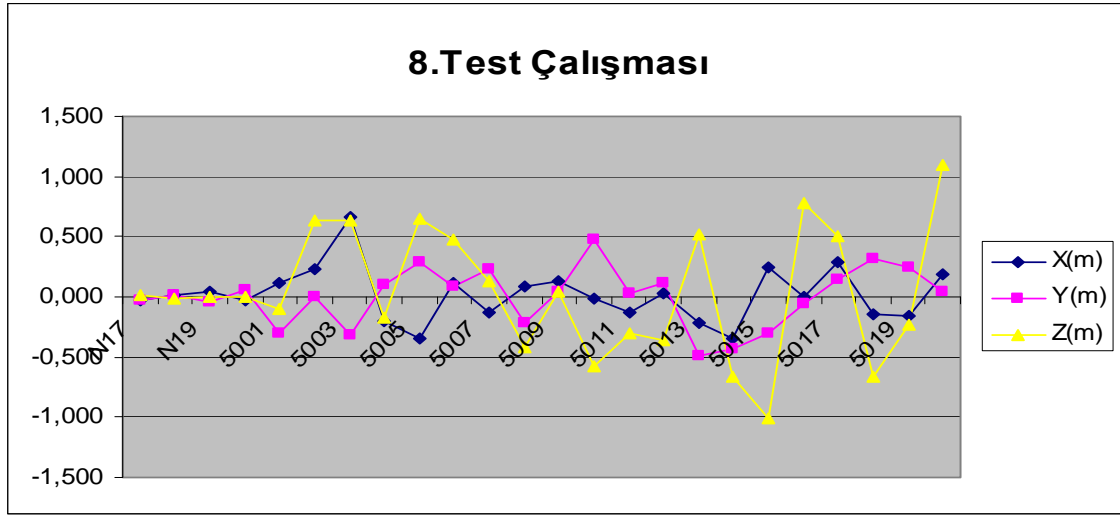
Şekil 4.22 Sekizinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

ANRK ve HYMN TUSAGA-AKTİF istasyon verileri ile AEROoffice programından elde edilen uçuş anına ilişkin kinematik GPS verileri yukarıdaki belirtilen işlem adımları takip edilerek, GrafNav programı ile her bir uçuş günü için ayrı projeler oluşturulmuştur. Her bir proje için uygun process parametreleri belirlenip ve bu

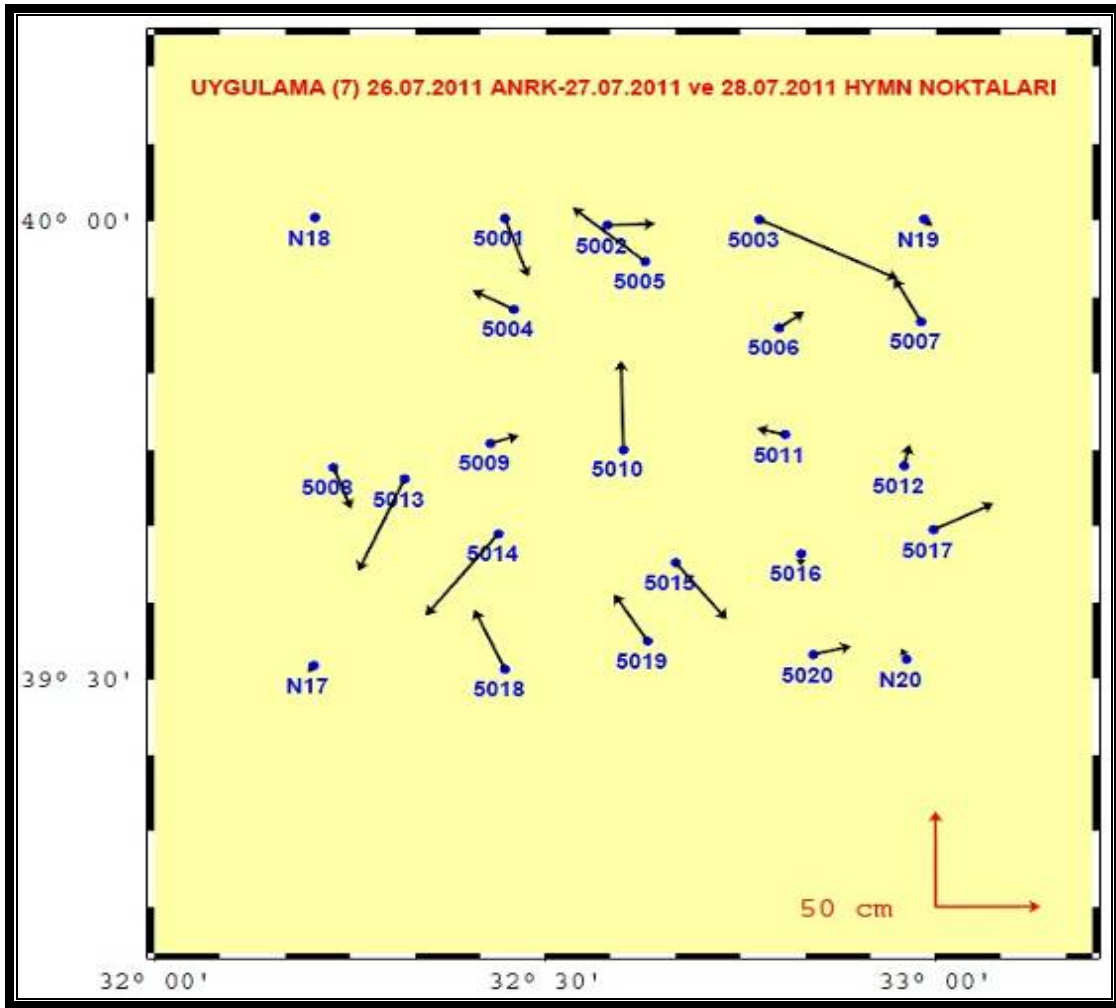
parametreler doğrultusunda 1 sn epok aralığında toplanan uçuş anına ilişkin her bir uçuş günü ait kinematik GPS verileri belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyonlarından process edilmiştir. Process sonucu elde edilen GrafNav çıktı dosyası, daha önce AEROoffice programında oluşturulan projenin belirtilen menüsüne aktarılarak resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Process sonucu elde edilen uçuş gününün koordinatları ile uçuş günü GPS/IMU verileri, postprocess yapılarak programın oluşturduğu uçuş simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Resim orta noktalarının koordinatları fotoğraf numaralarına göre eşleşmiş olur. Bu işlemler sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur. Her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Bu çıktı dosyası blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanıldı. Jeodezik olarak belirlenmiş koordinatlar ile olan farkları alınmış ve hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.8). Test sonucunda belirlenmiş hata farkları Şekil 4.24’de vektör el olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.23’de grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.8 Sekizinci Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları

NOKTA NO	8.TEST UYGULAMASI		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
N17	-0.028	-0.036	0.019
N18	0.013	0.018	-0.015
N19	0.040	-0.039	-0.002
N20	-0.025	0.057	-0.002
5001	0.112	-0.308	-0.100
5002	0.227	0.007	0.641
5003	0.661	-0.312	0.629
5004	-0.197	0.100	-0.180
5005	-0.347	0.284	0.650
5006	0.120	0.086	0.473
5007	-0.127	0.228	0.135
5008	0.086	-0.218	-0.421
5009	0.135	0.043	0.043
5010	-0.013	0.469	-0.581
5011	-0.136	0.032	-0.300
5012	0.026	0.113	-0.363
5013	-0.222	-0.486	0.513
5014	-0.346	-0.428	-0.658
5015	0.243	-0.298	-1.005
5016	-0.002	-0.064	0.777
5017	0.287	0.139	0.510
5018	-0.147	0.315	-0.662
5019	-0.160	0.247	-0.231
5020	0.182	0.044	1.098



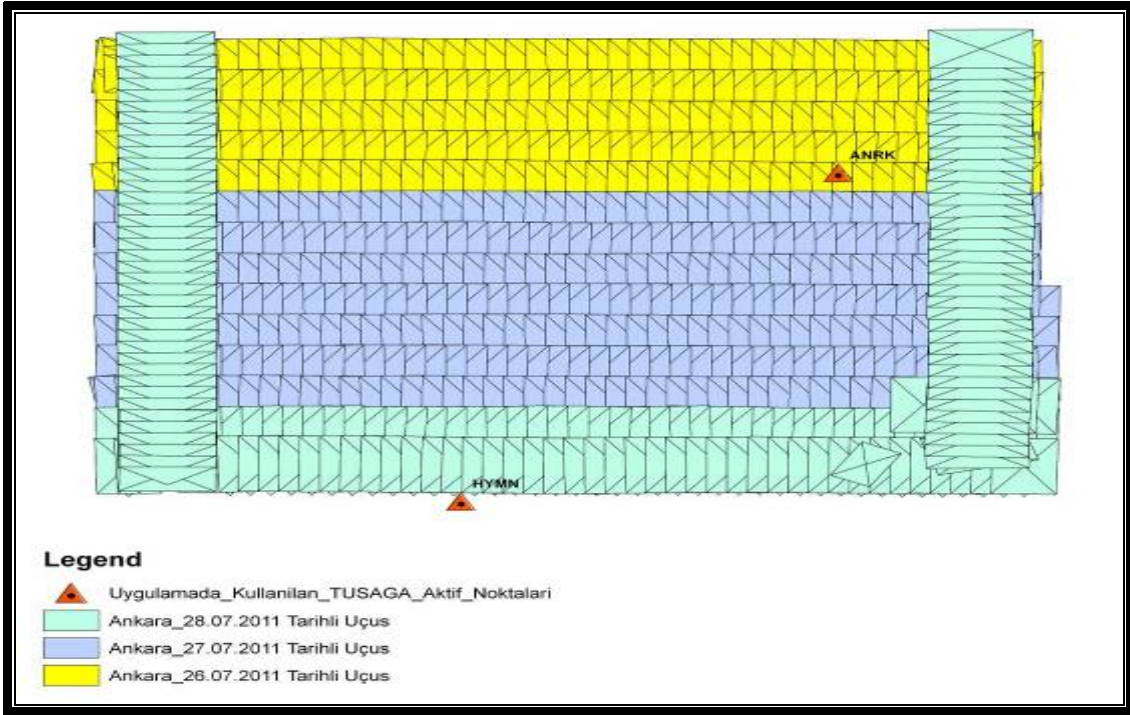
Şekil 4.23 Sekizinci test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.24 Sekizinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi

4.9 Dokuzuncu Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (Uçuş günlerine göre en yakın nokta) İyonesfer Etkisi Olmadan

26-28 Temmuz 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen uçuşlar esnasında toplanan üç günlük GPS/IMU verileri manyetik ortamda bilgisayara aktarılmıştır. Uygulamada her bir uçuş gününün merkezine olan uzaklıkları 26 Temmuz 2011 tarihli uçuş için ANRK ≈ 10 km, 27 Temmuz 2011 tarihli uçuş için HYMN ≈ 20 km, 28 Temmuz 2011 tarihli uçuş için HYMN ≈ 10 km belirlenen üç TUSAGA-AKTİF istasyon noktaları seçilmiştir (Şekil 4.25). Üç farklı gün için GPS/IMU verileri AEROoffice programı kullanılarak yukarıda belirtilen işlem adımları uygulanarak ön işleme tabi tutulmuş ve bu ön işleme sonucunda GPS process'i için gerekli olan kinematik GPS verileri elde edilmiştir.



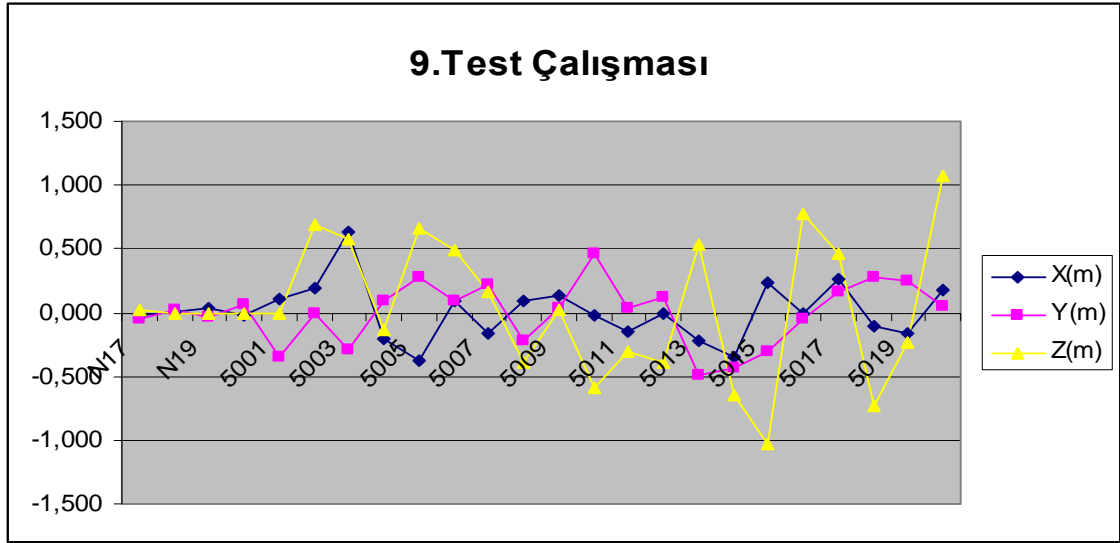
Şekil 4.25 Dokuzuncu uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

ANRK ve HYMN TUSAGA-AKTİF istasyon verileri ile AEROoffice programından elde edilen uçuş anına ilişkin kinematik GPS verileri yukarıdaki belirtilen işlem adımları takip edilerek, GrafNav programı ile her bir uçuş günü için ayrı projeler oluşturulmuştur. Her bir proje için iyonesfer düzeltmesi getirilmeden uygun process parametreleri belirlenerek ve bu parametreler doğrultusunda 1 sn epok aralığında

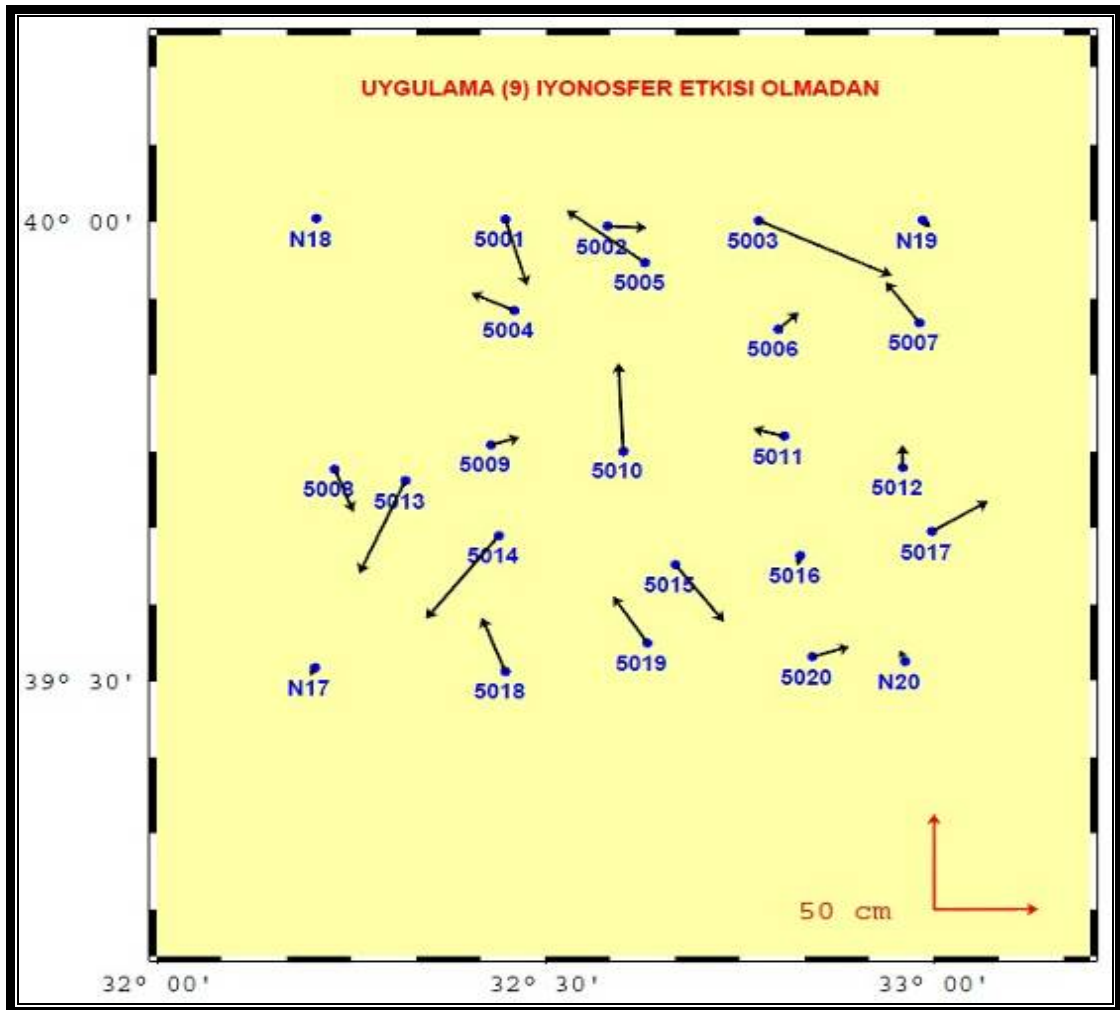
toplanan uçuş anına ilişkin her bir uçuş günü ait kinematik GPS verileri belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyonlarından process edilmiştir. Process sonucu elde edilen GrafNav çıktı dosyası, daha önce AEROoffice programında oluşturulan projenin belirtilen menüsüne aktararak resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Process sonucu elde edilen uçuş gününün koordinatları ile uçuş günü GPS/IMU verileri, postprocess yapılarak programın oluşturduğu uçuş simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Resim orta noktalarının koordinatları fotoğraf numaralarına göre eşleşmiş olur. Bu işlemler sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur. Her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Bu çıktı dosyası blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanıldı. Jeodezik olarak belirlenmiş koordinatlar ile olan farkları alınmış ve hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.9). Test sonucunda belirlenmiş hata farkları Şekil 4.27’de vektör el olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.26’da grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.9 Dokuzuncu Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları

NOKTA NO	9.TEST UYGULAMASI		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
N17	-0.023	-0.043	0.020
N18	0.010	0.021	-0.014
N19	0.038	-0.037	-0.003
N20	-0.026	0.060	-0.002
5001	0.104	-0.348	-0.012
5002	0.188	-0.008	0.686
5003	0.638	-0.289	0.574
5004	-0.207	0.092	-0.139
5005	-0.377	0.274	0.655
5006	0.099	0.090	0.494
5007	-0.162	0.214	0.162
5008	0.090	-0.224	-0.395
5009	0.139	0.040	0.025
5010	-0.023	0.464	-0.593
5011	-0.152	0.038	-0.303
5012	-0.001	0.121	-0.393
5013	-0.223	-0.488	0.540
5014	-0.349	-0.436	-0.641
5015	0.233	-0.299	-1.027
5016	-0.014	-0.053	0.773
5017	0.270	0.161	0.468
5018	-0.113	0.282	-0.736
5019	-0.165	0.244	-0.236
5020	0.179	0.052	1.074



Şekil 4.26 Dokuzuncu test çalışmasının grafiksel gösterimi

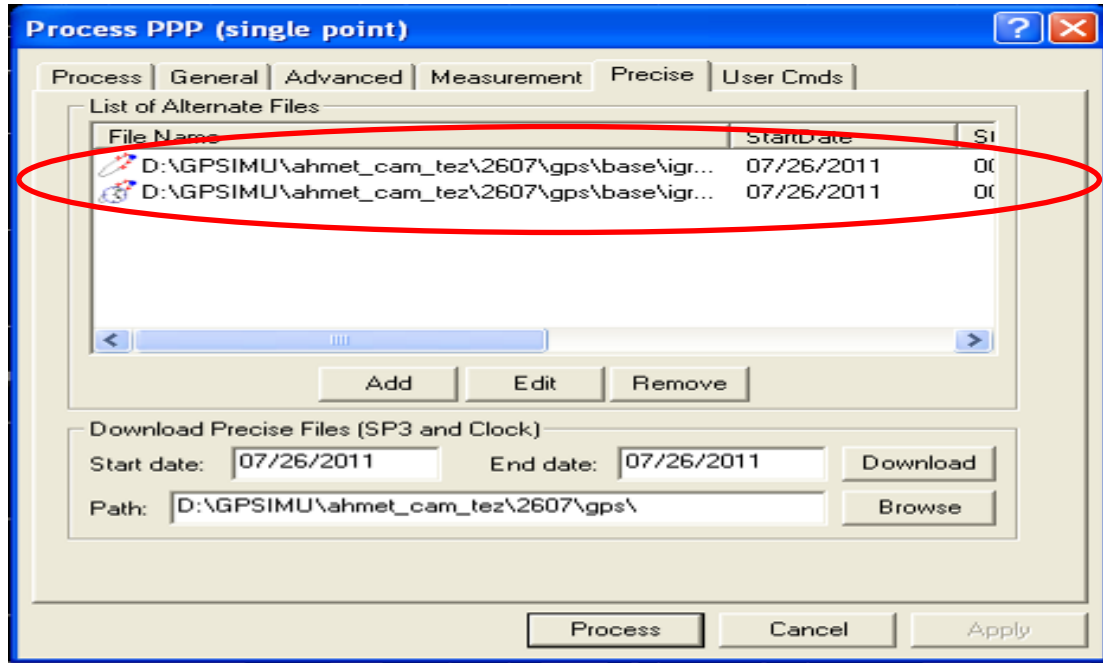


Şekil 4.27 Dokuzuncu test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi

4.10 Onuncu Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (GPS verilerinin PPP (Precise Point Positioning) ile çözümü)

Diferensiyel Çözümde aynı anda iki GPS ölçümü ile uydu yörünge ve saat hatalarının giderilmesi amaçlanır. Yerde ölçü yapan GPS, ölçü esnasında uyduların yayınladığı efemeris dosyasını otomatik olarak indirmektedir. Diferensiyel çözümde sabit GPS, uçakta bulunan GPS verileri ve efemeris dosyası kullanılarak baz çözümü yapılmaktadır. Bu çözüme alternatif olarak Hassas Nokta Konumlandırması (Precise Point Positioning) da yapılabilmektedir. Bu çözümde konsept daha sonra yayınlanan hassas efemeris verisi kullanılarak bazların çözülmesidir. Hassas efemeris dosyasında düzeltilmiş uydu koordinatları ve uydu saat hataları yayınlanmaktadır. Böylece teorik olarak oldukça hassas sonuçlar elde edilebilmektedir. PPP çözümünün avantajı, uçuş esnasında yerde GPS ölçüsüne ihtiyaç olmamasıdır.

Bu çözümü yapabilmek için hassas efemeris dosyalarının internet ortamında yayınlanması için, uçuş gününden itibaren yaklaşık iki hafta beklemek gerekmektedir. Uçuş gününe ait hassas efemeris dosyaları .sp3 ve .clk uzantılı dosyalar olup internet ortamından indirilerek Şekil 4.28’de sunulmuştur.



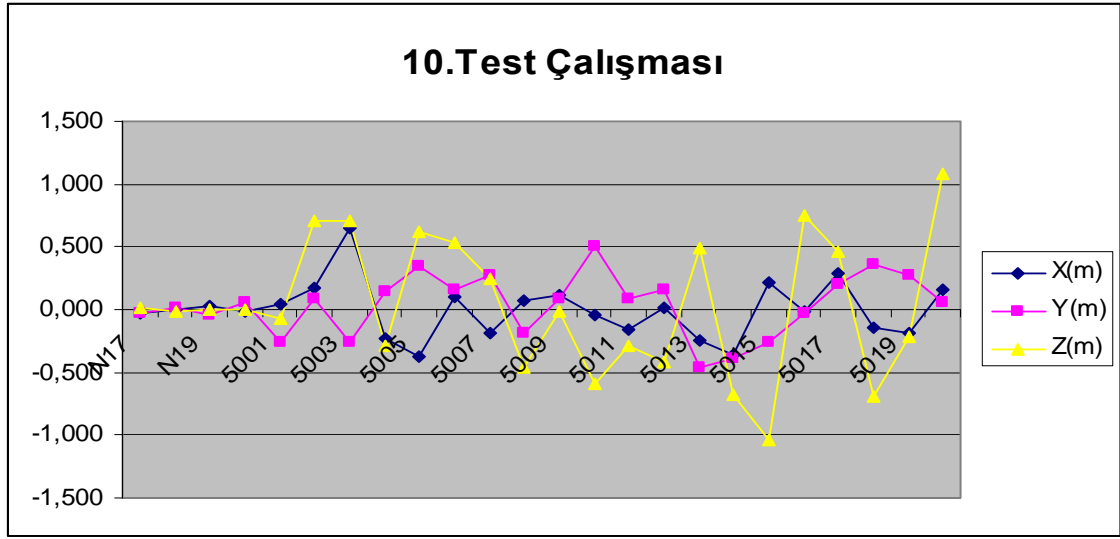
Şekil 4.28 Sp3 ve .clk uzantılı dosyaların process işleminde kullanılması

Bu kapsamda projeye ait uçak GPS verileri ve hassas efemeris verileri kullanılarak PPP çözümü yapılmıştır. Elde edilen GPS verileri ile GPS/IMU entegrasyonu yapılmış ve boresight düzeltmeleri getirilmiştir.

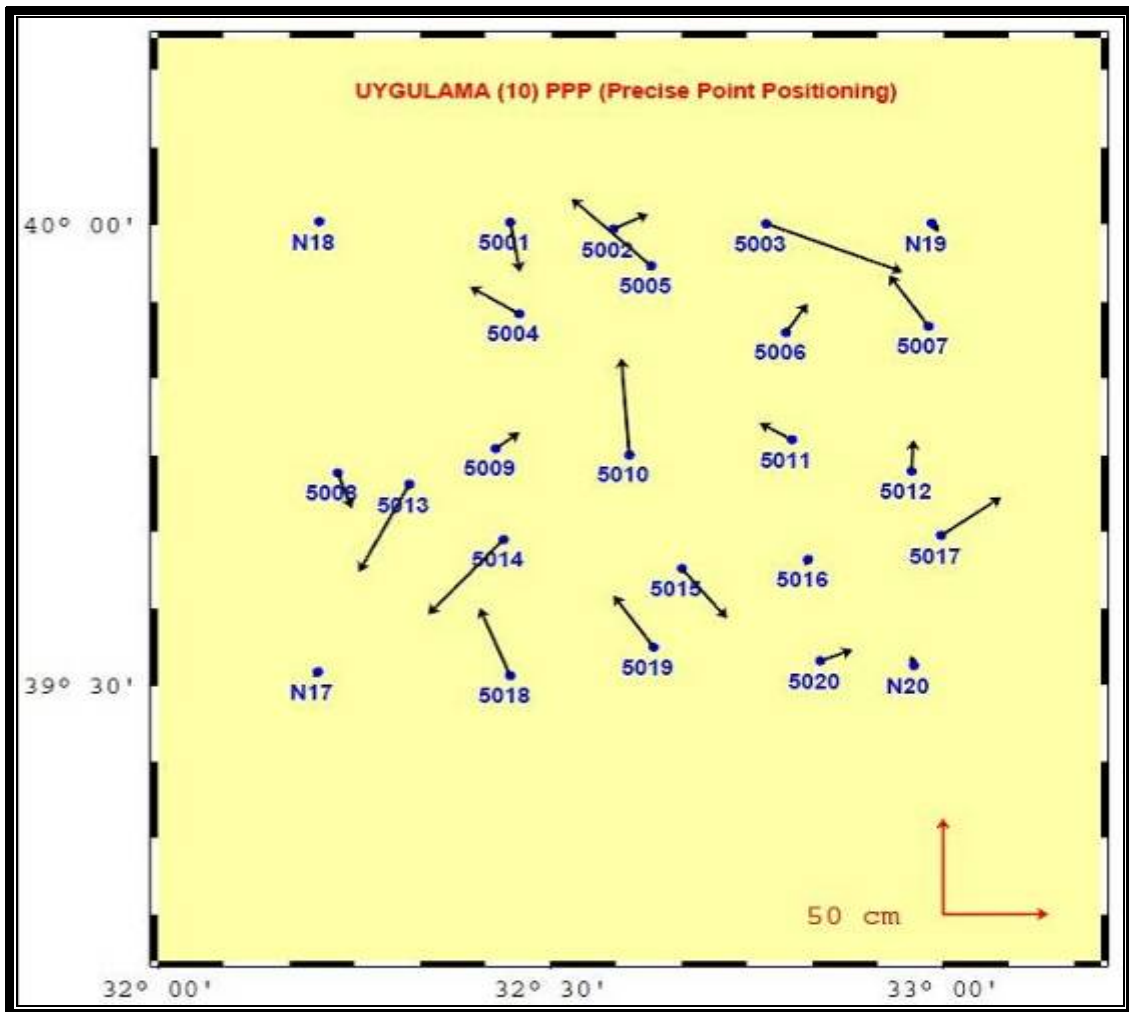
Her bir uçuş tarihli uçuşları kapsayacak şekilde her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Boresight düzeltmelerinin de getirildiği bu çıktı dosyası, blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanılmıştır. GPS/IMU verileri ve blok köşelerindeki YKN'ları kullanılarak bağlama noktaları Inpho Match-AT 5.3 yazılımı ile otomatik olarak elde edilmiştir. Dengeleme sırasında 20 adet YKN kontrol noktası (check point) olarak programa hesaplatılmış ve jeodezik olarak belirlenmiş koordinatlar ile olan farkları alınmış ve hataları hesaplanmıştır (Çizelge 4.10). Test sonucunda belirlenmiş hata farkları Şekil 4.30'da vektör el olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.29'da grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.10 Onuncu Test çalışmasının blok dengeleme sonuçları

NOKTA NO	10.TEST UYGULAMASI		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
N17	-0.023	-0.028	0.019
N18	0.004	0.021	-0.013
N19	0.035	-0.046	-0.004
N20	-0.015	0.053	-0.002
5001	0.047	-0.261	-0.070
5002	0.166	0.081	0.710
5003	0.649	-0.253	0.701
5004	-0.234	0.142	-0.289
5005	-0.379	0.352	0.614
5006	0.103	0.152	0.529
5007	-0.188	0.268	0.240
5008	0.067	-0.186	-0.461
5009	0.114	0.086	-0.012
5010	-0.038	0.508	-0.588
5011	-0.154	0.087	-0.289
5012	0.009	0.165	-0.420
5013	-0.240	-0.459	0.485
5014	-0.358	-0.392	-0.671
5015	0.215	-0.261	-1.041
5016	-0.013	-0.035	0.743
5017	0.286	0.201	0.461
5018	-0.145	0.354	-0.686
5019	-0.190	0.270	-0.218
5020	0.155	0.058	1.087



Şekil 4.29 Onuncu test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.30 Onuncu test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektör el gösterimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, hava fotoğraf çekimi sırasında toplanan GPS/IMU verilerine, farklı sayıdaki, farklı dağılımdaki ve farklı mesafelerdeki sabit yer GPS noktalarından getirilen düzeltmelerin yöneltme doğruluğuna etkileri araştırılmıştır. Ayrıca uçaktaki GPS/IMU verileri çözülürken iyonosferin etkisi gözlenmiş ve PPP (Precise Point Positioning) internet ortamında yayınlanan düzeltmeler ile yöneltmede elde edilebilecek doğruluklar tespit edilmiştir. Doğrulukları tespit etmek amacıyla, blok içerisinde düzgün dağılımda 20 adet BKN ölçüsü yapılmıştır.

TUSAGA-Aktif Sistemi kurulmadan önce, kinematik GPS destekli fotogrametrik nirengi çalışmalarında, uçuş esnasında yerde GPS alıcısının hazır durumda olması gerekmektedir. GPS alıcısının hazır duruma getirilmesi aşamasında arazinin topografik yapısına göre ulaşım durumları, hava şartları ve eş zamanlı yapılması gereken bu işlem, zaman kaybına yol açmakta ve maliyetin artmasına sebep olmaktadır. Uygulamalarda kullanılan TUSAGA-Aktif Sistemi noktalarının dağılımlarının yeterli olduğu, ayrıca hava fotoğrafı çekilen bölgede ilave GPS alıcısına gerek olmadığı tespit edilmiştir.

Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde işletilmekte olan TUSAGA-Aktif Sistemi kullanılarak, 365 gün 24 saat esasına göre tüm ülke genelinde gerçek zamanlı veya sonradan hesaplarla (postprocessing) cm seviyesinde koordinat belirlenebilmektedir. TUSAGA-Aktif Sisteminde 146 adet sabit istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonların verileri, 30 sn'lik ve 1 sn'lik epoklar olarak günlük arşivlenmektedir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus, 1 sn'lik verilerin maksimum 3 ay saklandığı, talep edilecek sabit GPS istasyon verisinin belirtilen 3 aylık sürede temin edilmesi gerekmektedir.

1-8 arasındaki uygulamalarda görüldüğü gibi, uçuş gününe ve alanına ait farklı noktalar ve 10-190 km arasında farklı mesafelerdeki TUSAGA-Aktif istasyon verilerinin yardımı ile eş zamanlı olarak process yapılmıştır. Process sonuçlarının, istenilen doğrulukları sağladığı görülmüştür. Elde edilen fotoğraf orta noktası koordinat ve dönüklüklerine ait standart sapmalarının 1:60.000 ölçekli (43cm çözünürlüklü)

görüntülerden yapılan fotogrametrik harita üretimi için beklenen doğruluğu sağladığı görülmektedir. Ayrıca sabit GPS istasyon noktalarının çalışma alanından mesafeleri 150 km kadar kullanılabilir olduğu görülmektedir.

İyonosfer elektrikle yüklü parçacıkların bulunduğu bir atmosfer tabakasıdır. Uydudan yayınlanan sinyallerin iyonosfer tabakasından geçerken elektrik yüklü parçacıklardan etkilenerek yolunu değiştirir ve zaman kaybına neden olur. İyonlaşma ve serbest elektron sayısı genellikle güneş ışınmasıyla doğrudan doğruya bağlı olduğu düşünülürse, uçuşların da gündüz saatlerinde güneş ışınlarının yoğun olduğu zamanlarda gerçekleştiriliyor olması iyonosferin etkisi göz ardı edilmemelidir. GPS ölçülerinin değerlendirilmesi (postprocessing) aşamasında iyonosfer düzeltmesi getirilmemesinin etkileri kabul ettiğimiz 1'inci uygulamadan farkı, yatayda X yönünde maksimum 3.0 cm, Y yönünde maksimum 4.1 cm, düşeyde ise maksimum 13.1 cm olduğu görülmüştür.

10'uncu test çalışmasında kullanılan 1:60.000 ölçekli (43 cm çözünürlüklü) görüntülerin hassas nokta konumlama (PPP) çözümü ile yapılan yöneltme oldukça hassas sonuçlar verdiği, 1'inci durum ile olan koordinat farklarının yatayda X yönünde maksimum 8.7 cm, Y yönünde maksimum 9.7 cm, düşeyde ise maksimum 11.9 cm olduğu gözlenmiştir.

Tüm durumlarda Bağımsız Kontrol Noktalarının (BKN) karesel ortalama hatası yatayda ± 32 cm ve düşeyde ± 53 cm seviyelerindedir. GPS/IMU verilerini düzeltmek amacıyla tek sabit nokta kullanılması durumunda dahi uygun dağılımdaki sabit noktalar kullanmadan farkı yatayda ± 2 cm, düşeyde ± 3 cm seviyesinde olmaktadır.

Çizelge 6.1 Dengeleme sonucu BKN arasındaki KOH farkları

Karasel Ortalama Hatalar (KOH) (cm)									
	2.Test	3.Test	4.Test	5.Test	6.Test	7.Test	8.Test	9.Test	10.Test
Yatayda (Planimetrik)	2.5	1.6	2.5	1.7	1.6	2.0	1.5	2.2	2.8
Düşeyde	3.0	2.0	3.1	2.4	1.7	3.0	1.9	3.8	5.9

GPS/IMU verileri farklı uzaklık ve sayıdaki noktalara göre işlenmiş ve hesaplanan izdüşüm merkezleri ile 4 adet YKN kullanılarak blok dengeleme yapılmıştır. Blok dengelemede; 20 adet BKN'nin ölçülen ve dengeleme sonucu hesaplanan koordinatları arasındaki farklar hesaplanmıştır. Inpho Match-AT 5.3 yazılımı kullanılarak yapılan fotogrametrik nirengi işlemleri sonucunda BKN'lerde elde edilen doğrulukların 1'inci uygulamadan farkı alınarak karesel ortalama hataları Çizelge 6.1'de sunulmuştur. Bu anlamda YKN kullanılmasının izdüşüm merkezlerini belirlemede GNSS'den kaynaklanan hataları giderdiği tespit edilmiştir.

Yukarıdaki sonuçlar irdelendiğinde, 1/25.000 ölçekli harita üretim çalışmalarında 45 cm çözünürlüklü hava fotoğrafı kullanılması durumunda, tek sabit noktadan yararlanmanın ve nokta uzaklığını 150 km mesafeye kadar çıkarmanın veya PPP çözümü kullanmanın yöneltmenin doğruluğuna anlamlı bir etki etmediği görülmektedir.

Ayrıca, yaklaşık 70 x 70 km boyutlarındaki 45 cm çözünürlüklü hava fotoğraflarından oluşan bir fotogrametrik blokta sadece köşelerde birer adet YKN kullanmak yaklaşık yatayda ± 32 cm ve düşeyde ± 53 cm karesel ortalama hataya neden olmaktadır. Bu sonuç, 1/25.000 ölçekli topografik harita üretiminde oldukça yüksek bir doğruluktur.

6. KAYNAKLAR

- Atak V.O., Aksu O., (2004). Algılayıcı Yönelme Sistemleri, Hrt.Gn.K.lığı, Harita Dergisi Sayı: 132, Ankara.
- Aktuğ B., (2006). Global Konumlama Sistemi I-II Jeofizik Mühendisliği JFM230 Topoğrafya ve Küresel Konumlama Ders Notu, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Aktuğ B., Kurt M., Parmaksız E., Lenk O., Erkan Y., Aysezen Ş., (2011). Türkiye’de Sabit GNSS İstasyonlarının Tarihi ve Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif).
- Aysezen M.Ş., Cingöz, A., Aktuğ, B., Lenk O., (2009). Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA-Aktif), Çankaya Üniversitesi, Ankara.
- Can Z., Gümrükçü O., (2009). İyonosfer ile GPS Sinyallerinin Etkileşimi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Sayı: 15, İstanbul.
- Colomina I., (1999). GPS, INS and Aerial Triangulation: What Is the Best Way for the Operational Determination of Photogrammetric Image Orientation, The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing, München, Germany, Vol. XXXII, Part 3-2W5,121-130.
- Cramer M., (1997). GPS INS Integration, Photogrammetric Week'ç7 in (D.Fritsch and D.Hobbie,editors) Wichmann Verlag, 3-12.
- Cramer M., (1999). Direct Geocoding-Is Aerial Triangulation Obsolete, Photogrammetric Week 1999 in (Fritsch and Spiller, editors) Wichmann Verlag, Heidelberg, Germany, 59-70.
- Demir Y., (2006). GPS Anteni Faz Merkezi Parametrelerinin Baz Ölçümleriyle Test Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Durğut T., (2008). UltraCamX Sayısal Fotogrametrik Hava Kamerasının Geometrik Doğruluğunun Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Farrell J., Barth M., (1999). The Global Positioning System and Inertial Navigation, McGraw-Hill, New York, 1-5, 141-171.
- Gürbüz H., (2006). Genel Fotogrametri I, Harita Yüksek Teknik Okulu, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.

- Kahraman S., (2004). DGPS Tekniği Kullanılarak Hareket Eden Bir Aracın Hassas Konumunun Seri İletişim Yöntemi ile Tespiti ve GPS Ölçümüne Göre Yapılan Hata Oranının Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Osman Gazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Mostafa M., R., (1999). Georeferencing Airborne Images from a Multiple Digital Camera System by GPS/INS, Ph.D. Dissertation, Department of Geomatic Engineering, The University of Calgary, Canada.
- Nolan P., (1995). Fundamentals of College Physics, Wm. C. Brown Publishers, Dubeque, 79-93.
- Salgın Ö., (2011). Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VI. Teknik Sempozyumu, Antalya.
- Scherzinger B.M., (2001). History of Inertial Navigation Systems in Survey Applications. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 67 (11), 1225-1227.
- Skaloud J., (2002). Direct Georeferencing in Aerial Photogrammetric Mapping, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 68(3), 207-210.
- Yastıklı N., (2003). GPS/IMU Verileri Kullanılarak Hava Fotoğraflarının Doğrudan Yöneltilmesi ve Birleştirilmiş Blok Dengeleme Olanakları, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yıldız, İstanbul.

İnternet Kaynakları

1. <http://www.cdgps.com>, 30.09.2011
2. <http://www.gpsreview.net/32-gps-satellites-working-today>, 20.12.2011

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ahmet ÇAM
Doğum Yeri ve Tarihi : Eskişehir-28.09.1984
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim(Telefon/e-posta) : ahmet.cam@hgk.msb.gov.tr

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Cumhuriyet Lisesi (1999-2001)
1.Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı
(2002-2006)
2.Lisans : Anadolu Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Çalışma
Ekonomisi ve Endüstri İlişkiler Anabilim Dalı (2007-
2011)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Cemre Mühendislik Müt Planlama San. Tic. Ltd. Şti.
(2006 - 2008)
Harita Genel Komutanlığı (2008- Devam)