

Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengide Sabit Nokta Uzaklıkları ve Farklı GPS Çözümlerinin Yönelme Doğruluğuna Etkileri

(Investigation Of The Effects Of Different GPS Solutions And Different Base Distances To The Orientation Accuracy in Kinematic GPS Supported Aerial Triangulation)

Ahmet ÇAM¹, Murat UYSAL²

¹ Harita Genel Komutanlığı, Cebeci, ANKARA

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, AFYONKARAHİSAR
ahmet.cam@hgk.msb.gov.tr

ÖZET

Bu araştırmada, 1:100.000 ölçekli topografik pafta alanını kapsayan, 43 cm yer örnekleme aralığına (GSD) sahip hava fotoğrafları büyük formatlı dijital hava kamerası olan Vexcel UltraCam X ile çekilmiştir. Yaklaşık yönelme parametreleri uçakta yer alan GPS/IMU (GPS- Global Positioning System/IMU-Inertial Measurement Unit) 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. Büyük ölçekli Harita ve Harita bilgileri üretim yönetmeliğine göre 1:5.000 ölçekli harita üretim doğruluğunu sağladığı görülmüştür. Bu anlamda 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.

Anahtar kelimeler: Fotogrametri, Fotogrametrik Nirengi, Kinematik GPS, GPS/IMU, Blok Dengeleme, Yönelme Doğruluğu.

ABSTRACT

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 (GPS- Global Positioning System/IMU-Inertial Measurement Unit) 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 in the block area in order to test the accuracy of the triangulation. CORS Points with different numbers, distributions and distances have been used to process the GPS/IMU data collected

during the 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 according to Turkish Large Scale Map and Map Information Production Regulations 1:5.000 scale topographic map accuracies. Also, using PPP in processing of GPS/IMU data is acceptable in the production of 1:25.000 scale topographic maps.

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

1. GİRİŞ

Günümüzde fotogrametri ve jeodezi bilimleri birbirinden bağımsız disiplinler olarak değil, aksine birbiri ile bütünleşik, ortak verileri kullanılan bilimler olarak görülmektedir. Fotogrametrik harita üretiminde, sayısal 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 genellikle sadece GPS sistemine sahip analog kameraların yerini GPS/IMU sistemine sahip sayısal kameralar almıştır. Bu sistemde GPS ile kameranın konumu belirlenirken, IMU sistemi ile de dönüklükler belirlenmektedir. Ülkemizde de son yıllarda fotogrametrik harita üretiminde sayısal 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.

Sayısal kamera sistemleri ile elde edilen GPS/IMU kinematik verilerinin işlenmesi ve değerlendirilmesi aşamasında, uçuş esnasında uçakta ve uçuş alanı içinde yerde kurulan GPS verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. 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 yönelme doğruluğuna etkileri araştırılmıştır. Ayrıca uçaktaki GPS/IMU verileri çözülürken iyonosferin etkisi gözlenmiş ve internet ortamında yayınlanan PPP (Precise Point Positioning) düzeltmeler ile yönelmede elde edilebilecek doğruluklar tespit edilmiştir. Elde edilen sonuç ve kazanılan deneyimlerin ülkemizdeki diğer sivil ve kamu kurumundaki harita üreticisi kurumlarla paylaşılması amaçlanmıştır.

2. 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;

- Sabit GPS İstasyonları
- Kontrol Merkezleri
- İletişim Alt Yapısı
- Kullanıcılar olmak üzere dört ayrı 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.

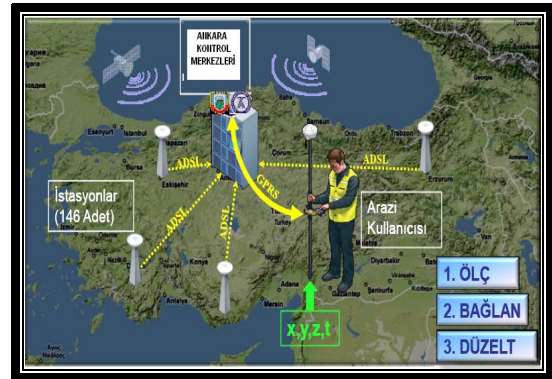
Sistemin temel amaçları; havada, denizde ve karada metre altında navigasyon sağlamak, ED50 datumu ile ITRFxx datumu arasındaki dönüşüm parametrelerini hassas bir şekilde belirleyerek halen kullanılmakta olan ED50 datumundaki harita ve kadastral paftaların da

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.

2.1 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 2.1). Bu şekilde tek frekanslı bir GPS alıcısı ile DGPS verisini kullanarak metre altı doğrulukta, çift frekanslı bir GPS alıcısıyla ise RTK verisini kullanarak 1- 10 santimetre doğrulukta konum belirlenebilir (Aktuğ et al. 2011).



Şekil 2.1 TUSAGA-AKTİF sisteminin çalışma prensibi

TUSAGA-Aktif sisteminde kullanıcılara gerçek/yakın gerçek zamanda temel olarak; Anlık Hassas Konumlama-3 boyutlu koordinat (enlem-boylam,yükseklik) bilgisi için düzeltme verisi,

- ED-50/WGS84 referans sistemleri arasında dönüşüm parametreleri,
- Hassas yükseklik verisi için jeoit

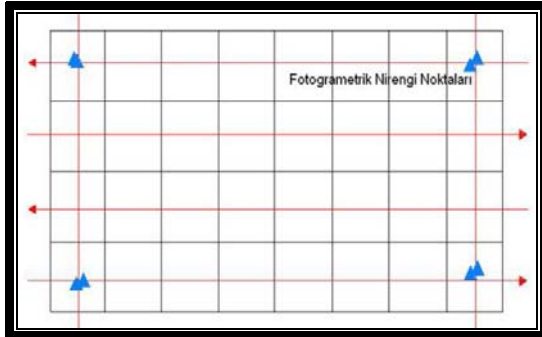
- verisi,
 - Hassas zaman bilgisi,
 - Hassas yağış bilgisi,
- gibi hizmetler verilmektedir.

2.2 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.

2.3 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_0 , Y_0 , Z_0) GPS uydularına yapılan gözlemlerle tespit etmeye yarayan, böylece mutlak yöneltme ve dengelemede bilinmeyenlerin büyük bir kısmının çözümlenebildiği bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır (Atak ve Aksu 2004).



Şekil 2.2 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 konumlandırılmaları yapılır (Şekil 2.2). 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).

Örnek fotogrametrik nirengi noktası resimleri Şekil 2.3'de sunulmuştur.



Şekil 2.3 Fotogrametrik nirengi noktası resimleri

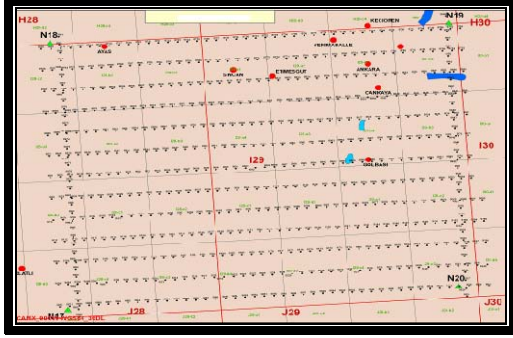
3. METERYAL VE METOT

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

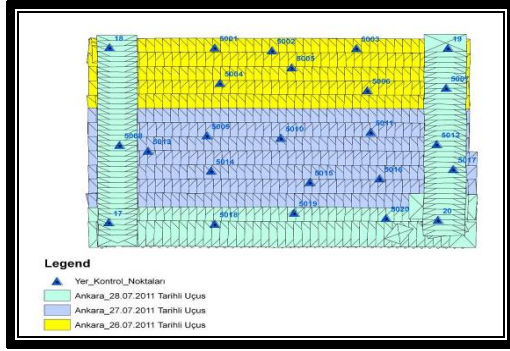
3.1 Çalışma Alanı

Bu çalışmada Ankara bölgesine ait 5600 km² lik alanı kapsayan, Microsoft UltraCamX sayısal fotogrametrik hava kamerası ile çekilen 2011 yılına ait hava fotoğrafları kullanılmıştır (Şekil 3.1). Ayrıca blok köşelerinde birer adet olmak

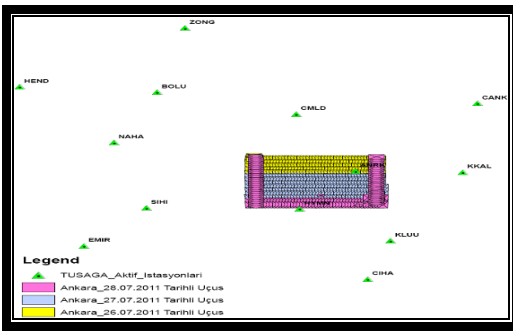
üzere bölgeye homojen olarak dağılmış olmasına dikkat edilerek 20 adet Bağımsız Kontrol Noktası ve 4 adet Yer Kontrol Noktası planlanmış, tesisi ve ölçümü sağlanmıştır (Şekil 3.2). TUSAGA-AKTİF noktaları Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Çalışma alanı



Şekil 3.2 Yer Kontrol Noktası'nın çalışma alanı üzerindeki dağılımı



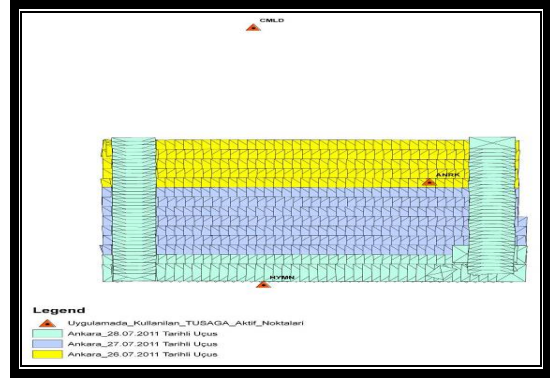
Şekil 3.3 Uygulamalarda kullanılan TUSAGA-Aktif noktalarının dağılımı

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 noktası seçilmiştir (Şekil 4.1). 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 hesaplanmıştır.



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 gününe ait kinematik GPS verileri belirlenen TUSAGA-AKTİF istasyonlarından process edilmiştir.

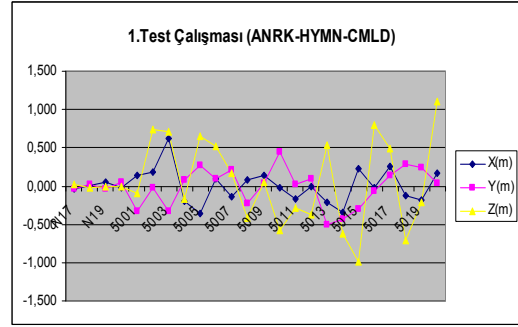
Process sonucu elde edilen GrafNav çıktı dosyası, daha önce AEROoffice programında oluşturulan projeye içerisine aktararak resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Process sonucu elde edilen uçuş gününün koordinatları ile uçuş günü GPS/IMU verileri, postprocess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

4.1.1 Blok dengeleme

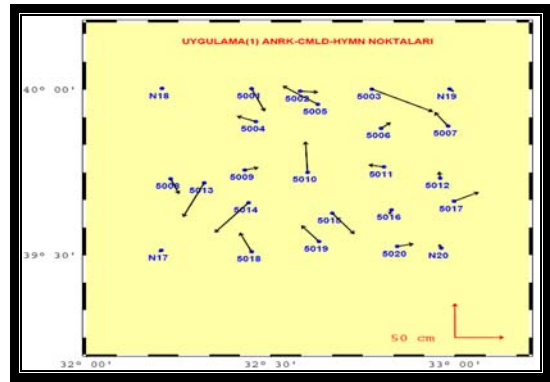
1:60.000 ölçekli 26 Temmuz 2011 tarihli uçuş, 27 Temmuz 2011 tarihli uçuş ve 28 Temmuz 2011 tarihli uçuşları kapsayacak şekilde her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirilmiştir. Borelight düzeltmelerinin de getirildiği bu çıktı dosyası, blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanılmıştır. GPS/IMU verileri ve blok köşelerindeki YKN'ları kullanarak bağlama noktaları Inpho Match-AT 5.3 yazılımı ile otomatik olarak elde edilmiştir. Dengeleme sırasında 20 adet Bağımsız 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 vektörel olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.2'de grafiksel olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.1 Birinci Test çalışmasının sonuçları

NOKTA NO	1.TEST UYGULAMASI		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
(YKN) N17	-0.030	-0.031	0.021
(YKN) N18	0.009	0.015	-0.016
(YKN) N19	0.045	-0.042	-0.003
(YKN) N20	-0.024	0.058	-0.002
(BKN) 5001	0.134	-0.332	-0.093
(BKN) 5002	0.188	-0.016	0.743
(BKN) 5003	0.621	-0.330	0.705
(BKN) 5004	-0.195	0.082	-0.170
(BKN) 5005	-0.358	0.270	0.648
(BKN) 5006	0.099	0.089	0.517
(BKN) 5007	-0.138	0.205	0.163
(BKN) 5008	0.087	-0.223	-0.411
(BKN) 5009	0.144	0.039	0.046
(BKN) 5010	-0.021	0.453	-0.571
(BKN) 5011	-0.162	0.029	-0.292
(BKN) 5012	-0.012	0.100	-0.368
(BKN) 5013	-0.216	-0.499	0.540
(BKN) 5014	-0.344	-0.437	-0.622
(BKN) 5015	0.225	-0.307	-0.983
(BKN) 5016	-0.023	-0.068	0.795
(BKN) 5017	0.252	0.135	0.495
(BKN) 5018	-0.121	0.281	-0.709
(BKN) 5019	-0.180	0.236	-0.208
(BKN) 5020	0.170	0.038	1.107
KOH	0.209	0.234	0.530



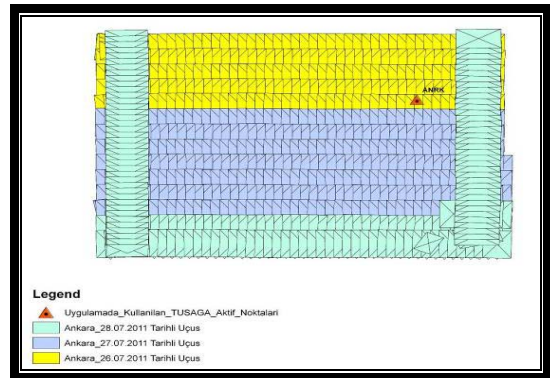
Şekil 4.2 Birinci test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.3 Birinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektörel 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 ≈ 20 km, belirlenen TUSAGA-AKTIF istasyon noktası seçilmiştir (Şekil 4.4).



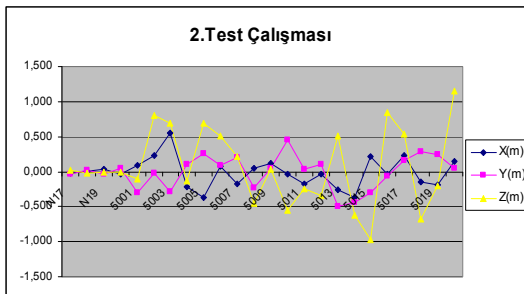
Şekil 4.4 İkinci uygulamada kullanılan sabit GPS

noktaları

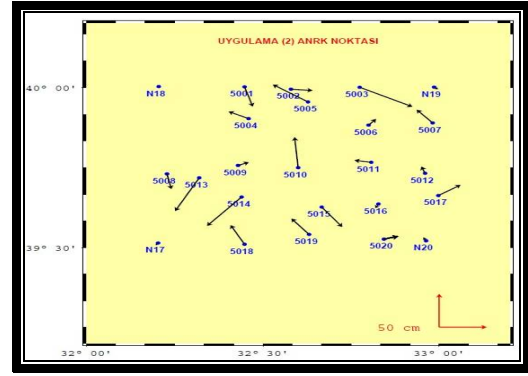
Birinci uygulamadaki işlemlerin tekrarlanması sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur. Her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Bu çıktı 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 vektörel olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.5'de grafiksel olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.2 İkinci Test çalışmasının 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
KOH	0.205	0.231	0.535



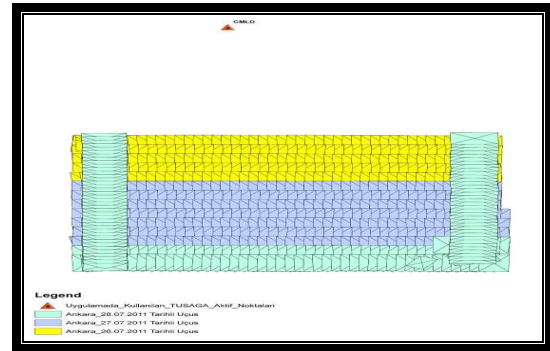
Şekil 4.5 İkinci test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.6 İkinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektörel 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).

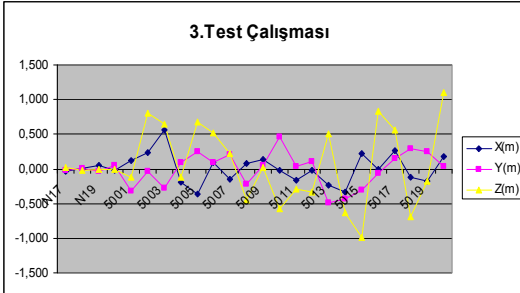


Şekil 4.7 Üçüncü uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

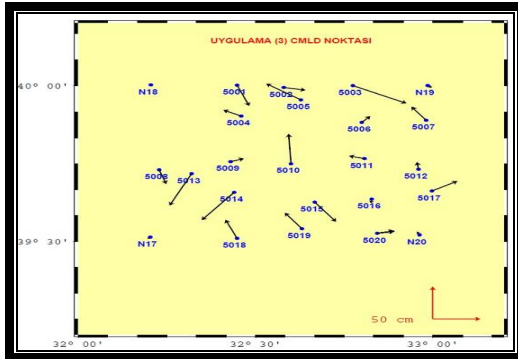
Birinci uygulamadaki işlemlerin tekrarlanması sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur. Her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Bu çıktı 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 vektörel olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.8'de grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.3 Üçüncü Test çalışmasının 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
KOH	0.206	0.231	0.535



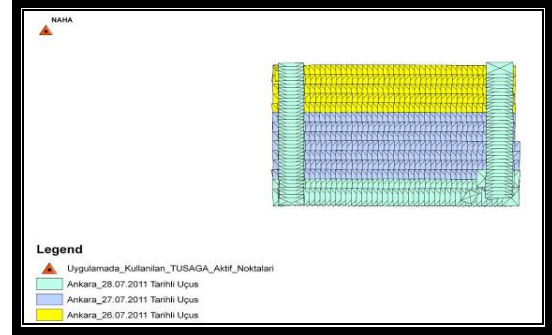
Şekil 4.8 Üçüncü test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.9 Üçüncü test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektörel 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).



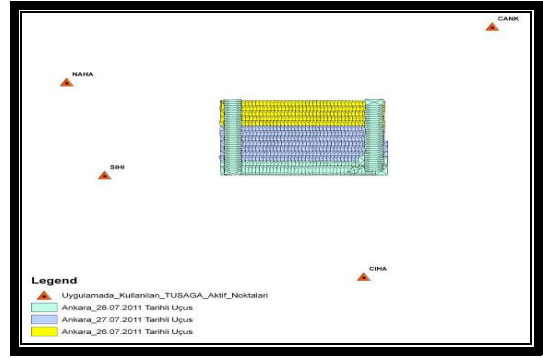
Şekil 4.10 Dördüncü uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

Birinci uygulamadaki işlemlerin tekrarlanması 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 vektörel olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.11'de grafiksel sunulmuştur.

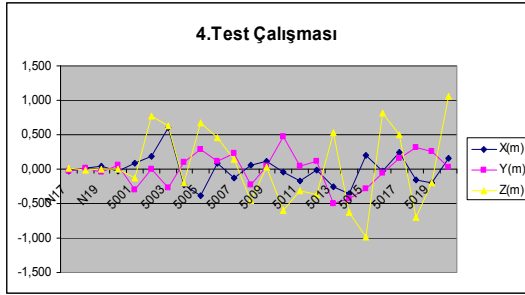
Çizelge 4.4 Dördüncü Test çalışmasının sonuçları

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
KOH	0.211	0.235	0.527

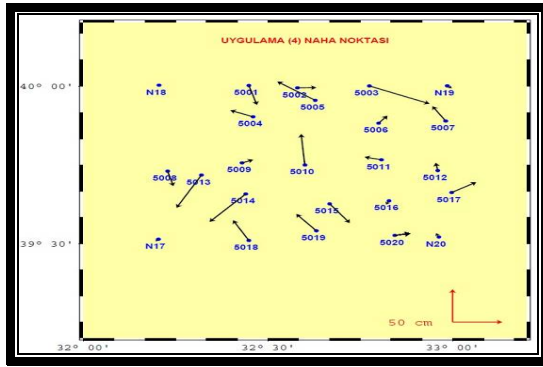


Şekil 4.13 Beşinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları



Şekil 4.11 Dördüncü test çalışmasının grafiksel gösterimi

Birinci uygulamadaki işlemlerin tekrarlanması 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 vektörel olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.14'de grafiksel sunulmuştur.



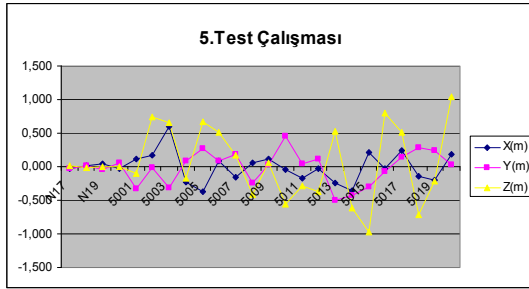
Şekil 4.12 Dördüncü test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektörel gösterimi

Çizelge 4.5 Beşinci Test çalışmasının sonuçları

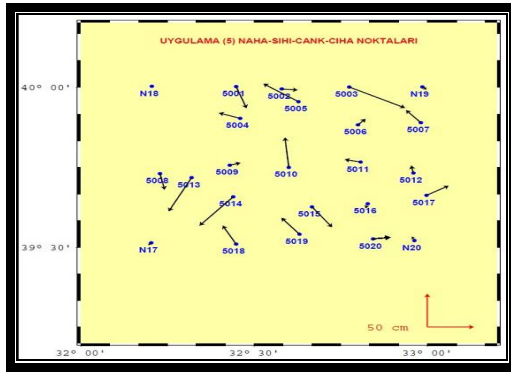
4.5 Beşinci Test Uygulamasında Yapılan Çalışmalar (NAHA-SIHI-CANK-CIHA)

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 ≈ 110 km, SIHI ≈ 105 km, 27 Temmuz 2011 tarihli uçuş için NAHA ≈ 120 km, SIHI ≈ 95 km, CANK ≈ 130 km, 28 Temmuz 2011 tarihli uçuş için NAHA ≈ 130 km, SIHI ≈ 95 km, CIHA ≈ 100 km belirlenen dört TUSAGA-AKTİF istasyon noktası seçilmiştir (Şekil 4.13).

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
KOH	0.211	0.234	0.522



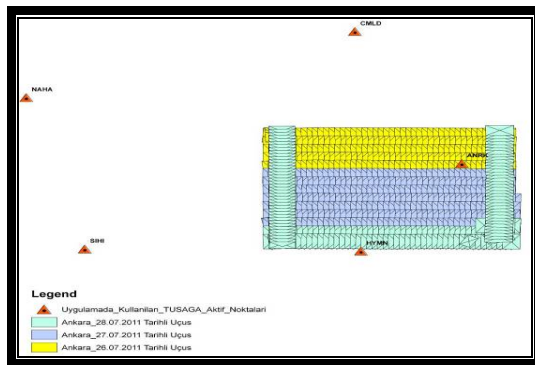
Şekil 4.14 Beşinci test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.15 Beşinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektörel 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 noktası seçilmiştir (Şekil 4.16).

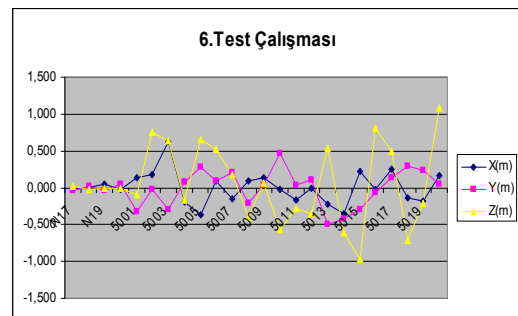


Şekil 4.16 Altıncı uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

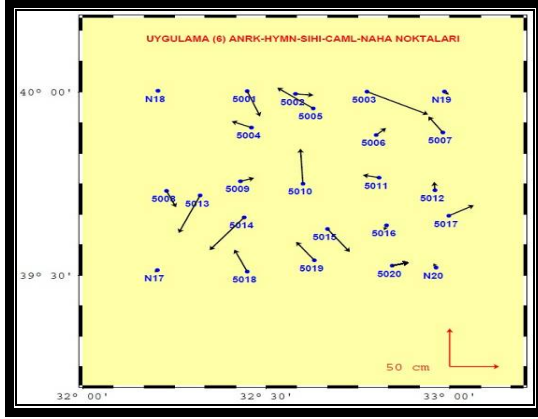
Birinci uygulamadaki işlemlerin tekrarlanması sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur. Her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Bu çıktı 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 vektörel olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.17'de grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.6 Altıncı Test çalışmasının 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
KOH	0.210	0.232	0.524



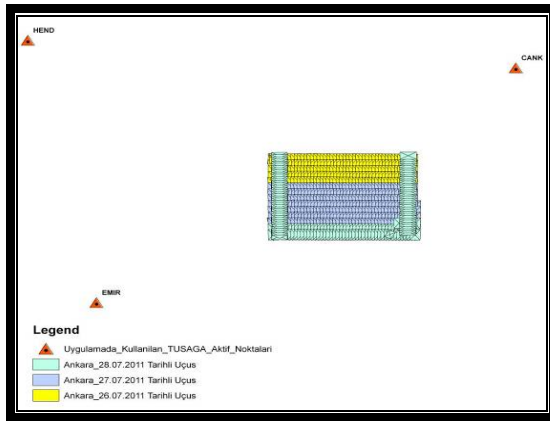
Şekil 4.17 Altıncı test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.18 Altıncı test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektörel 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 noktası seçilmiştir (Şekil 4.19).

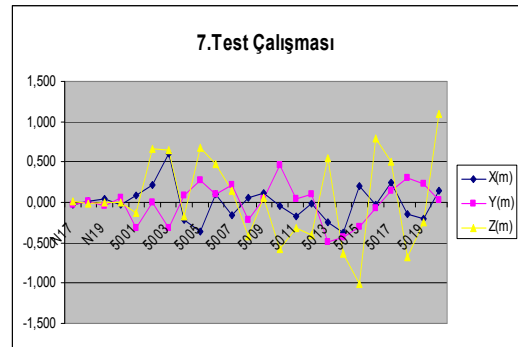


Şekil 4.19 Yedinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

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 vektörel olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.20'de grafiksel sunulmuştur.

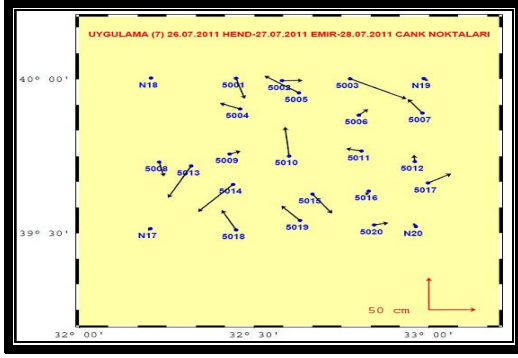
Çizelge 4.7 Yedinci Test çalışmasının sonuçları

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
KOH	0.211	0.234	0.526



Şekil 4.20 Yedinci test çalışmasının grafiksel gösterimi

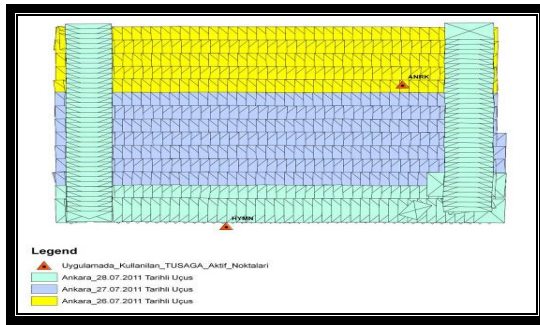
Birinci uygulamadaki işlemlerin tekrarlanması sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur. Her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline



Şekil 4.21 Yedinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektörel 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 noktası seçilmiştir (Şekil 4.22).



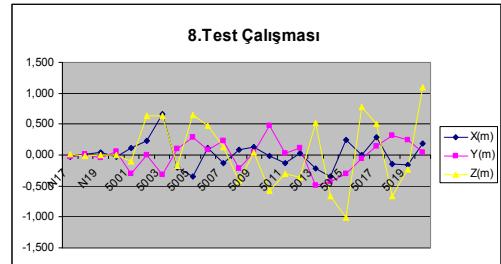
Şekil 4.22 Sekizinci uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

Birinci uygulamadaki işlemlerin tekrarlanması 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 hatalar hesaplanmıştır (Çizelge 4.8). Test sonucunda belirlenmiş hata farkları Şekil 4.24'de vektörel olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve

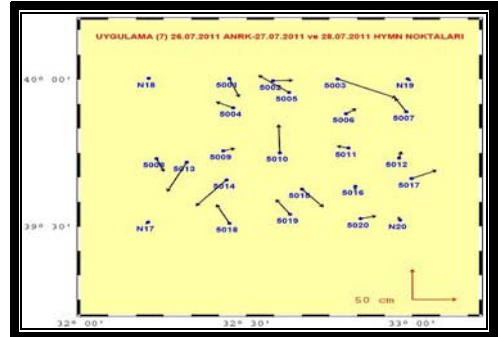
sonuçlar Şekil 4.23'de grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.8 Sekizinci Test çalışmasının 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
KOH	0.216	0.235	0.520



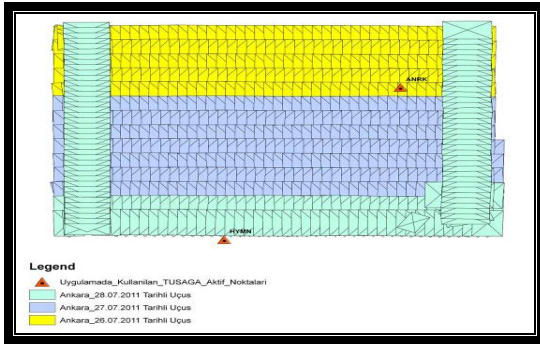
Şekil 4.23 Sekizinci test çalışmasının grafiksel gösterimi



Şekil 4.24 Sekizinci test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektörel 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 noktası seçilmiştir (Şekil 4.25).



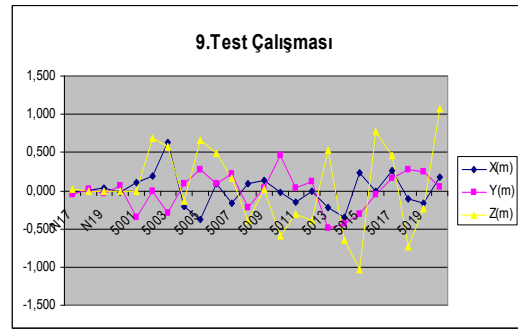
Şekil 4.25 Dokuzuncu uygulamada kullanılan sabit GPS noktaları

Birinci uygulamadaki işlemlerin tekrarlanması 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 vektörel olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.26'da grafiksel sunulmuştur.

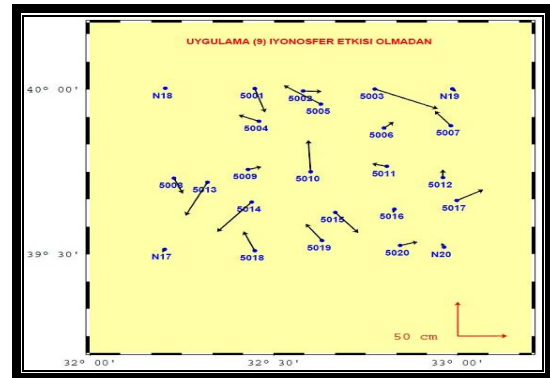
Çizelge 4.9 Dokuzuncu Test çalışmasının sonuçları

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
KOH	0.214	0.235	0.523



Şekil 4.26 Dokuzuncu test çalışmasının grafiksel gösterimi



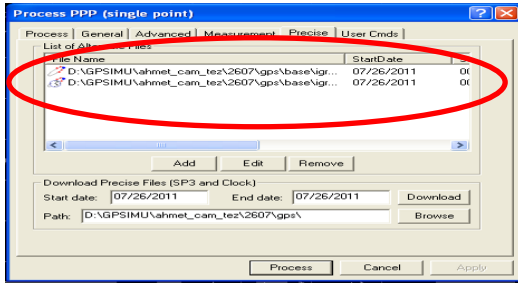
Şekil 4.27 Dokuzuncu test çalışmasında hataların yatayda (X,Y) vektörel gösterimi

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 çözümden 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.



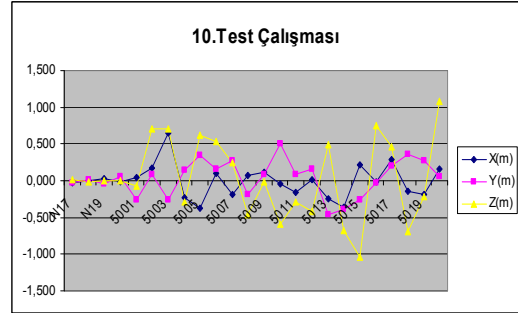
Şekil 4.28 Sp3 ve .clk uzantılı dosyaların process işleminde kullanılması

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.

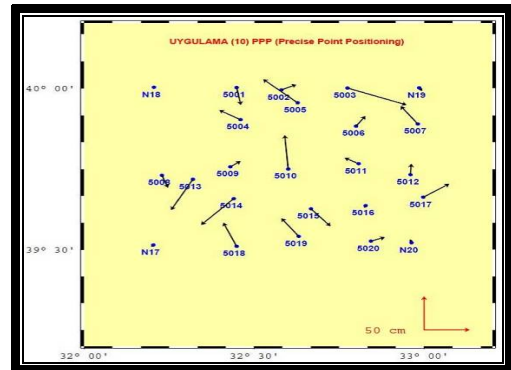
Her bir uçuş tarihli uçuşları kapsayacak şekilde her bir uçuş gününe ait resim orta noktası koordinatlarının olduğu çıktı dosyaları birleştirilerek tek bir dosya haline getirildi. Boresight düzeltmelerinin de getirildiği bu çıktı dosyası, blok dengelemede başlangıç değerleri olarak kullanılmıştır. GPS/IMU verileri ve blok köşelerindeki YKN'ları kullanarak 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 vektörel olarak çizdirilmiş, irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.29'da grafiksel sunulmuştur.

Çizelge 4.10 Onuncu Test çalışmasının 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
KOH	0.217	0.238	0.533



Şekil 4.29 Onuncu test çalışmasının grafiksel gösterimi



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

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, hava fotoğraf çekimi sırasında toplanan GPS/IMU verilerine, farklı sayıdaki, dağılımdaki ve mesafelerdeki sabit yer GPS noktalarından getirilen düzeltmelerin yönelme doğruluğuna etkileri araştırılmıştır. Ayrıca uçaktaki GPS/IMU verileri çözülürken iyonosferin etkisi gözlenmiş ve PPP (Precise Point Positioning) internet ortamında yayınlanan düzeltmeler ile yönelmede 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 izdüşüm merkezi 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 elektrik yükü parçacıkların bulunduğu bir atmosfer tabakasıdır. Uydudan yayınlanan sinyallerin iyonosfer tabakasından geçerken elektrik yükü 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 yer örnekleme aralığına (GSD) sahip görüntülerin hassas nokta konumlama (PPP) çözümü ile yapılan yönelmede 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 5.1 Dengeleme sonucu BKN arasındaki KOH'ların farkları

Karesel Ortalama Hatalar (KOH) (cm)									
Test Çalışmaları	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Yatayda	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 5.1'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 43 cm yer örnekleme aralığına (GSD) sahip 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 43 cm yer örnekleme aralığına (GSD) sahip 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.

KAYNAKLAR

- Atak V.O., Aksu O., (2004). **Algılayıcı Yöneltme Sistemleri**, Hrt.Gn.K.İği. Harita Dergisi, Sayı: 132, 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.
- Gürbüz H., (2006). **Genel Fotogrametri I**, Harita Yüksek Teknik Okulu, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- Salgın Ö., (2011). **Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VI. Teknik Sempozyumu**, Antalya.
- Yastıklı N., (2003). **GPS/IMU Verileri Kullanılarak Hava Fotoğraflarının Doğrudan Yöneltmesi ve Birleştirilmiş Blok Dengeleme Olanakları**, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yıldız, İstanbul.