

GPS/IMU Verilerinin TUSAGA-Aktif Sisteminin Sabit İstasyon Verileri İle Process Edilerek Resim Orta Noktası Koordinat Değerlerinin Belirlenmesi

Çetin MEKİK¹, Ömer SALGIN², İbrahim CANKURT³, Serdar ERGÜNER⁴, Hacı Bahadır ATEŞ⁵, Tahsin KARA⁶

¹Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, ZONGULDAK
^{2,3,4,5,6}TKGM Harita Dairesi Başkanlığı, ANKARA
cmekik@hotmail.com, osalgin@tkgm.gov.tr, icankurt@tkgm.gov.tr, serguner@tkgm.gov.tr,
bates@tkgm.gov.tr, tkara@tkgm.gov.tr

ÖZET

Teknolojinin hızla gelişmesi her meslek dalını etkilediği gibi 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.

Digital kamera ve GPS-IMU sistemi ile birlikte fotogrametrik harita üretiminde Jeodezik faaliyetlerin kapsamı da gelişerek değişmiştir. Fotogrametrik harita üretimindeki jeodezik faaliyetler önceleri yer kontrol noktaları ve hava işaretlerinin istikşafı, tesisi, GPS ölçüleri ve bu ölçülerin değerlendirilmesi çalışmalarını kapsamakta iken, GPS-IMU verilerinin değerlendirilmesi sonucu resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi çalışmalarının da jeodezik faaliyetler kapsamında yapılması gerekmektedir.

Ülkemizde TÜBİTAK Kamu Ar-Ge projeleri kapsamında, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ile Harita Genel Komutanlığı'nın müşteri kurumlar ve İstanbul Kültür Üniversitesi'nin de yürütücü olduğu TUSAGA-Aktif Projesi gerçekleştirilmiş olup 146 adet sabit GPS istasyonu tesis edilmiştir. TUSAGA-Aktif istasyon verileri başta haritacılık alanlarında olmak üzere birçok meslek disiplinlerince yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu anlamda digital kamera sistemleri ile elde edilen GPS-IMU kinematik verilerinin process edilerek değerlendirilmesi aşamasında, TUSAGA-Aktif istasyon verilerinin sabit nokta olarak kullanılması fikri ortaya çıkmıştır. Bu bildiriye TUSAGA-Aktif sabit GPS istasyonları verilerinin GPS-IMU kinematik verilerinin process edilerek değerlendirilmesi aşamasında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: GPS-IMU, Digital Kamera, Process, TUSAGA-Aktif

ABSTRACT

Advances in technology have affected photogrammetry discipline as have every profession in most aspects. With these advances, aircrafts used in photogrammetric works have begun to be equipped with digital cameras with GPS-IMU (Inertial Measurement Unit) system in which GPS determines the position of camera while IMU the rotations of the aircraft. Digital cameras have been recently utilized in photogrammetric map production in Turkey.

In photogrammetric map production with the aid of digital cameras and GPS-IMU system geodetic activities have expanded in scope, which previously are limited to reconnaissance and establishment of ground control points and aerial markers, GPS measurements and evaluation of these measurements. Determining the coordinates of central point of picture, after evaluating GPS-IMU data, should be considered within the framework of geodetic activities.

A research and development project called TUSAGA-Aktif Network, the Turkish RTK CORS Network with continuously operating 146 reference stations, has been established by Istanbul Kultur University in association with the General Directorate of Land Registration and Cadastre and the General Command of Mapping and sponsored by the Turkish Scientific and Technical Research Agency (TUBITAK). This network of continuously operating reference stations has been being used widely by many professional disciplines, especially surveyors.

This paper studies the idea that TUSAGA-Aktif reference stations can be used as fixed stations when processing GPS-IMU kinematic data obtained using digital cameras, and presents the preliminary results obtained from a research to this effect.

Keywords: *GPS-IMU, Digital Camera, Process, CORS.*

1 GİRİŞ

Teknolojinin hızla gelişimi ve gelişimine devam etmesi, ölçüm yöntemlerinde de değişmelere yol açmıştır. Bu ivme içerisinde ölçüm yöntemlerinin daha da elektronikleşmesini ve hatta dijitalleşmesini sağlayan sistemler olanaklı hale gelmiştir. Bu gün dünyada ve ülkemizde jeodezik amaçlı ölçümler genellikle uydu tabanlı ölçüm sistemlerine kaymaya başlamıştır. Amaç, teknolojinin getirdiği yenilikleri doğru kullanarak, yapılacak bir işte, işin sonucunda beklenen hassasiyetin elde edilmesini ve bunun yanında, kullanılan zaman ve maliyeti en az miktara indirebilmek olduğu düşünülür.

Teknolojideki bu hızlı gelişim ile Fotogrametri alanında da değişmeler olmuştur. Fotogrametrik harita üretiminde kullanılan analog kameraların yerini Küresel Konum Belirleme Sistemi (Global Positions System-GPS) - İnersiyal Ölçme Ünitesi (Inertial Measurement Unit-IMU) sistemine sahip dijital kameralar almıştır. Bu sistem ile görüntü alım anındaki konum ve dönüklük bilgileri belirlenmektedir. Ülkemizde de son yıllarda fotogrametrik harita üretiminde digital kamera kullanılmaya başlanılmıştır.

Fotogrametrik harita üretiminde, digital kamera ve GPS/IMU sistemlerinin kullanılması ile birlikte, jeodezik faaliyetlerin kapsamı da bağlantılı olarak değişmiştir. Fotogrametrik harita üretimindeki jeodezik faaliyetler önceleri yer kontrol noktaları ve hava işaretlerinin istikşafı, tesisi, GPS ölçüleri ve bu ölçülerin değerlendirilmesi çalışmalarını kapsamakta iken, şimdi bunların yanında, uçaktan gelen GPS/IMU verilerinin, yer kontrol noktaları referans alınarak değerlendirilmesi sonucu, resim orta noktası koordinat değerlerinin ve resim dönüklük parametrelerinin belirlenmesi çalışmalarının da jeodezik faaliyetler kapsamında yapılması gerekliliğini doğurmuştur.

Ülkemizde TÜBİTAK Kamu Ar-Ge projeleri kapsamında, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ile Harita Genel Komutanlığı'nın müşteri kurumlar ve İstanbul Kültür Üniversitesi'nin de yürütücü olduğu TUSAGA-Aktif Projesi gerçekleştirilmiş ve 146 adet sabit GPS istasyonu tesis edilmiştir. TUSAGA-Aktif istasyon verileri başta haritacılık alanlarında olmak üzere birçok meslek disiplinlerince yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

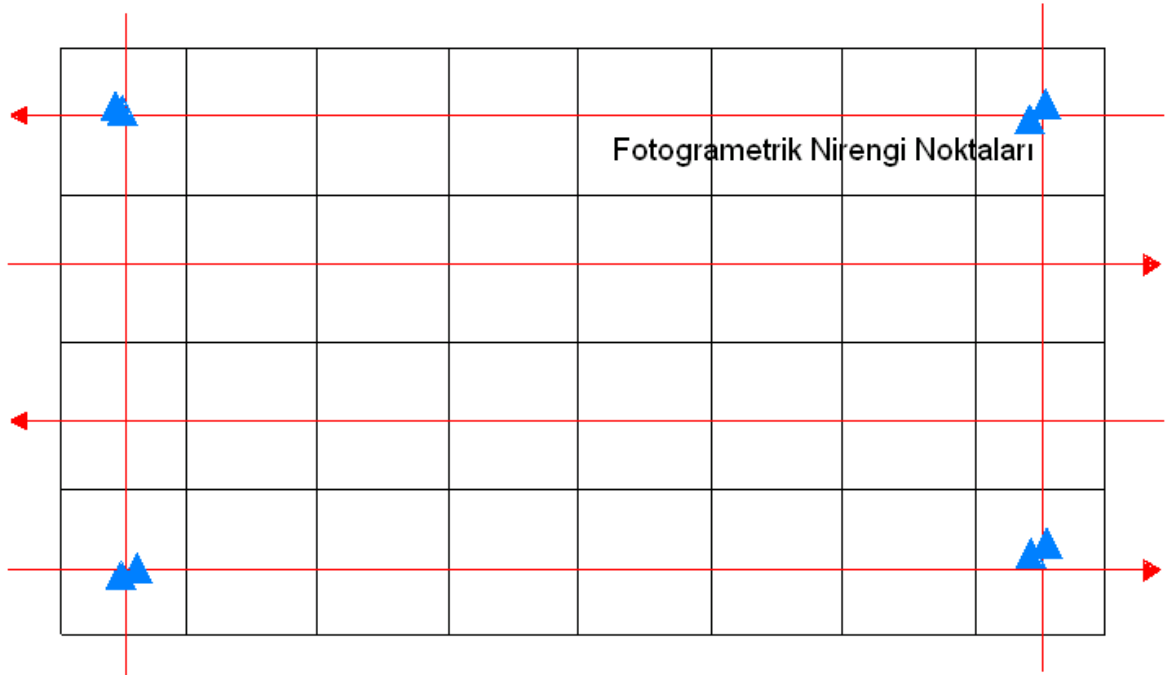
Bu çalışmada digital kamera sistemleri ile elde edilen GPS/IMU kinematik verilerinin process edilerek değerlendirilmesinde, TUSAGA-Aktif istasyon verileri sabit nokta olarak kullanılmış ve sonuçları irdelenmiştir.

2 KİNEMATİK GPS DESTEKLİ FOTOGRAMETRİK NİRENGİ YÖNTEMİ

Fotogrametrik alandaki gelişmelere bağlı olarak, analog kameralar da kullanılan havuz yöntemi, dizi yöntemi gibi nokta sıklaştırma yöntemleri, bu gün digital kamera ve kameraya entegre GPS/IMU sistemi ile beraber yerini kinematik GPS destekli fotogrametrik nirengi yöntemine bırakmıştır.

Fotogrametrik nirengi yöntemi; arazide tesis edilen nirengi noktası sayısını minimuma indirerek nirengi noktası sayısında yaklaşık %90-95'lik bir tasarruf sağlayan, resim uçuşu sırasında resim çekim 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).

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 1).



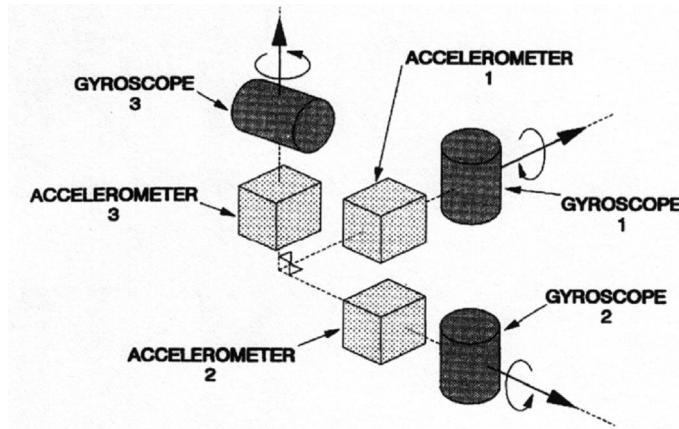
Şekil 1 Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengi Yöntemine Göre Nirengi ve Uçuş Planlaması

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.

3 İNERSİYAL NAVİGASYON SİSTEMİ (INERTIAL NAVIGATION SYSTEM-INS)

İnersiyal Navigasyon Sistemi (INS); devamlı olarak (kesintisiz) 3 ortogonal doğrusal ivme vektörünü ve açısal dönüklüğü ölçen bir sistemdir. INS teorisi; Newton'un, "inersiyal koordinat sistemine göre hareket halindeki bir aracın ölçülen gücü; sistemin doğrusal ivmeleri ile yerçekimi ivmesinin bir doğrusal kombinasyonundan elde edilebilir" kuramına dayalıdır. Elde edilen hızların ikinci integrali istenilen konumlama bilgilerini verir. Ayrıca dönüklük ölçümleri zamana bağlı entegre edilerek durum bilgileri hesaplanır (Atak ve Aksu 2004).

Platform ve bant üzerinde kayan sistemler olmak üzere genelde iki farklı tipte INS kullanılır. İlk sistemde ivme ölçüm birimi, 3 jiroskopun platformu içerisine sıkı sıkıya monte edilmiştir. İç platform aracının dönüklükleri izole edilmiş olduğu için, durum parametreleri istenilen bir yönelme değerinde ve sistemin havada hareketi sırasında sabit tutulabilmektedir. Bu sistemlerde küçük bir ölçüm mesafesinde çok duyarlı ölçüm yapabilecek şekilde algılayıcılar tasarlandığı için, çok daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu sistemlerde küçük bir ölçüm mesafesinde çok duyarlı ölçüm yapabilecek şekilde algılayıcılar tasarlandığı için, çok daha doğru sonuçlar vermektedir (Şekil 2). Diğer taraftan, bu sistemler mekanik açıdan ele alındığında çok kompleks ve yüksek maliyetlidir (Kramer).



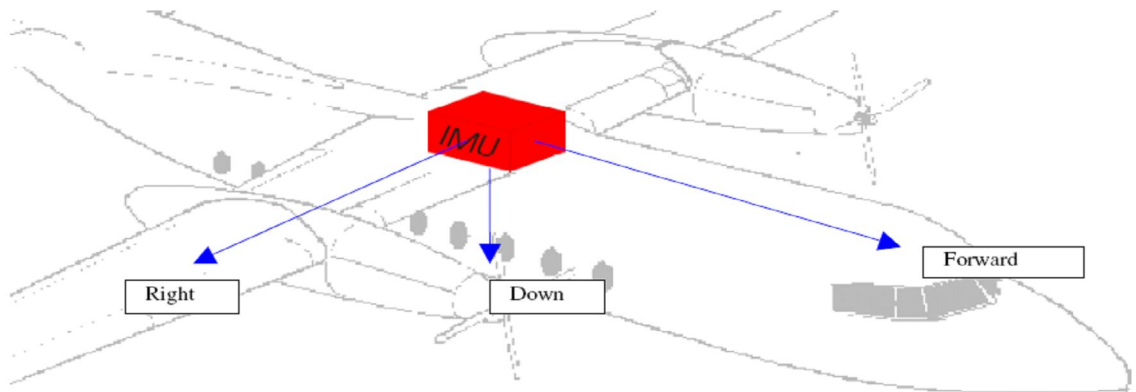
Şekil 2 IMU İçerisinde Yer Alan Jiroskoplar ve İvme Ölçerler (Atak ve Aksu 2004).

3.1 GPS-INS Entegrasyonu

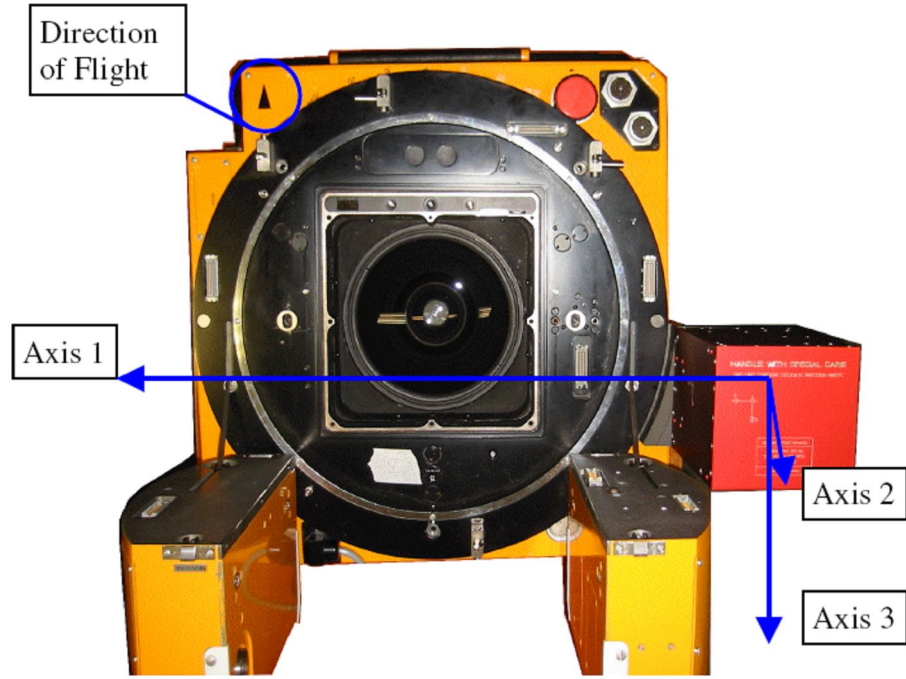
Atalet verisi kuvvetli sürüklenmeler nedeni ile yalnızca kısa süreli boyutlarda yeterli doğruluğa sahip olur, bu nedenle mutlak doğruluğa sahip bir GPS ile kombinasyonu gereklidir. Yaygın olarak kullanılan İteratif Kalman Filtreleme yöntemi ile her iki sistemin avantajları birleştirilebilir ve böylece GPS-INS Doğrudan Algılayıcı Yönelmesi (Direct Sensor Orientation - DSO) için kullanılabilir (Şekil 3).

Bu sistemlerin birlikte kullanımı, tek tek kullanımları ile elde edilecek doğruluğu ve güvenilirliği önemli ölçüde geliştirmeye olanak sağlamaktadır. INS'in kısa aralıklardaki yüksek durağanlığı, GPS gözlemlerinde görülen hataları düzeltmeye olanak sağlar. Kestirim suretiyle elde edilen INS konumu ve hızı, GPS alıcısının taşıyıcı faz atlamalarını (cycle slip) belirtmeye ve uydu ile kopan bağlantıları bağlamaya yardımcı olur. Bağlama kapasitesi INS'in performansına bağlıdır. Diğer taraftan, GPS'in hayli uzun süreli durağanlığı sayesinde, GPS gözlemlerinin kullanılması ile INS'in sistematik ve zamana bağlı hatalarının giderilmesi mümkündür (Atak ve Aksu 2004).

Entegrasyon, sistemin gerektirdiği yazılım ve donanım bileşenlerinin her ikisini de kapsamaktadır. Sistemin donanım entegrasyonu, bir kara kutu içerisinde donanım bileşenleri ve bağlantılarını kapsamaktadır (Şekil 4).



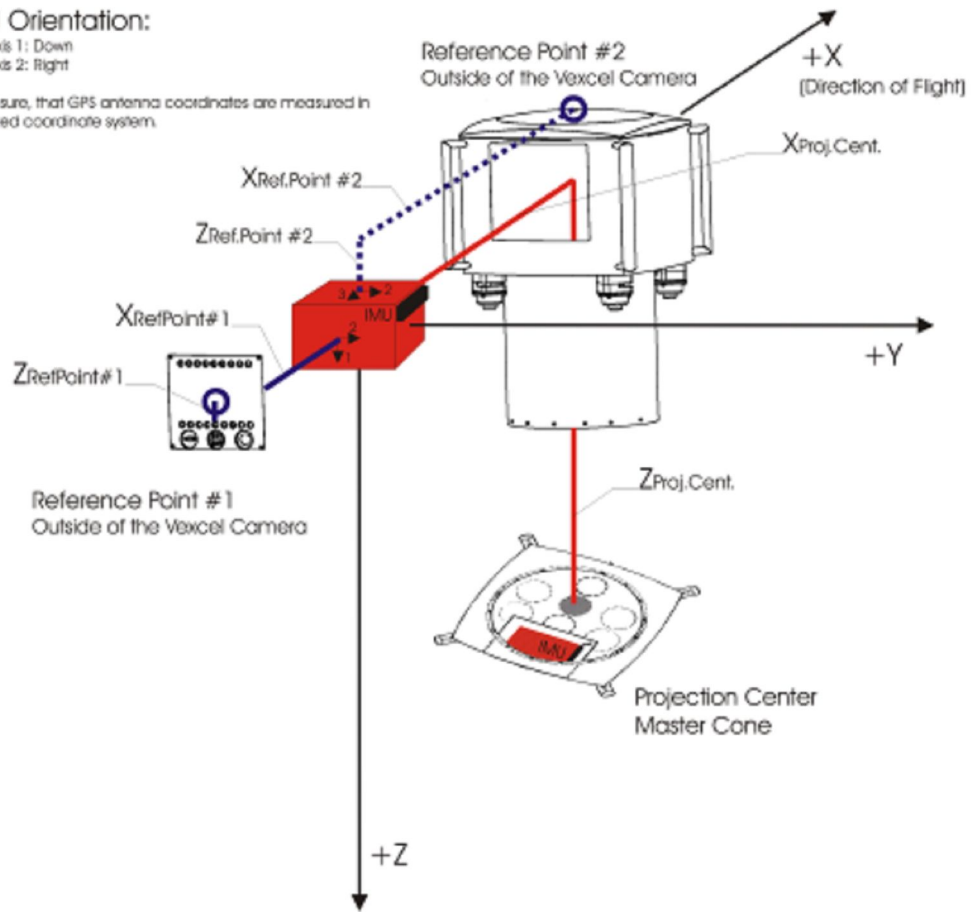
Şekil 3 IMU Sisteminin Uçak Üzerindeki Konumlandırılması (www.igi-systems.com).



IMU Orientation:

IMU-Axis 1: Down
IMU-Axis 2: Right

Make sure, that GPS antenna coordinates are measured in IMU fixed coordinate system.



Şekil 4 IMU Sisteminin Sensörlerle Entegrasyonu (www.igi-systems.com).

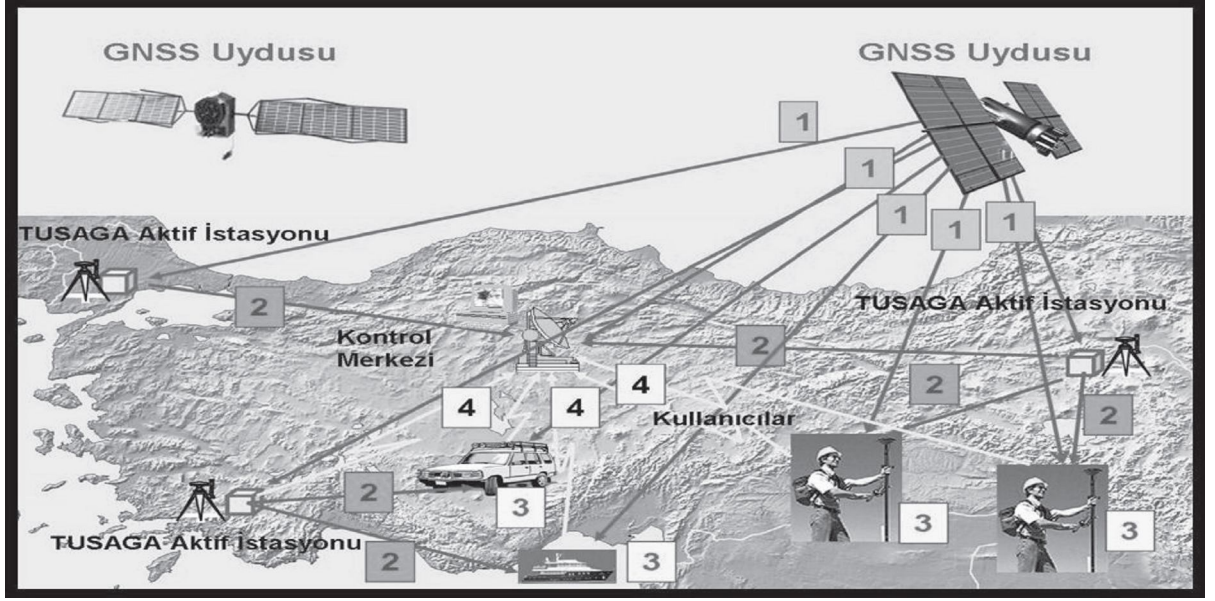
4 TUSAGA – AKTİF SİSTEMİ

TUSAGA-Aktif 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.

Bu sistem sayesinde kullanıcılar 7/24 saat boyunca tüm ülke genelinde gerçek zamanlı veya sonradan hesaplarla (post-processing) cm seviyesinde koordinat belirleyebilmektedir. Sistemin temel amaçları; havada, denizde ve karada metre altında navigasyon sağlamak, ED50 datumu ile ITRF_{xx} datumu arasındaki dönüşüm parametrelerini hassas bir şekilde belirleyerek halen kullanılmakta olan ED50 datumundaki harita ve kadastral paftaların da TUSAGA-Aktif sisteminden aplikasyonunun yapılabilmesini sağlamak, atmosfer ve iyonosferi modelleyerek daha sağlıklı meteorolojik tahminler ile sinyal, iletişim konuları ve bir çok bilimsel konuya katkı sağlamak, tektonik hareketlerin hassas bir biçimde ve sürekli olarak izlenmesini gerçekleştirmektir.

4.1 TUSAGA-Aktif Sistemi 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 yapılır. 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 5). 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. Veri aktarım formatı olarak NTRIP kullanılır. NTRIP; diferansiyel düzeltme verisi veya diğer tür GNSS verisinin sabit veya gezici kullanıcılara internet üzerinden yayınlanması için Almanya Jeodezi ve Kartografya Kurumu (BKG) tarafından geliştirilmiş olup, Hypertext Transfer Protokolü (http) esaslı genel ve bağımsız bir protokoldür.



Şekil 5 TUSAGA-Aktif Sistemi Ana Bileşenleri (Erdoğan ve Bakıcı 2010)

4.2 Kontrol Merkezleri

Kontrol merkezleri Ankara’da TKGM-Oran tesislerinde ve HGK-Cebeci tesislerinde yer almaktadır. RTKNet ve GPSNet analiz ve kontrol sistemi, web sunucu, veri yedekleme ünitesi, yönlendirici, güvenlik ünitesi ve çevre donanımlarından oluşmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6 TUSAGA-Aktif Sistemi Kontrol Merkezi TKGM-Oran Tesisleri

4.3 TUSAGA-Aktif Sistemi Veri Yedekleme

Her istasyondan gelen (ADSL,GPRS) datalar header ve anten bilgileri eklendikten sonra 1 sn. epok aralığında ve türetilmiş 30 sn. epok aralığındaki rinex veriler şeklinde günlük banda yedeklenmektedir. Toplanan veriler web ortamında <http://212.156.70.42> adresinden kullanıcılara sunulmaktadır.

5 SAYISAL UYGULAMA

Bu uygulamada, resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi aşamasında TUSAGA-Aktif sabit istasyon verilerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Bu uygulama kapsamında, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nce gerçekleştirilen Van Gölü çevresine ait 1/5000 ölçekli ortofoto harita üretimi projesi verileri kullanılmıştır (Şekil 7).

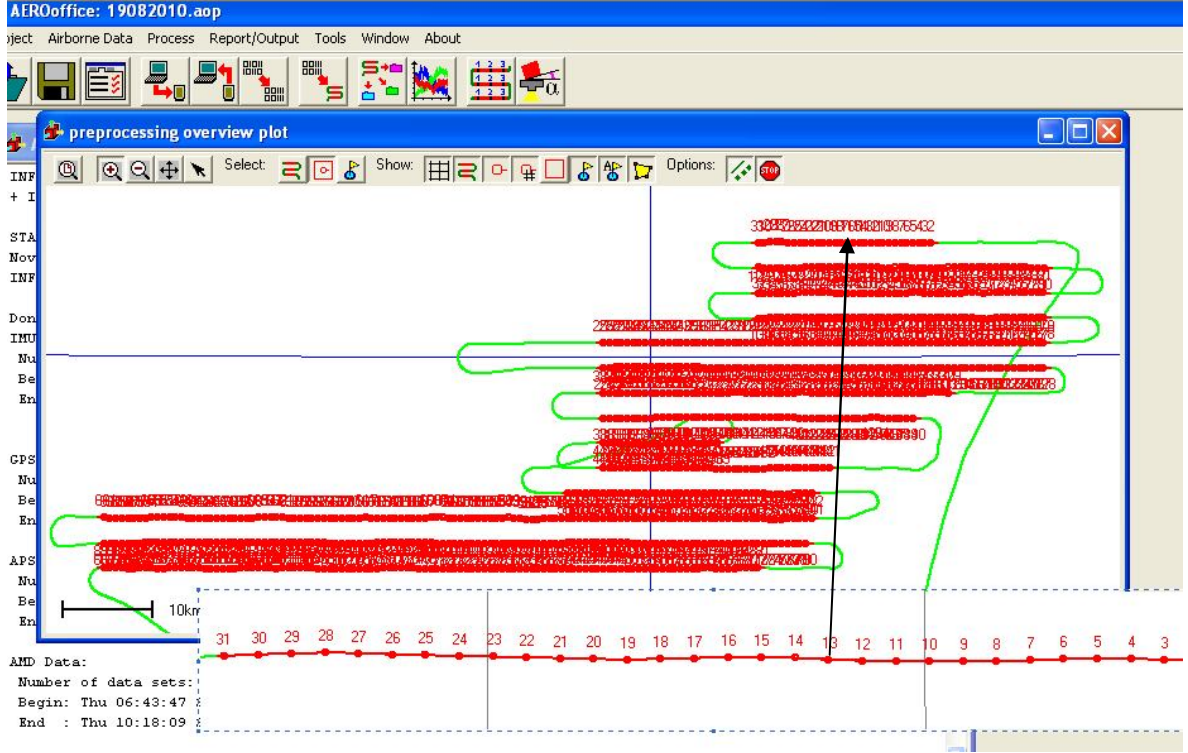
Proje sahası, Van Gölü kıyı şeridi ile kıyı şeridine yakın yerleşim birimlerini kapsamaktadır. Söz konusu proje kapsamında, 19-22 Ağustos 2010 tarihleri arasında ~ 28 cm. yer örnekleme aralığında 3188 adet hava görüntüsü kullanılarak 800 adet 1/5000 ölçekli sayısal ortofoto harita üretilmiştir. Ayrıca Akdamar Adası'nın ~ 7 cm. yer örnekleme aralığında hava görüntüleri kullanılarak 44 adet 1/1000 ölçekli sayısal ortofoto harita üretilmiştir.



Şekil 7 Proje ana bilgileri

5.1 Process Verilerinin Hazırlanması

GrafNav programında yapılacak olan kinematik GPS process'i için, uçuş esnasında toplanan kinematik GPS verileri ile sabit olarak kullanılacak olan TUSAGA-Aktif istasyon verilerinin hazırlanması gerekmektedir (Şekil 8).



Şekil 8 19 Ağustos 2010 Tarihli Uçuş Günü Ön İşleme Adımı

19 ila 22 Ağustos 2010 tarihleri arasında, uçuş esnasında toplanan 4 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.

Process işlemi için gerekli olan 1 sn. epok aralığındaki TUSAGA-Aktif istasyon verileri, TKGM TUSAGA-Aktif kontrol merkezinden temin edilmiştir.

5.2 Kinematik GPS Process'in Yapılması

Kinematik process için sabit olarak TUSAGA-Aktif istasyonlarının 1 sn. epok aralığındaki statik verileri kullanılmıştır.

Process yapılacak 4 uçuş gününe ilişkin olarak; uçuş yapılan alana göre uygun dağılımlı TUSAGA-Aktif istasyonları belirlenmiştir.

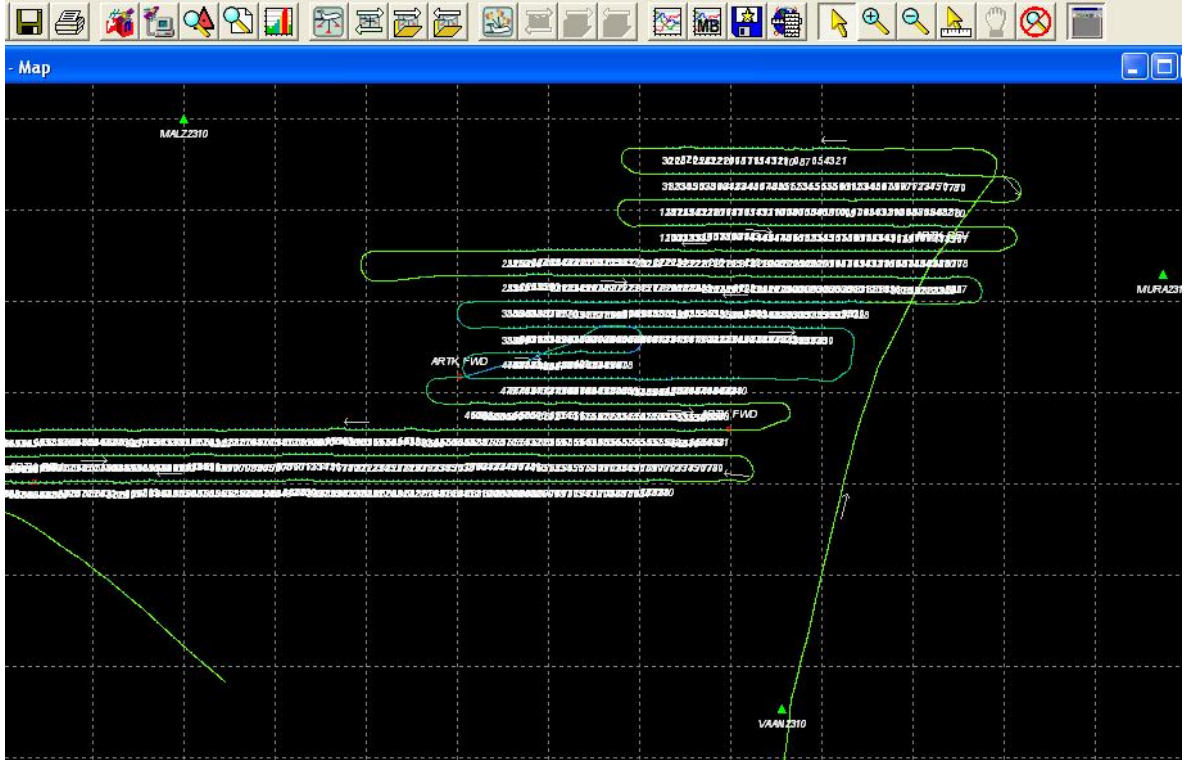
Bu bağlamda ;

- 19 Ağustos 2010 günü için MALZ, MURA ve VAAN istasyonları,
- 20 Ağustos 2010 günü için MALZ, TVAN ve VAAN istasyonları,
- 21 Ağustos 2010 günü için OZAL, TVAN ve VAAN istasyonları,
- 22 Ağustos 2010 günü için MURA, OZAL ve VAAN istasyonları,

belirlenmiş olup, istasyonlara ilişkin veriler TKGM TUSAGA-Aktif kontrol merkezinden temin edilmiştir (<http://212.156.70.42>).

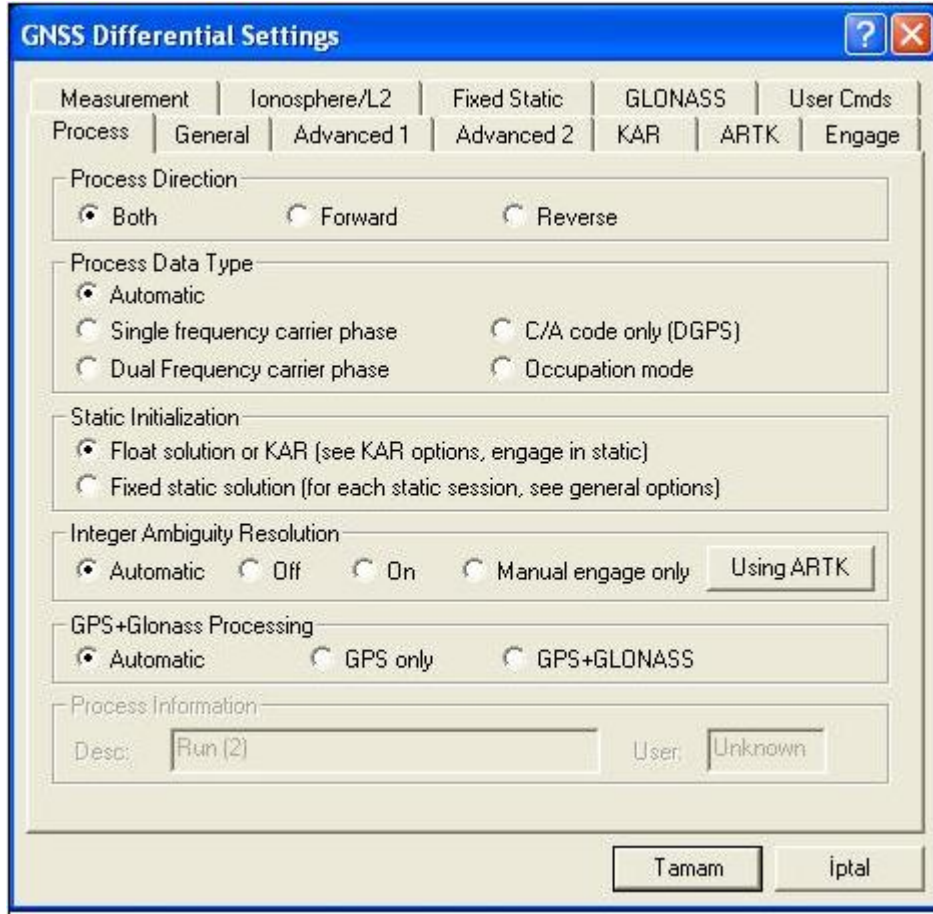
Kinematik process için gerekli olan TUSAGA-Aktif istasyon verileri ile uçuş anına ilişkin GPS/IMU verileri belirtilen tarihler için hazır hale getirilmiştir.

TUSAGA-Aktif istasyon verileri ile AEROoffice programından elde edilen uçuş anına ilişkin kinematik GPS verileri GrafNav programına aktarılarak her bir uçuş günü için ayrı projeler oluşturulmuştur (Şekil 9).



Şekil 9 19 Ağustos 2010 Tarihli Uçuş Anına İlişkin Process Ekranı

Her bir proje için uygun process parametreleri belirlenir ve bu parametreler doğrultusunda 1 sn. epok aralığında toplanan uçuş anına ilişkin kinematik GPS verileri TUSAGA-Aktif istasyonlarından process edilir(Şekil 10).



Şekil 10 19 Ağustos 2010 Tarihli Uçuş Anına İlişkin Process Parametreleri

Resim çekme anında ve devamında GNSS alıcısının, Kinematik yöntemle oluşturduğu her bir veriyi GPS zamanı ile eşleştirerek, resim orta noktalarını da kapsayan koordinatları ve standart sapmalarını çıktı dosyası elde edilir (Şekil 11). Elde edilen bu dosya uçağın kalkışından inişine kadar ki süre içerisinde GNSS alıcısının kaydettiği bütün koordinatları kapsamaktadır. Yer kontrol noktaları olarak kullanılan referans noktaları yani TUSAGA-Aktif istasyonları uçuş alanı içinde veya yakınlarında seçilmiştir. Uçuş alanına en uzak istasyon mesafesi ortalama 50 km'yi geçmeyecek şekilde belirlenmiştir.

```
TextPad - [D:\DIGITAL_KAMERAWAN GOLU ORTOFOTO\19082010\PROJE\GRAFNNAV\19082010.txt *]
File Edit Search View Tools Macros Configure Window Help

Project: VAN_19082010
Program: GrafNav Version 8.20.0522
Profile: IGI AEROCTRL
Source: GPS Epochs(Combined)
ProcessInfo: Run (1) by Unknown on 08/31/2010 at 12:33:27

Datum: WGS84, (processing datum)
Master 1: Name MALZ2310, Status ENABLED
Antenna height 0.000 m, to L1-PC (TRM55971.00, MeasDist 0.000 m to PC)
Position 39 08 35.37823, 42 31 50.88781, 1547.645 m (WGS84, Ellipsoidal hgt)
Master 2: Name MUR2310, Status ENABLED
Antenna height 0.087 m, to L1-PC (TRM55971.00, MeasDist 0.087 m to PC)
Position 38 59 24.36626, 43 45 47.23344, 1736.414 m (WGS84, Ellipsoidal hgt)
Master 3: Name VAAN2310, Status ENABLED
Antenna height 0.087 m, to L1-PC (TRM55971.00, MeasDist 0.087 m to PC)
Position 38 33 55.26346, 43 16 58.49411, 1695.748 m (WGS84, Ellipsoidal hgt)
Remote: Antenna height 0.000 m, to L1-PC (Generic)
SD/Covariance Scaling Settings:
Position: No scaling (1-sigma)
Velocity: No scaling (1-sigma)
Increase SD on kinematic float: No

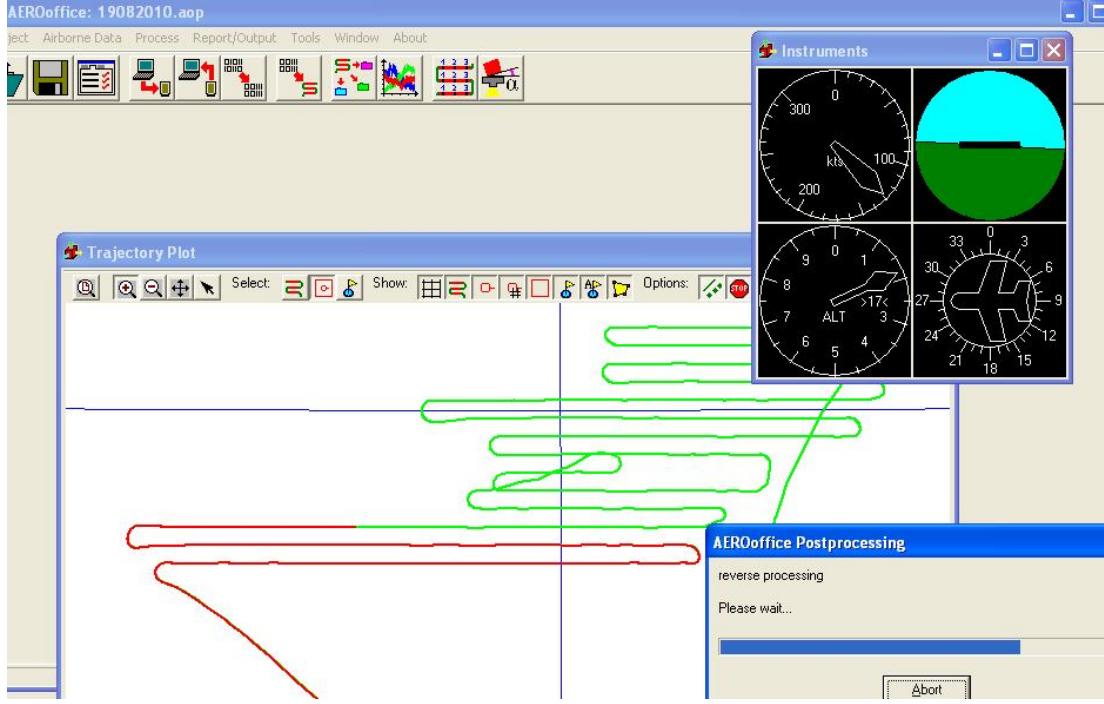
GPSTime,NS,Q,Latitude,Longitude,H-Ell,VNorth,VEast,VUp,SDNorth,SDEast,SDHeight,SD-VN,SD-VE,SD-VH
(sec),,(Deg),(Deg),(m),(m/s),(m/s),(m),(m),(m),(m/s),(m/s),(m/s)
368370.00,7,1,38.470309447,43.338088533,1685.878,0.000,0.022,-0.013,0.022,0.017,0.044,0.519,0.404,0.830
368371.00,7,2,38.470309406,43.338088533,1685.881,-0.032,-0.005,-0.010,0.022,0.017,0.044,0.519,0.404,0.830
368372.00,7,2,38.470309394,43.338088536,1685.878,-0.005,0.004,-0.067,0.023,0.017,0.044,0.519,0.404,0.830
368373.00,7,2,38.470308931,43.338088111,1685.867,-0.015,-0.012,-0.024,0.024,0.018,0.047,0.453,0.341,0.751
368374.00,7,2,38.470308893,43.338088069,1685.865,-0.014,-0.028,-0.011,0.023,0.017,0.046,0.516,0.403,0.821
368375.00,7,2,38.470308883,43.338088079,1685.873,-0.019,-0.010,-0.020,0.023,0.017,0.045,0.519,0.404,0.829
368376.00,7,2,38.470308869,43.338088089,1685.869,-0.007,0.012,-0.011,0.023,0.017,0.045,0.519,0.404,0.829
```

Şekil 11 19 Ağustos 2010 Tarihli Uçuş Anına İlişkin GrafNav Çıktı Dosyası

5.3 Resim Orta Noktası Koordinat Değerlerinin Belirlenmesi

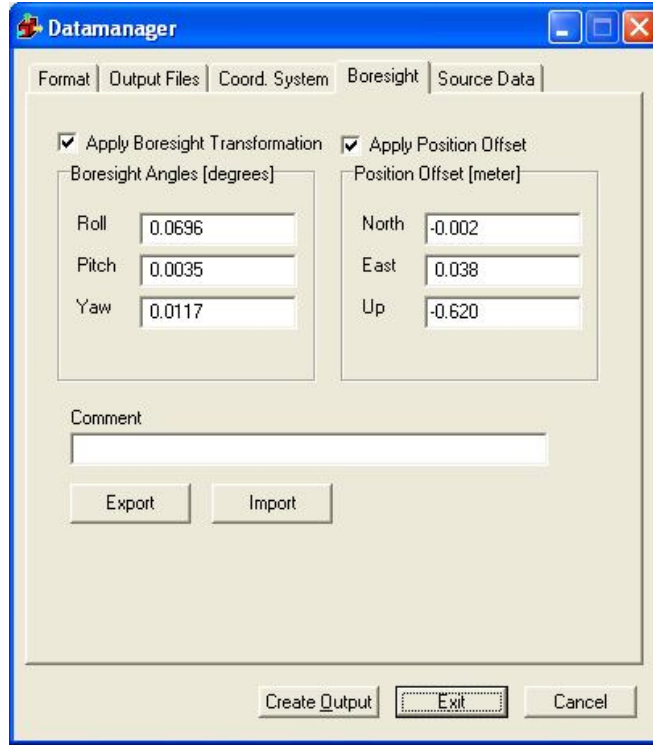
Process sonucu elde edilen GrafNav çıktı dosyası, daha önce AEROoffice programında oluşturulan projenin belirtilen menüsüne aktararak resim orta noktası koordinat değerlerinin belirlenmesi işlemine devam edilir.

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. Resim orta noktaları koordinatları fotoğraf numaralarına göre eşleşmiş olur (Şekil 12).



Şekil 12 19 Ağustos 2010 Tarihli Uçuş Anına İlişkin Simülasyon

Projenin bundan sonraki adımı; programın yönetim menüsünden koordinat sisteminin belirlenerek, boresight kalibrasyon değerlerinin girilmesidir (Şekil 13).



Şekil 13 19 Ağustos 2010 Tarihli Datamanager Menüsü

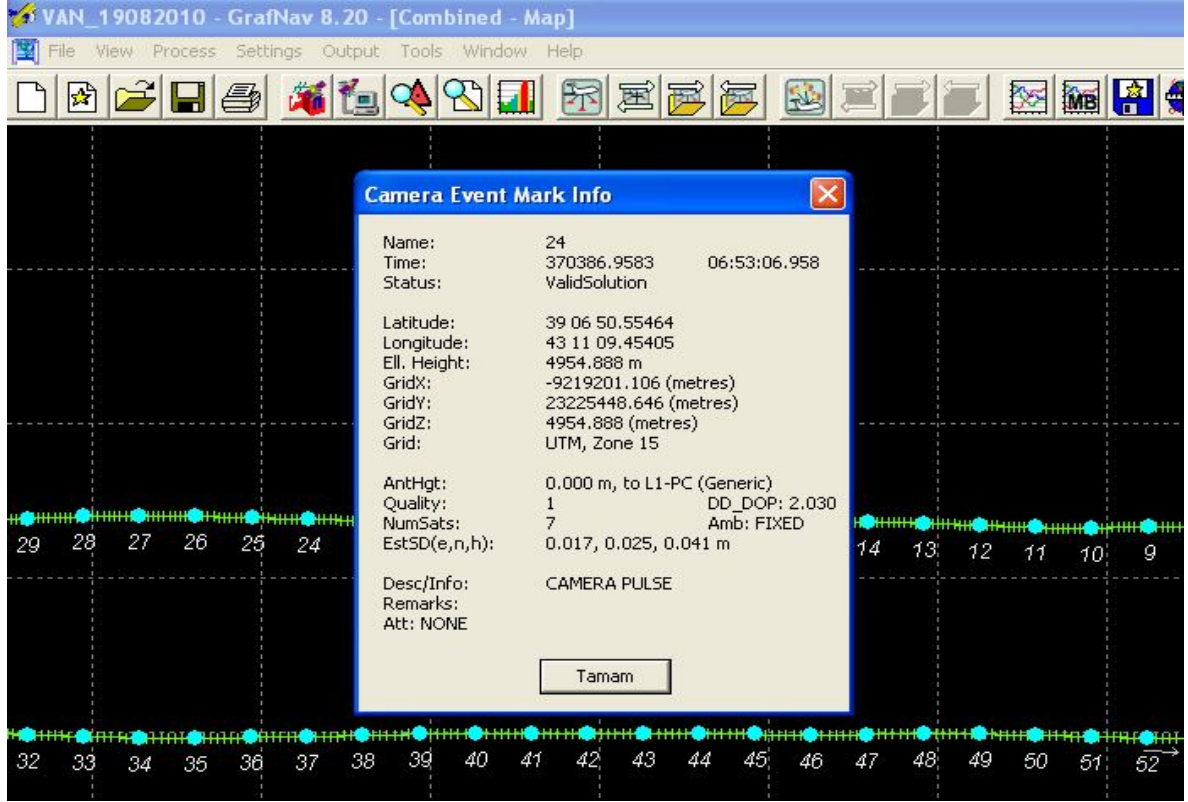
Bu işlemler sonucunda, fotoğrafların numaralarına göre resim orta noktası koordinatları, uçağın dönüklükleri ve bunlara ait standart sapmaların olduğu çıktı dosyası elde edilmiş olur (Şekil 14).

EOF_VAN2_19082010_WBR20 - Not Defteri															
Dosya Düzen Bıçım Görünüm Yardım															
# Output of event data															
# File will contain 890 online Events															
#															
[Format]															
COL1=Strip-ID															
COL2=Photo-ID															
COL3=TimeStamp															
COL4=Easting															
COL5=Northing															
COL6=Height															
COL7=Omega															
COL8=Phi															
COL9=Kappa															
COL10=SDhor															
COL11=SDhor															
COL12=SDvert															
COL13=SDOmega															
COL14=SDPhi															
COL15=SDKappa															
[Units]															
Angles=Degree															
Coordinates=Meter															
[Widths]															
StripID=3															
PhotoID=4															
#	Strip	Photo	TimeStamp	Easting	Northing	Height	Omega	Phi	Kappa	SDhor	SDhor	SDvert	SDOmega	SDPhi	SDKa
[End of Header]															
001	0001	370153	8244	358422.388	4330610.299	4958.550	0.6216	0.2849	177.8269	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0002	370163	9692	357759.003	4330633.228	4958.151	0.3352	0.3426	178.1016	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0003	370174	1900	357095.352	4330656.934	4958.342	0.2159	0.2926	178.0255	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0004	370184	4628	356431.972	4330677.151	4958.825	0.5359	0.2523	178.4860	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0005	370194	7556	355769.080	4330679.263	4958.691	1.7099	-0.0410	-179.2753	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0006	370205	0244	355104.520	4330666.696	4958.313	0.0350	-0.2664	-179.1595	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0007	370215	2051	354441.499	4330667.993	4958.283	-0.7662	-0.2028	179.2007	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0008	370225	3539	353777.772	4330684.206	4957.824	-0.2855	-0.1117	178.4600	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0009	370235	4787	353114.522	4330700.151	4956.374	0.4797	0.0037	178.8949	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0010	370245	6595	352450.612	4330708.634	4956.881	0.3845	0.2446	179.3226	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0011	370255	8842	351786.914	4330725.910	4956.344	-1.2414	0.2109	177.3450	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0012	370266	1450	351124.491	4330764.265	4957.425	-0.3457	0.1379	176.4335	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0013	370276	3898	350462.333	4330804.092	4957.902	0.4064	-0.1237	176.5699	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0014	370286	5586	349799.071	4330837.030	4956.982	0.9185	-0.4432	177.4875	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0
001	0015	370296	6314	349135.307	4330847.538	4955.796	1.6262	-0.4213	179.9300	0.037	0.037	0.042	0.0031	0.0031	0.0

Şekil 14 19 Ağustos 2010 Tarihli Resim Orta Noktası Koordinatları

5.4 Van Gölü Çevresine Ait 1/5000 Ölçekli Ortofoto İşi Sonuçlarının İrdelenmesi

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'ne bağlı Harita Dairesi Başkanlığı'nca 19 ila 22 Ağustos 2010 tarihlerinde uçuşu gerçekleştirilen Van Gölü çevresinin, Process işlemleri sonucunda resim orta noktası koordinatları, belirlenen TUSAGA-Aktif istasyon verileri yardımı ile bulunmuştur. Process sonuçları öncelikle, process için belirlenen kıstaslar içinde kalıp kalmadığı kontrol edilerek yapıldı. GrafNav programının kendi sisteminde belirlenen kıstaslar da görsel olarak çözümün doğruluğu hakkında bilgi vermektedir (Şekil 15).



Şekil 15 19 Ağustos 2010 Tarihli Resim Orta Noktası Koordinatları

Van Gölü çevresi projesi sonucunda elde edilen resim orta nokta koordinatları ile dönüklük bilgileri ve bunlara ilişkin standart sapma değerleri günlük bazda incelenmiştir.

- 1.gün (19.08.2010) uçuş sonucu 890 adet resim çekilmiştir. Yer kontrol noktaları olarak, TUSAGA-Aktif istasyonlarından MALZ, MURA ve VAAN istasyonları kullanılmıştır. TUSAGA-Aktif istasyonlarının uçuş alanına en kısa mesafesi 22 km, en uzun mesafesi ise 50 km dir. Yatay ve düşeydeki koordinatların standart sapmaları ile dönüklük bileşenlerinin (Omega, Phi ve Kappa) standart sapmalarına en büyük, en küçük ve ortalama değer olarak bakılacak olursa (Tablo 1);

Tablo 1 Van Gölü 19.08.2010 Tarihli Uçuş Gününün Resim Orta Noktası Koordinat ve Dönüklüklerdeki Standart Sapmaları

	En Küçük	En Büyük	Ortalama(890 Resim)
Yataydaki Standart Sapma (m)	0.0320	0.0690	0.0424
Düşeydeki Standart Sapma (m)	0.0330	0.0830	0.0519
Omega Standart Sapma (m)	0.0031	0.0033	0.0031
Phi Standart Sapma (m)	0.0031	0.0033	0.0031
Kappa Standart Sapma (m)	0.0047	0.0096	0.0077

- 2.gün (20.08.2010) uçuş sonucu 762 adet resim çekilmiştir. Yer kontrol noktaları olarak, TUSAGA-Aktif istasyonlarından MALZ, TVAN ve VAAN istasyonları kullanılmıştır. TUSAGA-Aktif istasyonlarının uçuş alanına en kısa mesafesi 26 km, en uzun mesafesi ise 47 km dir. Yatay ve düşeydeki koordinatların standart sapmaları ile dönüklük bileşenlerinin (Omega, Phi ve Kappa) standart sapmalarına en büyük, en küçük ve ortalama değer olarak bakılacak olursa (Tablo 2);

Tablo 2 Van Gölü 20.08.2010 Tarihli Uçuş Gününün Resim Orta Noktası Koordinat ve Dönüklüklerdeki Standart Sapmaları

	En Küçük	En Büyük	Ortalama(762 Resim)
Yataydaki Standart Sapma (m)	0.0330	0.0580	0.0471
Düşeydeki Standart Sapma (m)	0.0410	0.0880	0.0592
Omega Standart Sapma (m)	0.0032	0.0032	0.0032
Phi Standart Sapma (m)	0.0031	0.0032	0.0032
Kappa Standart Sapma (m)	0.0051	0.0099	0.0078

- 3.gün (21.08.2010) uçuş sonucu 821 adet resim çekilmiştir. Yer kontrol noktaları olarak, TUSAGA-Aktif istasyonlarından OZAL, TVAN ve VAAN istasyonları kullanılmıştır. TUSAGA-Aktif istasyonlarının uçuş alanına en kısa mesafesi istasyon uçuş alanının içinde, en uzun mesafesi ise 42 km dir. Yatay ve düşeydeki koordinatların standart sapmaları ile dönüklük bileşenlerinin (Omega, Phi ve Kappa) standart sapmalarına en büyük, en küçük ve ortalama değer olarak bakılacak olursa (Tablo 3);

Tablo 3 Van Gölü 21.08.2010 Tarihli Uçuş Gününün Resim Orta Noktası Koordinat ve Dönüklüklerdeki Standart Sapmaları

	En Küçük	En Büyük	Ortalama(821 Resim)
Yataydaki Standart Sapma (m)	0.0280	0.0550	0.0371
Düşeydeki Standart Sapma (m)	0.0290	0.0740	0.0449
Omega Standart Sapma (m)	0.0030	0.0032	0.0031
Phi Standart Sapma (m)	0.0030	0.0032	0.0031
Kappa Standart Sapma (m)	0.0049	0.0098	0.0077

3.gün (21.08.2010) uçuş günü Van Gölü'nün içindeki Akdamar Adası 1/1000 ölçekli resimler elde edilecek şekilde uçulmuştur. Sonuçlarına bakacak olursak (Tablo 4);

Tablo 4 Van Gölü 21.08.2010 Tarihli Uçuş Gününün Akdamar Adasına Ait Resim Orta Noktası Koordinat ve Dönüklüklerdeki Standart Sapmaları

	En Küçük	En Büyük	Ortalama(44 Resim)
Yataydaki Standart Sapma (m)	0.0320	0.0360	0.0341
Düşeydeki Standart Sapma (m)	0.0500	0.0570	0.0527
Omega Standart Sapma (m)	0.0031	0.0034	0.0032
Phi Standart Sapma (m)	0.0031	0.0034	0.0032
Kappa Standart Sapma (m)	0.0038	0.0058	0.0046

- 4.gün (22.08.2010) uçuş sonucu 715 adet resim çekilmiştir. Yer kontrol noktaları olarak, TUSAGA-Aktif istasyonlarından MURA, OZAL ve VAAN istasyonları kullanılmıştır. TUSAGA-Aktif istasyonlarının uçuş alanına en kısa mesafesi 8 km, en uzun mesafesi ise 50 km dir. Yatay ve düşeydeki koordinatların standart sapmaları ile dönüklük bileşenlerinin (Omega, Phi ve Kappa) standart sapmalarına en büyük, en küçük ve ortalama değer olarak bakılacak olursa (Tablo 3);

Tablo 3 Van Gölü 21.08.2010 Tarihli Uçuş Gününün Resim Orta Noktası Koordinat ve Dönüklüklerdeki Standart Sapmaları

	En Küçük	En Büyük	Ortalama(715 Resim)
Yataydaki Standart Sapma (m)	0.0240	0.0600	0.0382
Düşeydeki Standart Sapma (m)	0.0310	0.0800	0.0465
Omega Standart Sapma (m)	0.0030	0.0069	0.0031
Phi Standart Sapma (m)	0.0030	0.0069	0.0031
Kappa Standart Sapma (m)	0.0047	0.0128	0.0069

6 SONUÇ

Teknoloji alanında yaşanan hızlı değişimler, farklı meslek disiplinlerinde iş akış yöntemlerinin daha da kolaylaşmasını, zamandan ve maliyetten tasarruf edilmesini sağlamakta, ancak elde edilecek sonuçların hassasiyetinin de belirlenen kıstasları aşmaması gerekliliği göz önünde bulundurulmalıdır.

Ülkemizde de son yıllarda fotogrametrik harita üretiminde dijital kamera kullanılmaya başlanılmıştır. Bunun sonucunda, jeodezik işlemlerin hacminde gözle görülür derecede azalma olmuştur. Fotogrametrik harita üretiminde GPS/IMU sistemlerinin kullanılması, uçuş anında daha önceden belirlenen yer kontrol noktalarına GNSS alıcılarının kurularak ölçüm yapılması gibi farklı işlem adımlarını beraberinde getirmiştir. Fotogrametrik harita üretimi için yapılan uçuşlarda, uçuş anında önceden belirlenen yer kontrol noktalarının uçuş alanına mesafelerinin 50 km den daha az olması uygundur. Bu işlemler düşünöldüğünde, uçuştan önce arazide yer kontrol noktalarının ölçüme hazır durumda olması gereklidir. Arazinin topografik yapısına göre ulaşım durumları ve hava şartları, eş zamanlı yapılması gereken bu işlemin, zaman kaybına uğramasına ve ekonomik olarak maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ile Harita Genel Komutanlığı bünyesinde işletilmekte olan TUSAGA-Aktif Sistemi kullanılarak, 7 gün 24 saat esasına göre tüm ülke genelinde gerçek zamanlı veya sonradan hesaplarla (post-processing) cm seviyesinde koordinat belirlenebilmektedir. İstasyonların verileri, 30 sn'lik ve 1 sn'lik epoklar olarak günlük arşivlenmektedir.

Yapılan uygulamada da göröldüğü gibi, uçuş için yer kontrol noktalarına gerek kalmadan, o uçuş gününe ve alanına ait en uygun TUSAGA-Aktif istasyon verilerinin yardımı ile eş zamanlı olarak process yapılmıştır. Process sonuçlarının, istenilen kıstasları sağladığı görölmüştür. Elde edilen resim orta noktası koordinat ve dönüklüklerine ait standart sapmalarının fotogrametrik harita üretimi için beklenen doğruluğu sağladığı ve bu sonuçlara göre, TUSAGA-Aktif istasyonlarından bu doğrultuda faydalanılabileceği düşünölmektedir.

7 KAYNAKLAR

Atak V.O, Aksu O.,2004, Algılayıcı Yönelme Sistemleri, Hrt.Gn.K.lığı, Harita Dergisi Sayı: 132, Ankara.

Cankurt İ.,2011 Algılayıcı Yönelme Sistemleri ve Boresight Kalibrasyonu, Yüksek Lisans Semineri, AÜ Aksaray.

Erdoğan A.O, Bakıcı S, 2010, TUSAGA-Aktif, 5.Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, ZKÜ Zonguldak.

Kramer M, GPS-INS Integration, Stuttgart, Germany.

www.igi-systems.com

<http://www.igi.eu/aerocontrol.html>

<http://www.novatel.com/assets/Documents/Manuals/om-20000105.pdf>

<http://212.156.70.42>