

GPS/IMU VE YER KONTROL NOKTASININ FARKLI KOMBİNASYONLARI İLE ÜRETİLMİŞ ORTOFOTO GÖRÜNTÜLERİN PLANİMETRİK DOĞRULUKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Cemal Özer Yiğit^{a,b,*}, Abdulvahit TORUN^a, İsmail ŞAHİN^a, Merve YILDIZ^b

^aHarita Genel Komutanlığı, 06100 Dikimevi, Ankara-(abdulvahit.torun, ismail.sahin)@hgk.msb.gov.tr

^bGebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Müh. Fak., Jeodezi ve Fotog. Müh. Blm., Gebze-(cyigit,m.yildiz)@gyte.edu.tr

ANAHTAR KELİMELE: Ortofoto, planimetrik doğruluk, hava fotoğrafı, GPS/IMU

Bu çalışmada, dış yöneltme parametreleri GPS/IMU ile doğrudan coğrafi konumlandırma ve GPS/IMU verileri ile blok köşelerinde ve blok içerisine homojen dağılmış Yer Kontrol Noktası(YKN) kullanılarak ışın demetleriyle blok dengeleme yöntemiyle elde edilerek üretilmiş ortofoto görüntüleri verilmişken, ortofotonun planimetrik konum doğruluklarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmada ayrıca, GPS/IMU ile doğrudan coğrafi konumlandırmanın planimetrik doğruluğunun değerlendirilmesinin yanı sıra, blok dengelemede minimum sayıdan daha fazla YKN kullanımının üretilen ortofotoların doğruluğuna bir etkisinin olup olmadığı da araştırılmıştır. Bu amaç için blok içerisinde homojen dağılmış 14 adet YKN içeren yaklaşık 3600 km² lik, Harita Genel Komutanlığınca 2008 yılında oluşturulan test bölgesi seçilmiş ve test uçuşu gerçekleştirilmiştir. Test uçuşu, 1:25000 ölçekli topografik harita üretimi için uygun fotoğraf ölçeği ve 45 cm lik yer örnekleme aralığı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Test bölgesinde yer alan YKN konumları diferansiyel GPS yöntemiyle statik modda ölçülmüş ve belirlenmiştir. Test bölgesinde her üç durum[(1) 4 YKN +GPS/IMU, (2) 14 YKN+GPS/IMU, (3) GPS/IMU] için hava fotoğraflarından üretilmiş ortofoto görüntülerinin planimetrik doğruluğu, YKN noktalarında ölçülmüş görüntü ve jeodezik koordinat değerleri arasındaki farkları kullanılarak araştırılmıştır.

1. GİRİŞ

Kullanım amacına göre bir, iki ya da üç boyutlu konumsal bilgiler ve bunlara dayalı üretilen ve çeşitli amaçlara hizmet eden haritaların belirli beklentileri karşılaması gerekmektedir. Bu beklentiler içerisinde en önemli unsurlardan birisi üretilen ürünün veri kalitesidir. Veri kalitesi kavramının belirlediği çerçeve içinde; verinin oluşum geçmişi, konumsal doğruluk, mantıksal tutarlılık, tamlık ve tematik doğruluk yer almaktadır. Veri kalitesi; kalite elemanları, bunların değerlendirme yöntemleri ve metrikleri ile değerlendirme sonuçlarının bir metaveri içinde üretici ve kullanıcı arasında iletişimi sağlayacak tarzda raporlanması şeklinde standart olarak ortaya konmaktadır. Veri kalitesi elemanlarından konumsal doğruluk ve güvenilirlik, mekânsal analiz ve karar vermede dayanan en temel faktörlerden biridir. Sonuç ürünün doğruluğunun bilinmesi, kullanıcı ihtiyaçları ve verinin hangi amaçlar doğrultusunda kullanılacağı konusunda karar vermeye etkindir. Doğru karar ise ürünün sayılan özelliklerinin bilinmesi ile verilebilir. Jeodezik yada Fotogrametrik yöntemler ile koordinat ve yükseklik bilgileri belirli bir doğrulukla üretilmektedir. Bu doğruluk kullanılan ölçme sistemi ve ölçme yöntemi, seçilen hesap metodu gibi etkenler ile ilişkili olup sonuç ürün doğruluğunu etkilemektedir.

GPS ve IMU ölçme sistemlerindeki olumlu gelişmeler, iki sistemin birbiriyle ve sayısal hava kameralarıyla entegrasyonuna imkân vermiştir. GPS/IMU sistemine sahip hava kameraları ile dış yöneltme parametreleri, yer kontrol noktasına(YKN) ihtiyaç duymaksızın daha ekonomik ve daha hızlı bir şekilde uçuş sırasında doğrudan elde edilebilmektedir. Bu sistemlerde, GPS ile dış yöneltme parametrelerinden resim orta noktasının coğrafi konumu belirlenebilirken(X, Y, Z), IMU sistemiyle de dönüklükler (ω, ψ, κ) belirlenebilmektedir(Yastıklı, 2004). GPS/IMU sistemiyle doğrudan coğrafi konumlandırmanın doğruluğu tamamen GPS ve IMU sensörlerinin veri kalitesine bağlı olduğu için daha yüksek doğruluk gereksinimlerinde dış

yöneltme parametreleri, GPS/IMU ve yeterli sayıda YKN' nin birlikte kullanımı ile elde edilebilmektedir.

Ortofotolar düşey veya düşeye yakın hava fotoğraflarından üretilen fotoğrafik görüntülerdir. Ortofotolar aynı zamanda haritalar ve veritabanları için uzunluk, açı, yön, alan ve bu gibi direkt ölçüler üretmek için kullanılabilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi birçok alanda çeşitli analizlerin yapılabilmesi için planimetrik referans altlık olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ortofotoların kalitesini etkileyen hatalar ortorektifikasyon sürecinin her bir adımından gelmektedir. Li ve ark. (2002) sayısal ortofotoların doğruluğunu etkileyen, hava fotoğraflarının taranmasından, iç yöneltme, dış yöneltme ve diferansiyel rektifikasyona dahil ana sebepleri analiz eden bir çalışma gerçekleştirmiştir. Ortofotoların doğruluk analizine ilişkin birçok benzer çalışma literatürde bulunabilir(Liu ve Zhang, 2008, Zhu ve ark., 2008, Imai ve ark., 2008, Kiracı ve Karşlıoğlu, 2009, O'Hara ve ark., 2010, Kiracı ve ark. 2011, Ayhan ve ark., 2011). Aynı zamanda diferansiyel rektifikasyon olarak da adlandırılan ortofotoların oluşturulması topoğrafyadan kaynaklı yükseklik değişimlerinin ve fotoğrafik eğikliklerin giderilmesi ve görüntülerin yeniden yapılandırılması işlemidir. Bu dijital görüntüler uygun bir şekilde üretildiği zaman bütün görüntü boyunca tahmin edilebilir bir sabit konumsal doğruluğa sahip olacaktır(Mikhail ve ark., 2001).

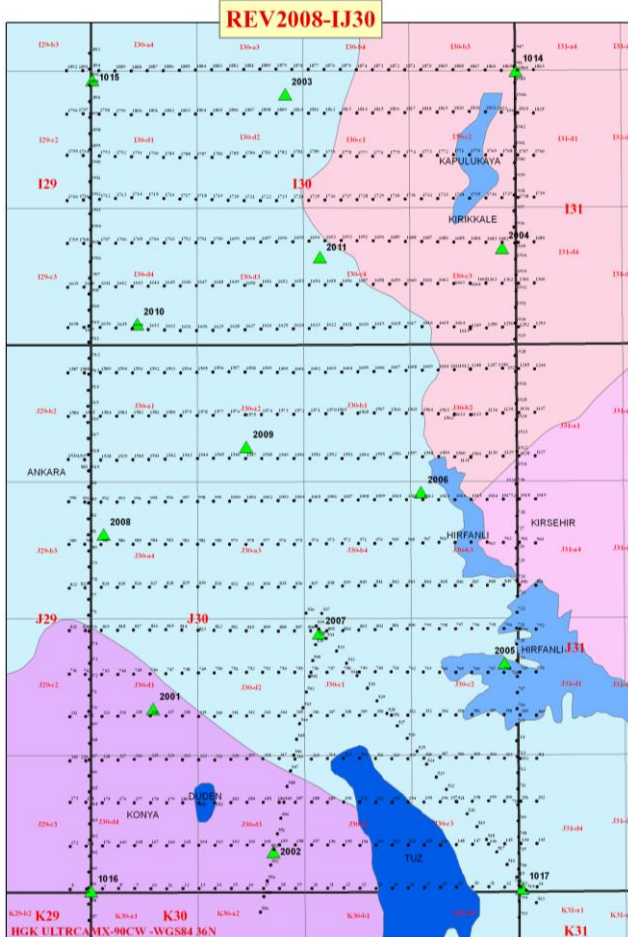
Dijital ortofoto görüntülerin doğruluğu, kullanılan Sayısal Yükseklik Modeline (SYM), GPS/IMU ve yer kontrol noktalarının yardımıyla belirlenen dış yöneltme parametrelerine ($\omega, \psi, \kappa, x_m, y_m, z_m$), kamera özelliğine ve fotoğraf ölçeğine bağlıdır.

Bu çalışmada, dış yöneltme parametreleri (1) test alanının köşelerinde bulunan 4 yer kontrol noktası, (2) test bölgesi içerisinde homojen dağılım göstermiş 14 yer kontrol noktası ve (3) yalnızca GPS/IMU ile doğrudan coğrafi

konumlandırma olmak üzere 3 yöntemle elde edilmiştir. Bu üç farklı yöntemle elde edilmiş dış yönelme parametrelerine dayalı üretilmiş ortofoto görüntülerin doğrulukları değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Çalışmada hem doğrudan coğrafi konumlandırma ile üretilmiş ortofotoların doğruluğu, hem de blok dengelemede minimum sayıdan fazla YKN kullanımının ortofoto doğruluğu üzerine bir etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİSETİ

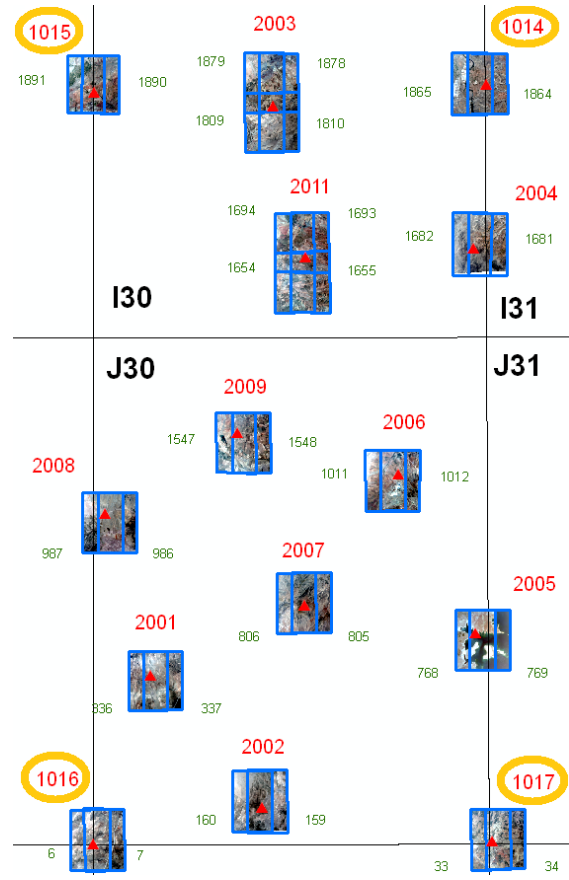
Doğruluk araştırması için seçilen test bölgesi Kırşehir-J30 paftasının tamamı ve Kırşehir-I30 paftasının yarısını kapsamaktadır (Şekil 1). Test alanı dağlık ve yerleşim bölgelerini içermekte olup yaklaşık 3600 km² lik bir alanı içermektedir. Test bölgesinde 14 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) fotoğraftan görülebilecek şekilde boyanmış ve WGS84 Datumundaki 6 derecelik UTM projeksiyon koordinatları statik GNSS ölçülerinin değerlendirilmesi sonucu elde edilmiştir. Yer kontrol noktaları dağlık ve yerleşim alanlarını kapsayacak şekilde test alanının tümüne homojen dağılmıştır. YKN lerin test alanındaki dağılımları Şekil 1 de görülmektedir. Test bölgesinde homojen dağılmış 14 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) üretilen ortofotoların geometrik doğruluklarını değerlendirmek için kontrol noktası olarak kullanılmıştır.



Şekil 1: Test bölgesi üzerinde YKN dağılımları ve resim izdüşün nokta konumları.

Doğruluk değerlendirmesi amacıyla YKN leri kapsayan 32 adet görüntü seçilmiştir. YKN lerin yerleşimlerini ve ilişkili

görüntüleri gösteren Şekil 2'de kırmızı üçgenler YKN leri, kırmızı ile yazılmış sayılar YKN numaralarını ve yeşil ile yazılmış sayılar ise görüntü numaralarını belirtmektedir. Şekilde sarı elipsler 4 YKN'li çözümde kullanılan yer kontrol noktalarını belirtmektedir.



Şekil 2: YKN noktaları ve ortofoto görüntülerin test alanındaki dağılımı.

Çalışmada kullanılan hava fotoğrafları, Harita Genel Komutanlığına ait sayısal hava kamerası, bir GPS alıcısı ve bir İnertiyel Ölçme Ünitesi (Inertial Measurement Unit - IMU) ile donatılmış uçak kullanılarak çekilmiştir. Test uçuşu, 1:25000 ölçekli topoğrafik harita üretimi için uygun fotoğraf ölçeği ve uygun yer örnekleme aralığı olacak şekilde planlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Görüntülerin yer örnekleme aralığı, bir başka ifade ile konumsal çözünürlüğü, 45 cm'dir. Uçak üzerinde resim çekimi için IGI AEROcontrol-II d IMU ve GPS alıcısı ile donatılmış Microsoft Ultracam X dijital hava kamerası kullanılmıştır (Şekil 3). Kamera ve IMU sistemine ait teknik özellikler sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 3: UltraCamX dijital hava kamerası ve bileşenleri (sol) ve AEROcontrol-II d IMU sistemi (sağ)

Pankromatik görüntü piksel boyutu	14430*9420 piksel
Pankromatik piksel boyutu	7.2 µm
Odak düzleminin fiziksel boyutları	103.9*67.8 mm
Pankromatik/Renkli Lens odak uzaklığı (üst), Lens açıklığı	100 mm / 33 mm 1/5.6 - 1/4.0
Ham görüntü boyutu	418 Mega Byte
Minimum resim çekme aralığı	1.35 saniye

Tablo 1 : M. Ultracam X hava kamerasının teknik özellikleri.

Konumlama [m]	< 0.1 (x,y) - < 0.2 (z)
Hız [m/s]	0.005
Roll/pitch açısı [°]	0.004
Heading açısı [°]	0.01
Drift [°/h]	0.1
Gürültü [°/h ^{1/2}]	0.02

Tablo 2: IGI AEROcontrol-IId IMU doğrulukları

Çalışmada dış yöneltme parametreleri daha öncede sözedildiği üzere 3 farklı veri grubu kullanılarak hesaplanmış ve daha sonra bu parametrelerle ortofotolar üretilmiştir. 1. durum için dış yöneltme parametreleri blok köşelerinde olmak üzere 4 YKN ve GPS/IMU verilerini kullanarak, 2. durum için dış yöneltme parametreleri blok içerisinde homojen dağılmış 14 YKN ve GPS/IMU verilerini kullanarak ışın demetleri blok dengelemesi yöntemiyle hesaplanmıştır. 3. durum da dış yöneltme parametreleri YKN kullanmaksızın yalnızca GPS ve IMU verilerinin prosesiyle elde edilmiştir. Çalışmanın daha sonraki bölümlerinde kolaylık olması açısından bu üç durum 1. durum, 2. durum ve 3. durum olarak adlandırılacaktır. Doğruluk değerlendirilmesinde 14 YKN nin jeodezik yöntemlerle belirlenmiş koordinatları referans kabul edilip, ortofoto görüntü koordinatlarından olan farkları incelenmiştir.

3. ORTOFOTO ÜRETİMİ VE DOĞRULUK ANALİZİ

Test uçuşu sonrasında, uçak üzerinde bulunan GPS verileri yerde bulunan uygun bir CORS-TR sabit GPS istasyonu verisi kullanılarak post-process kinematik yöntemiyle GraffNav yazılımı ile analiz edilmiş ve koordinatlar elde edilmiştir. Daha sonra AeroOffice programı ile GPS ve IMU verileri birleştirilmiş ve her bir resme ait dış yöneltme parametreleri elde edilmiştir. Burada, sayısal kamera sisteminin tedarik aşamasında gerçekleştirilen ilk test uçuşları sonrasında elde edilen boresight kalibrasyon değerleri kullanılmıştır.

GPS/IMU entegrasyonu ile elde edilen yöneltme elemanları, blok dengelemede başlangıç değeri olarak kullanılmıştır. 1. durum için GPS/IMU verileri ve blok köşelerindeki 4 YKN kullanarak bağlama noktaları Inpho Match-AT yazılımı ile otomatik olarak elde edilmiş ve blok dengelemesi yapılmıştır. 2. durum için, 1. duruma benzer şekilde, GPS/IMU verileri ve blok içerisindeki 14 YKN kullanarak bağlama noktaları Inpho Match-AT yazılımı ile otomatik olarak elde edilmiş ve blok dengelemesi yapılmıştır.

Elde edilen dengeleme sonuçları ile ortofoto görüntüler ERDAS yazılımı kullanılarak üretilmiştir. Her üç durum içinde arazi yükseklik hatası standart topoğrafik haritalardan üretilmiş 30*30 m çözünürlüklü DTED2 sayısal yükseklik modeli kullanılarak giderilmiştir.

Araştırılan üç durumda da 14 YKN nin görüntü koordinatları ERDAS yazılımı kullanılarak seçilen ortofoto görüntüler üzerinden dikkatlice ayrı ayrı ölçülmüştür. Doğruluk değerlendirilmesinde 14 YKN nin jeodezik yöntemlerle belirlenmiş koordinatları referans kabul edilip, ortofoto görüntü koordinatlarından olan farkları incelenmiştir.

Çalışmada ortofoto doğruluk değerlendirmesi için STANAG 2215 IGEO tarafından verilen formüller ve değerlendirme kriteri seçilmiştir.

STANAG-2215 (2010)' da yatay doğruluk analizine ilişkin formüller ve açıklamalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

$$\sigma_{cm} = \sqrt{\frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2}} \quad (1)$$

σ_{cm} : Referans kaynak ve test edilen ürün arasında ölçülen farkların dairesel standart sapması

σ_x, σ_y : sırasıyla X ve Y koordinat bileşenleri yönündeki standart sapmaları

σ_x ve σ_y aşağıdaki (2) denkleminde göre hesaplanmıştır.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (\delta X_i - \delta \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (\delta Y_i - \delta \bar{Y})^2}{n-1}}$$

Burada;

$\delta X_i, \delta Y_i$: X ve Y koordinat bileşenleri yönünde test edilen ürün üzerinde ölçülen değerler ile referans kaynaktan elde edilen gerçek değerleri arasındaki fark

$\delta \bar{X}, \delta \bar{Y}$: δX_i ve δY_i farklarının ait geometrik ortalama değerlerini

n : kontrol noktalarının sayısını ifade etmektedir.

Aritmetik ortalamalar, (3) ve (4) denklemleri yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\delta \bar{X} = \frac{\delta X_i}{n}, \quad \delta \bar{Y} = \frac{\delta Y_i}{n} \quad (3)$$

formüllerde geçen koordinat farkları;

$$\delta X_i = X_i^o - X_i^j \quad (i=1, \dots, n) \quad (4)$$

$$\delta Y_i = Y_i^o - Y_i^j$$

şeklinde hesaplanır. Burada,

X_i^o, Y_i^o : test edilen ürün üzerinde ölçülen koordinatları

X_i^j, Y_i^j : referans kaynaktan elde edilen koordinat değerlerini göstermektedir.

Bu çalışmada ortofoto görüntülerin doğrulukları jeodezik olarak ölçülmüş ve belirlenmiş koordinat değerleri referans alınarak değerlendirildiği için, ^o üst indisi koordinatların ortofoto görüntüden ölçüldüğü ve ^j üst indisi ise verilerin jeodezik yöntemlerden elde edildiği anlamına gelmektedir.

Eğer referans kaynakta mevcut olduğu bilinen anlamlı bir hata var ise, bu hatalar dikkate alınmalıdır. Bu gibi durumlarda iki farklı durum ile karşılaşılır,

a) Bir ürünü test etmenin yalnız yolu ürünü kaynak materyalini kullanmak ise, o zaman doğruluk testi derleme ya da veri çıkarım sürecinde doğruluğun azalmasını sebep olur. Ürünün doğruluğunu değerlendirmek için aşağıdaki formül uygulanmalıdır.

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_{cm}^2 + \sigma_{cr}^2} \quad (5)$$

Burada,

σ_c : Test edilen ürünlerdeki hataların dairesel standart sapması

σ_{cm} : Test edilen ürün ile referans kaynak arasında ölçülen koordinat farklarının dairesel standart sapması

σ_{cr} : Referans kaynaktaki hataların dairesel standart sapması

b) Tam tersine, test etmek için kullanılan referans ürün test edilecek üründen tamamen bağımsız ise, o zaman doğruluk testi test edilen ürünün hatası yanında referans kaynağın hatalarını da içeren bir sonuç verecektir. Ürünün doğruluğunu değerlendirmek için, aşağıdaki formül uygulanmalıdır.

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_{cm}^2 - \sigma_{cr}^2} \quad (6)$$

Dairesel harita doğruluk standardı (Circular Map Accuracy Standard-CMAS) %90 güven seviyesinde (7) formülüne göre hesaplanmaktadır.

$$CMAS_{\%90} = 2.146 \cdot \sigma_c \quad (7)$$

Burada verilen tüm formüller sadece ortalama değerin yansız olması durumunda geçerlidir

4. UYGULAMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

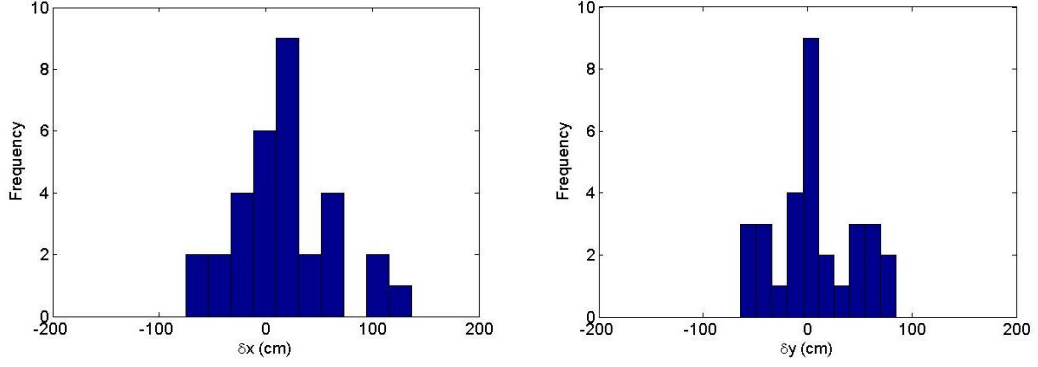
Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da sırasıyla 1. durum, 2. durum ve 3. durum'a ilişkin elde edilmiş hataların histogramlarını göstermektedir. Tablo 3, X ve Y koordinat bileşenleri yönünde ki farkların standart sapmasını ve ortalamasını, dairesel standart sapma ve %90 güven seviyesindeki CMAS değerlerini göstermektedir. Tablo 3, daha kolay yorumlanabilmesi için sistematik ve rastgele hata olmak üzere iki ana kategoriye ayrılarak düzenlenmiştir.

Tablo 3'den görüldüğü üzere 1. ve 2. durum için farkların ortalamasının sıfıra yakın değerler olduğu görülebilir. Fakat 3. durum için Y bileşenine ait farkların ortalaması sıfıra yakın değildir. Şekil 6'dan da görüldüğü üzere Y yönündeki hatalar + ve - yönlerde eşit dağılmamış, genellikle hatalar - yönde yığılmıştır. Bu durum, Y yönünde her hangi bir sebepten dolayı sistematik bir hatanın olabileceğini işaret etmektedir.

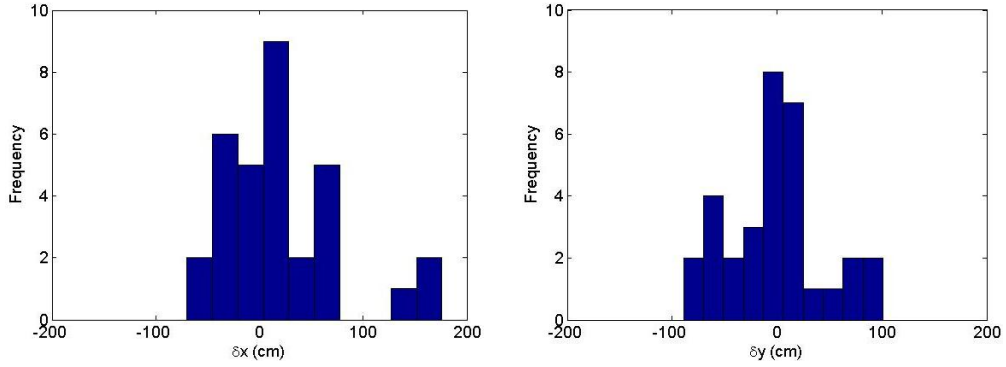
1. durum için Şekil 4'den de görüldüğü üzere koordinat bileşenleri yönündeki hatalar incelendiğinde hataların genelde $\pm$ olarak eşit dağıldığı ve sistematik bir hatanın olmadığı gözlenmektedir. Dairesel Hata 0.44 m olup CMAS değerinin 0.94 m olduğu görülmektedir(Tablo 3).

2. durum için Şekil 5'den görüldüğü üzere koordinat bileşenleri yönündeki hatalar incelendiğinde hataların genelde 1.duruma benzer şekilde $\pm$ olarak eşit dağıldığı ve sistematik bir hatanın olmadığı gözlenmektedir. Dairesel Hata 0.51 m olup CMAS değerinin 1.10 m olduğu görülmektedir(Tablo 3).

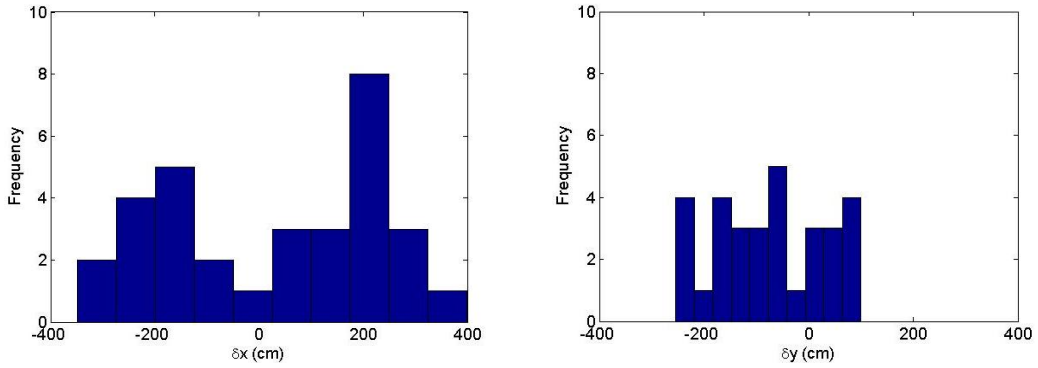
3. durum için Şekil 6'dan görüldüğü üzere koordinat bileşenleri yönündeki farklar incelendiğinde farkların özellikle δy yönünde $\pm$ olarak eşit dağılmadığı ve bir sistematikliğin olduğu gözlenmektedir. δy ve δx nin standart sapmaları incelendiğinde δx farklarının standart sapması σ_x , δy farklarının standart sapması σ_y den 2 kat daha büyüktür. Bu durum uçuş yönündeki hatanın daha fazla olduğu anlamına gelmektedir. Dairesel Hata 1.70 m olup CMAS değerinin 3.66 m olduğu görülmektedir(Tablo 3).



Şekil 4: 4 YKN 'li çözümünden elde edilen hataların histogramı (1. Durum).



Şekil 5: 14 YKN 'li çözümünden elde edilen hataların histogramı (2. Durum)



Şekil 6: GPS/IMU çözümünden elde edilen hataların histogramı (3. Durum)

	Sistemik hata(m)		Rastgele hata(m)			
	X yönündeki ortalama fark	Y yönündeki ortalama fark	X yönündeki standart sapma	Y yönündeki standart sapma	Dairesel standart sapma	%90 güven aralığında hesaplanan CMAS
(1.Durum) 4 YKN	0.17	0.07	0.48	0.39	0.44	0.94
(2. Durum) 14 YKN	0.22	-0.01	0.55	0.47	0.51	1.10
(3. Durum) GPS/IMU	0.29	-0.72	2.15	1.09	1.70	3.66

Tablo 3. Doğruluk analiz sonuçları

5. SONUÇLAR

Çalışma sonuçlarına göre, her üç durumda üretilen ortofotoların mutlak doğrulukları(Circular Map Accuracy Standard-CMAS değerleri) %90 güven seviyesinde sırasıyla, GPS/IMU+4 YKN için 0.9 m, GPS/IMU+14 YKN için 1.1

m ve GPS/IMU için 3.7 m bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, GPS/IMU+4 YKN ve GPS/IMU+14 YKN çözümlerine dayalı oluşturulan ortofoto konumsal doğruluklarının benzer olduğu ve böylelikle bloğun 4 köşesinde bulunan YKN noktalarının kullanımının marjinal ortofoto doğruluğunun sağlanmasında yeterli olduğu daha

fazla sayıda YKN nin çözümü dahil edilmesinin doğruluğun artmasında etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Sonuçlar, GPS/IMU ile doğrudan coğrafi konumlandırma ile üretilen ortofotoların doğruluklarının YKN kullanılarak blok dengeleme sonuçlarına dayalı üretilen ortofotoların doğruluklarından 3 kat daha düşük olduğunu göstermiştir. Fakat 3-5 m seviyelerinde ortofoto doğruluğunun yeterli olduğu uygulamalarda, öncesinde Borelight gibi gerekli kalibrasyonların yapılmış olması halinde GPS/IMU ile doğrudan coğrafi konumlandırmanın fotogrametrik nirengi yöntemine göre daha hızlı, ekonomik ve yeterli olduğu sonucuna ulaşılmıştır

Birinci ve ikinci durum için sistematik ve rastgele hatalar kabul edilebilir niteliktedir, fakat üçüncü durum için Y yönündeki sistematik hata ile X ve Y yönlerindeki rastgele hatalar arasındaki farkın nedeni test alanı içerisinde koordinatları jeodezik yöntemlerle belirlenmiş daha fazla nokta dahil edilerek araştırılabilir. Bu araştırmanın bulgularını doğrulamak ve ortaya çıkan sorulara cevap bulmak için ilave çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu yüzden, aynı test alanı içinde ya da farklı bir test bölgesinde daha fazla kontrol noktası kullanılarak, örneğin mozaik görüntü üzerinden seçilen ve koordinatları GNSS ile CORS-TR kullanılarak RTK yöntemiyle ölçülebilen noktalar kümesi ile, gelecek bir çalışma yapılması planlanmıştır. Böylelikle, istatistiksel açıdan daha güçlü sonuçlar bulunabilecektir.

6. KAYNAKLAR

Ayhan, E., Akar, Ö.E., Uzun, S., Dilaver, A., Kansu, O., Analysis of Digital Data Obtained from Raster and Vector Maps, Journal of Surveying Engineering, 137(2), 65-69, (2011)

D. Li, J. Gong, Y. Guan and C. Zhang, "Accuracy analysis of digital orthophotos", International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 36, pp. 241-244, (2002)

Imai, Y., Akamatsu, Y., Mori, M., Shirai, N., Maruya, M., Ohyama, H., An Accuracy Assessment of DSMS and Orthophotos Derived From ALOS/PRISM and Their Availability in Forestry, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 371, pp. 1021-1026, (2008)

Liu, X., Zhang, Z., Ground Truth Extraction from LiDAR Data for Image Orthorectification, 2008 International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications, (2008)

Mikhail, E.M., Bethel, J.S., McGlone J.C., Introduction to Modern Photogrammetry, John Wiley & Sons, Inc., (2001)

O'Hara, C., Cary, T., Schuckman, K., Integrated Technologies for Orthophoto Accuracy Verification and Review, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 76, 1097-1103, (2010)

STANAG 2215 IGEO (Edition 7)- Evaluation of Land Maps, Aeronautical Charts and Digital Topographic Data, (2010)

Zhu, L., Umakawa, H., Guan, F., Tachibana, K., Shimamura, H., Accuracy Investigation of Orthophotos Obtained From High Resolution Satellite Stereo Pairs, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 371, pp. 1145-1148, (2008)

Kıracı, A.C., Yılmaz, A., Eker, O., Maraş, H.H., İşcan, L., Hava Fotoğraflarının Yöneltilmesinde GPS/IMU ile Doğrudan Coğrafi Konumlandırma Doğruluğunun Araştırılması, TUFUAB 2011, (2011)

Kıracı A.C. ve Karşlıoğlu A., Havadan Alınan Sayısal Görüntülerin Doğrudan Yöneltilmesi ve Ortorektifikasyonu, Harita Dergisi, Sayı 142, 32-39 sf., (2009)

Yastıklı N., Algılama Sistemlerinin Doğrudan Yöneltilmesi, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, sayı 90, 5-11 sf, (2004)

7. TEŞEKKÜR

Bu çalışma birinci yazarın askerlik görevini yedek subay (Meslek Kurası) olarak Harita Genel Komutanlığı, Fotogrametri Dairesi, Uzaktan Algıla Şubesinde icra ettiği dönemde gerçekleştirmiştir. Yazarlar, Harita Genel Komutanlığına çalışmanın sonuçlarının bilimsel etkinliklerde yayınlanmasına izin verdiği ve teşvik ettiği için teşekkürü bir borç bilir.