

TARİHİ HAVA FOTOĞRAFLARINDAN ORTOFOTO ÜRETİMİ

A. Yılmaz^{a,*}, O. Fırat^a, A. Çam^a, M. Özçalık^a

^a Harita Genel Komutanlığı, 06100 Dikimevi Ankara - (altan.yilmaz, orhan.firat, ahmet.cam, murat.ozcalik)@hgk.msb.gov.tr

ANAHTAR KELİMELER: Hava Fotoğrafı, İç Yönelme, Dış Yönelme, Görüntü Eşleme, Ortofoto, Mozaikleme

ÖZET:

Tarihi hava fotoğrafları bir ülkenin kadastral ve topoğrafik hafızasını oluşturmaktadır. Harita Genel Komutanlığı hava fotoğrafı arşivinde, Türkiye'nin 1939 yılından günümüze kadar çeşitli özelliklerde çekilmiş yaklaşık 1.500.000 adet hava fotoğrafı saklanmaktadır. Hava fotoğrafı rulolarının yer aldığı klasik arşivin sayısal arşive dönüştürülmesi maksadıyla gerçekleştirilen hava fotoğrafı taraması işleminin üç yıl içerisinde tamamlanması planlanmaktadır. 2000 yılı öncesinde delgi noktası kullanmak suretiyle klasik fotogrametrik nirengi yöntemi uygulandığından, hava fotoğraflarına ait dış yönelme parametreleri mevcut değildir. Ayrıca, 1970'li yıllar öncesindeki hava fotoğraflarının iç yönelme için gerekli kamera kalibrasyon raporları da genellikle bulunmamaktadır. Günümüz coğrafi bilgi sistemlerinde artan coğrafi altlık ihtiyacına cevap vermek, aynı yere ait farklı tarihlerdeki görüntüyü aynı anda görebilmek maksadıyla eski tarihli hava fotoğraflarının da yönelme işlemlerinin yapılarak ortofotolarının üretilmesi bir ihtiyaçtır. Klasik yöntemle ortofoto üretiminin her aşamasında operatör müdahalesi gerektiği için çok zaman almaktadır. Üretim süreçlerini kısaltmak, arşivde bulunmayan veya yetersiz iç yönelme parametreleriyle hava fotoğraflarını yönlendirmek için PCI Geomatica yazılımının yarı otomatik yöntemle çalışan Tarihi Hava Fotoğrafı İşleme (HAP-Historical Airphoto Process) eklentisi kullanılmıştır. Yazılım, referans ortofoto ve sayısal yükseklik modelinden yer kontrol noktalarını otomatik olarak bulmakta; sonuçları da iki veya üç iterasyonla iyileştirmektedir. Bu çalışmada, PCI Geomatica HAP yazılımı ile İstanbul ilinin 1946, 1954, 1972, 1993 ve Ankara ilinin 1975, 1991, 1999 yıllarına ait hava fotoğraflarından ortofotoları üretilmiştir. Ortofoto üretiminde her iki il için referans ortofoto olarak 2011 yılı ortofotoları kullanılmıştır. Üretilen ortofotoların referans ortofotoya göre doğruluklarının %90 güven aralığında ± 5 m ile ± 8 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kullanılan yöntemle ortofoto üretiminin, operatör müdahalesiyle gerçekleştirilen klasik yöntemle göre üç kat daha hızlı olduğu görülmüştür. Bir personelin günde yaklaşık 100 adet arşiv hava fotoğrafına ait yönelme işlemlerini gerçekleştirebildiği düşünülürse, 10 personel ve gerekli yazılım ve donanımlarla hava fotoğrafı arşivinde saklanan yaklaşık 1.500.000 adet hava fotoğrafından ortofoto üretiminin yaklaşık altı yılda gerçekleştirilebileceği değerlendirilmektedir.

* Corresponding author. This is useful to know for communication with the appropriate person in cases with more than one author.

1. GİRİŞ

Harita Genel Komutanlığı hava fotoğrafı arşivinde, 1939 yılından günümüze kadar çeşitli özelliklerde çekilmiş yaklaşık 6.400 adet hava fotoğrafı film rulosu mevcuttur. Her bir rulo 250 adet hava fotoğrafı içermekte olup arşivde yaklaşık 1.500.000 adet hava fotoğrafı saklanmaktadır. Hava fotoğrafı rulolarının yer aldığı klasik arşivin sayısal arşive dönüştürülmesi amacıyla tarama işlemlerine 2008 yılında başlanmıştır. 2012 yılı sonu itibarıyla, 6.400 adet rulo filmden 1.800 adedi taranmıştır. 2013 yılı başında üç adet yeni tarayıcı temin edilerek mevcut tarayıcı sayısı beş adetten sekiz adete çıkarılmıştır. Tarama kapasitesinin artırılması ile birlikte, hava fotoğrafı arşivinin üç yıl içerisinde taranması planlanmaktadır.

Günümüz coğrafi bilgi sistemlerinde artan coğrafi altlık ihtiyacına cevap vermek, aynı yere ait farklı tarihlerdeki görüntüyü aynı anda görebilmek amacıyla eski tarihli hava fotoğraflarının ortofotolarının üretilmesi gerekmektedir. Söz konusu ortofotoların klasik yöntemle üretilmesi durumunda, üretimin her aşamasında operatör müdahalesi gerekeceği için bu işlem çok zaman alıcı olmaktadır. Özellikle detay yapısı değişen arazi kesimlerinde referans ortofotolardan klasik yöntemle yer kontrol noktası seçimi en çok zaman alan süreci oluşturmaktadır.

Üretim süreçlerini kısaltmak, arşivde bulunmayan veya yetersiz

PCI Geomatica yazılımının HAP eklentisi ile Harita Genel Komutanlığı arşivinde bulunan arşiv hava fotoğraflarından yarı otomatik yöntemlerle ortofoto üretilebilirliğinin, üretimin etkinliğinin, üretilen ortofotoların kalite ve doğruluğunun test edilmesi amacıyla Ankara ve İstanbul illerinde bir uygulama gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar bu çalışmada sunulmuştur.

2. ARŞİV HAVA FOTOĞRAFLARINDAN ORTOFOTO ÜRETİM YÖNTEMİ VE İŞ AKIŞI

Harita Genel Komutanlığı arşivinde bulunan tarihi hava fotoğraflarından; 2000 yılı öncesine ait olanların büyük kısmının dış yöneltme parametreleri ve 1970'li yıllar öncesindeki hava fotoğraflarının ise iç yöneltme parametreleri mevcut değildir. Bunun nedeni, 2000 yılı öncesinde delgi noktası kullanmak suretiyle klasik fotogrametrik nirengi yöntemi uygulanması ve 1970'li yıllar öncesindeki hava fotoğraflarının kamera kalibrasyon raporlarının bulunmamasıdır.

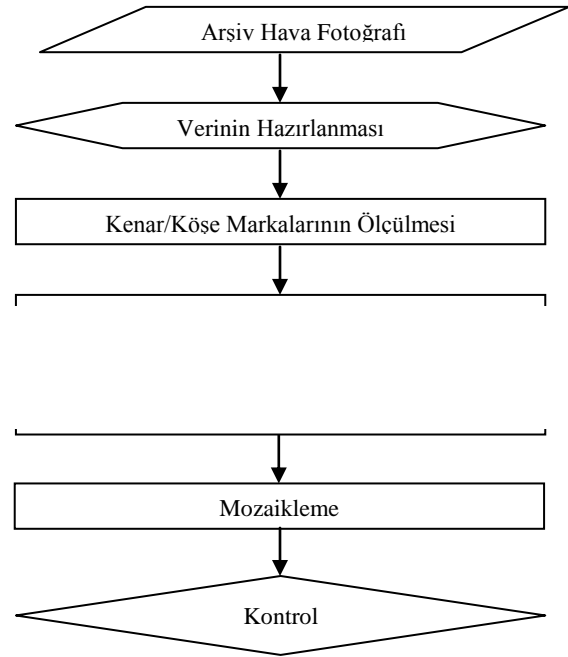
Arşiv hava fotoğraflarının kamera kalibrasyon parametreleri bulunmadığından, iç yöneltme parametrelerinin tespit edilmesi gerekmektedir. İç yöneltme parametrelerinden odak uzaklığı bilinmekle birlikte, fotoğraf orta noktasının konumunun tespit edilmesi için fotoğraf kenar/köşe markalarının fotoğraf koordinat sistemindeki konum bilgilerinin ölçülmesi ve iç yöneltme işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

İç yöneltme işleminin ardından fotoğraf koordinatları ile arazi koordinat sistemi arasındaki dönüşümün gerçekleştirilebilmesi için dış yöneltme parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu maksatla her bir fotoğraf için yeter miktarda Yer Kontrol Noktası (YKN) ve Fotoğraf Bağlama Noktası (BN) ölçülmelidir. Arşiv hava fotoğraflarından üretilen

ortofotoların beklenen doğrulukları göz önüne alındığında, YKN ölçümünün arazide yapılması yerine, doğruluğu yüksek güncel ortofoto görüntülerin referans kabul edilmesi suretiyle bu görüntüler üzerinden yapılması gerek maliyet, gerek zaman gerekse kolaylık açısından daha uygundur.

İç ve dış yöneltme parametrelerinin belirlenmesinden sonraki işlem adımları, güncel hava fotoğraflarından ortofoto üretilmesi işlem adımları ile aynıdır. Her bir fotoğraftan ortofoto üretildikten sonra elde edilen ortofotolar mozaiklenir ve sonuç ürün olan mozaik referans görüntü ile ya da bağımsız kontrol noktaları ile test edilir.

Yukarıda açıklanan işlem adımlarını gösteren İş Akış Şeması Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Arşiv Hava Fotoğraflarından Ortofoto Üretimi İş Akışı.

3. ARŞİV HAVA FOTOĞRAFLARINDAN ORTOFOTO ÜRETİM TESTİ

Harita Genel Komutanlığı hava fotoğrafı arşivinde bulunan arşiv hava fotoğrafları kullanılarak, yarı otomatik yöntemlerle ortofoto üretilebilirliğinin test edilmesi amacıyla İstanbul ilinin 1946, 1954, 1972 ve 1993 ve Ankara ilinin 1975, 1991 ve 1999 yıllarına ait arşiv hava fotoğraflarından ortofotolar üretilmiştir.

Ortofoto üretimi esnasında ihtiyaç duyulan Yer Kontrol Noktalarının toplanması amacıyla her iki il için de, 2011 yılında UltraCam X sayısal hava kamerası ile çekilen 45 cm yer örnekleme aralığına (nominal) sahip renkli sayısal hava fotoğraflarından üretilen en güncel ortofotolar referans kabul edilmiştir.

Ortofoto üretiminde ihtiyaç duyulan Sayısal Arazi Modeli (SAM) olarak, hâlihazırda güncel ortofoto üretiminde kullanılmakta olan Sayısal Arazi Yükseklik Verisi-2 (Digital Terrain Elevation Data, DTED-2) kullanılmıştır.

Ortofoto üretiminde izlenen yol aşağıda detaylı biçimde açıklanmıştır.

3.1 Veri Hazırlama İşlemi

Arşiv fotoğraflarından ortofoto üretiminde kullanılması zorunlu olan bilgilerden; rulo ve fotoğraf numaraları, fotoğraf yılı, fotoğraf orta noktası yaklaşık koordinatları, odak uzaklığı, ölçek ve fotoğraf boyutu tespit edilmelidir.

Tespit edilen söz konusu bilgiler sayısal ortama aktarılarak ilgili metaveri dosyası hazırlanmalıdır (Şekil 2).

ROLL_NUMBER	PHOTO_NUMBER	ROLL_NUMBER	PHOTO_NUMBER	MAPL_DATE	YEAR	MONTH	DAY	PROVINCE	KTS	MAP_X	NO_Y	NO_X
1	2798	4135	27984135		1973	01	01	İSTANBUL				
2	2798	4136	27984136		1973	01	01	İSTANBUL				
3	2798	4137	27984137		1973	01	01	İSTANBUL				
4	2798	4138	27984138		1973	01	01	İSTANBUL				
5	2798	4139	27984139		1973	01	01	İSTANBUL				
6	2798	4176	27984176		1973	01	01	İSTANBUL				
7	2798	4177	27984177		1973	01	01	İSTANBUL				
8	2798	4178	27984178		1973	01	01	İSTANBUL				
9	2798	4179	27984179		1973	01	01	İSTANBUL				
10	2798	4180	27984180		1973	01	01	İSTANBUL				
11	2798	4181	27984181		1973	01	01	İSTANBUL				
12	2798	4182	27984182		1973	01	01	İSTANBUL				
13	2798	4183	27984183		1973	01	01	İSTANBUL				
14	2798	4311	27984311		1973	01	01	İSTANBUL				
15	2798	4312	27984312		1973	01	01	İSTANBUL				
16	2798	4313	27984313		1973	01	01	İSTANBUL				
17	2798	4314	27984314		1973	01	01	İSTANBUL				
18	2798	4315	27984315		1973	01	01	İSTANBUL				
19	2798	4316	27984316		1973	01	01	İSTANBUL				
20	2798	4317	27984317		1973	01	01	İSTANBUL				
21	2798	4318	27984318		1973	01	01	İSTANBUL				
22	2798	4319	27984319		1973	01	01	İSTANBUL				
23	2798	4320	27984320		1973	01	01	İSTANBUL				
24	2798	4321	27984321		1973	01	01	İSTANBUL				
25	2798	4322	27984322		1973	01	01	İSTANBUL				
26	2798	4323	27984323		1973	01	01	İSTANBUL				
27	2798	4324	27984324		1973	01	01	İSTANBUL				
28	2798	4325	27984325		1973	01	01	İSTANBUL				
29	2798	4326	27984326		1973	01	01	İSTANBUL				
30	2798	4327	27984327		1973	01	01	İSTANBUL				
31	2798	4328	27984328		1973	01	01	İSTANBUL				
32	2798	4329	27984329		1973	01	01	İSTANBUL				
33	2798	4330	27984330		1973	01	01	İSTANBUL				
34	2798	4331	27984331		1973	01	01	İSTANBUL				
35	2798	4332	27984332		1973	01	01	İSTANBUL				
36	2798	4333	27984333		1973	01	01	İSTANBUL				
37	2798	4334	27984334		1973	01	01	İSTANBUL				
38	2798	4335	27984335		1973	01	01	İSTANBUL				
39	2798	4336	27984336		1973	01	01	İSTANBUL				
40	2134	5137	21345137		1970	01	01	ANKARA				
41	2134	5138	21345138		1970	01	01	ANKARA				

Şekil 2. Örnek Metaveri dosyası.

Proje kapsamındaki farklı uygulamalar için kullanılan fotoğraf sayıları ile veri hazırlama aşamasında harcanan süreler Tablo 1'de sunulmuştur.

Fotoğraf Çekim Yılı	Fotoğraf Sayısı	Harcanan Süre
İSTANBUL-1946	122	2 saat
İSTANBUL-1954	117	2 saat
İSTANBUL-1972	90	2 saat
İSTANBUL-1993	87	1.5 saat
ANKARA-1975	69	1.5 saat
ANKARA-1991	73	1.5 saat
ANKARA-1999	80	2 saat

Tablo 1. Projede Kullanılan Fotoğraf Sayıları ve Veri Hazırlama Aşamasında Harcanan Süreler.

3.2 Fotoğrafların Kenar/Köşe Markalarının Ölçülmesi

Yukarıda açıklandığı üzere, proje kapsamında kullanılan kameralara ait kamera kalibrasyon bilgileri olmadığından fotoğrafların iç yöneltmesinin otomatik olarak yapılması olanaklı değildir. Bu durumda kameranın odak uzaklığının bilinmesi koşuluyla fotoğraf kenar/köşe markalarının ölçülmesi suretiyle iç yöneltme parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

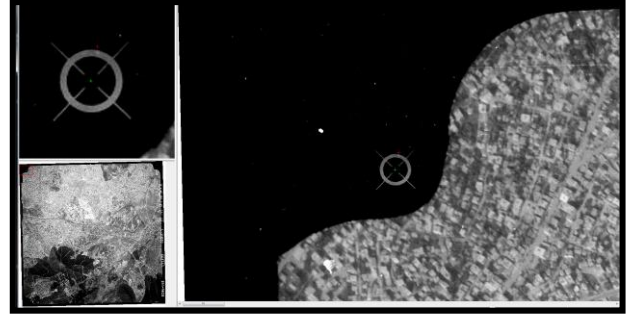
PCI Geomatica HAP yazılımında bu amaç için bir algoritma geliştirilmiştir (Şekil 3). Bu algoritma ile bir fotoğrafa ait kenar/köşe markalarının elle ölçülmesi suretiyle proje kapsamındaki diğer tüm fotoğrafların kenar/köşe markalarının otomatik olarak ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu aşamada bir projede kullanılan her bir fotoğrafın kenar/köşe markalarının

sayısı ve fotoğraftaki yeri (kenar, köşe veya hem kenar hem köşe) özdeş olmalıdır.

Bu aşamada, yıpranmaya bağlı olarak arşiv hava fotoğraflarının bir kısmının kenar/köşe markalarının silik ya da yarım olmasından dolayı, yıpranma miktarıyla orantılı olarak bazı fotoğrafların kenar/köşe markaları otomatik olarak ölçülememiştir. Bu gibi durumlarda kenar/köşe markaları otomatik olarak ölçülemeyen fotoğrafların eksik kenar/köşe markalarının elle ölçülmesi zorunlu olmuştur.

Proje kapsamında kullanılan fotoğrafların köşe markalarının otomatik olarak ölçülebilir durumları ile bu aşamada harcanan süreler Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2 incelendiğinde İstanbul ili için yapılan uygulamada 1946 yılına ait fotoğraflardan % 5'inin, 1954 yılına ait fotoğraflardan %96'sının, 1972 yılına ait fotoğraflardan %82'sinin, 1993 yılına ait fotoğraflardan ise %66'sının dört köşe markası da otomatik olarak ölçülebilmiş, geriye kalan fotoğraflarda ise en az bir köşe markası elle ölçülmüştür. Ankara ili için yapılan uygulamada ise 1975 yılına ait fotoğraflardan % 75'inin, 1991 yılına ait fotoğraflardan %89'unun, 1999 yılına ait fotoğraflardan %85'inin dört köşe markası da otomatik olarak ölçülebilmiş, geriye kalan fotoğraflarda ise en az bir köşe markası elle ölçülmüştür. Köşe markalarının otomatik ölçülebilir oranlarındaki farklılığın, fotoğrafların yıpranma durumu ile orantılı olduğu değerlendirilmektedir.



Şekil 3. PCI Geomatica HAP Yazılımı Köşe Markası Ölçme Algoritması.

Fotoğraf Çekim Yılı	Fotoğraf Sayısı	Köşe Markaları Otomatik Ölçülen Fotoğraf Sayısı	Köşe Markaları Elle Ölçülen Fotoğraf Sayısı	Harcanan Süre
İST-1946	122	6	116	2 saat
İST-1954	117	112	5	10 dakika
İST-1972	90	75	15	30 dakika
İST-1993	87	57	30	50 dakika

ANK-1975	69	52	17	35 dakika
ANK-1991	73	65	8	12 dakika
ANK-1999	80	68	12	30 dakika

Tablo 2: Otomatik Kenar/Köşe Markası Ölçülebilme Durumu ve Bu Aşamada Harcanan Süreler.

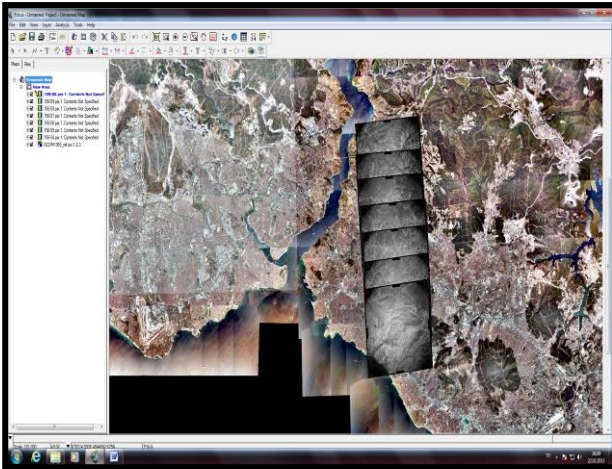
3.3 Geçici Ortofoto Oluşturma, Yönelme ve Mesafe Kontrolü

Bu aşamada, başlangıçta oluşturulan metaveri dosyasına girilen fotoğraf orta noktalarının koordinatlarından yararlanarak fotoğraflar yaklaşık olarak yöneltilmekte ve geçici ortofotolar oluşturulmaktadır. Geçici ortofotolar iki amaç için kullanılmaktadır.

Birinci amaç; yaklaşık olarak yöneltilen fotoğrafların çekildikleri esnadaki uçuş doğrultusunu ifade eden kappa açısının doğru olup olmadığıdır. Yazılım tarafından, kappa açısı, fotoğrafın tarama sırasında tarayıcıya yerleştirilme yönüne bağlı olarak olması gereken değerinden 90, 180 ya da 270 derece farklı algılanabilmektedir. Bu aşamada yapılan kontrolde kappa açısının doğru olup olmadığı kontrol edilir. Kappa açısının doğru olmadığı anlaşılırsa, değer ne kadar değiştirilmesi (90, 180, 270 derece) gerektiği tespit edilir.

İkinci amaç ise, bir detayın geçici ortofotodaki konumu ile aynı detayın referans ortofotodaki konumu arasındaki mesafenin ölçülmesi suretiyle geçici ortofotoların doğruluğu hakkında, diğer bir ifade ile başlangıçta belirlenen fotoğraf orta noktaları yaklaşık koordinatlarının doğruluğu hakkında fikir sahibi olunmasıdır. Ölçülen bu değerler, YKN toplanması aşamasında, arşiv fotoğraflarındaki bir pikselin karşılığının referans ortofotoda aranması işleminde arama yarıçapı olarak kullanılacaktır (Şekil 4).

Projenin bu aşamasında harcanan süreler ait bilgiler Tablo 3'de yer almaktadır.



Şekil 4. Geçici Ortofoto Oluşturma ve Referans Ortofoto Kullanarak Yönelme ve Mesafe Kontrolü.

Fotoğraf Çekim Yılı	Fotoğraf Sayısı	Harcanan Süre
İST-1946	122	1.5 saat
İST-1954	117	1.5 saat

İST-1972	90	1 saat
İST-1993	87	1.5 saat
ANK-1975	69	1 saat
ANK-1991	73	1.5 saat
ANK-1999	80	1.5 saat

Tablo 3. Geçici Ortofoto Oluşturma ve Kontrol Aşamasında Harcanan Süreler.

3.4 Otomatik Yer Kontrol Noktası ve Bağlama Noktası Toplama

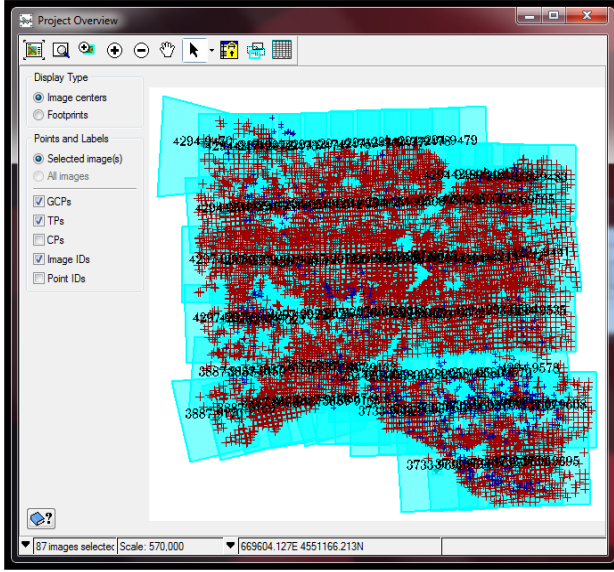
Fotoğrafların kappa açısı değerleri düzeltildikten ve geçici ortofotoların doğrulukları belirlendikten sonra projenin bu aşamasında, proje bölgesine ait referans ortofoto ve DTED-2 sayısal yükseklik modeli kullanılarak PCI Geomatica HAP yazılımı ile her bir fotoğrafta otomatik olarak YKN ve BN toplanması hedeflenmiştir (Şekil 5).

Bu işlem için geliştirilen PCI Geomatica HAP yazılımı algoritması kullanıcı tarafından girilen çeşitli parametreleri esas alarak çalışmaktadır. Bu parametrelere bazıları görüntü eşlemede kullanılacak olan yöntem, esas alınacak arama yarıçapı, arama sonlandırma seviyesi (eşik değeri), kabul edilebilir konum doğruluğu ve benzeridir.

Otomatik YKN ve BN toplama işlemi, iterasyonlu olarak iki veya üç aşamada icra edilmektedir. Birinci aşama, yukarıda sayılan parametrelerin daha esnek tutulduğu ve "kaba" yönelme aşamasıdır. Bu aşamadan sonra operatör tarafından her bir fotoğrafta toplanan YKN ve BN'ler sayı ve dağılım yönünden kontrol edilmelidir. İhtiyaç olması durumunda hassas yönelme öncesinde ilave YKN ve BN'ler elle toplanabilir. Bu aşamada, fotoğrafların 100 m ve altında bir doğrulukla yöneltilmesi yeterlidir. Kaba yönelme aşaması gerekmesi durumunda iki kez uygulanabilir.

Son aşama ise "kaba" yönelmede elde edilen yönelme parametreleri kullanılarak, daha küçük tolerans değerleri ile görüntü eşleme işleminin gerçekleştirildiği ve nihai sonucun alındığı "hassas" yönelme aşamasıdır. Bu aşamada operatör tüm fotoğrafların yeterli sayıda ve dağılımda YKN ve BN'ye sahip olduğundan emin olmalıdır.

YKN ve BN toplanması işleminde kullanılan ve görüntü eşleminin başarı ve performansını doğrudan etkileyen parametrelere karar verilmesi, elde edilen sonuçların yorumlanması ve optimum sonucun elde edilmesi operatörün bilgi ve tecrübesi ile ilişkilidir. Ayrıca, proje alanında belirlenen birkaç fotoğraf kullanılarak uygulanacak parametrelere karar verilmesi, kısa süre içerisinde doğru sonuca ulaşılması bakımından önemlidir.



Şekil 5. Otomatik YKN (kırmızı semboller) ve BN (mavi semboller) Toplama.

Bu aşamada dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise aynı bölgenin birden fazla farklı yıla ait arşiv hava fotoğrafı olması durumunda, her bir yıl için güncel ortofoto referans alınabileceği gibi güncel ortofoto sadece en yeni tarihli arşiv hava fotoğraflarından ortofoto üretiminde referans alınabilir. İkinci durumda belirtilen en yeni tarihli arşiv hava fotoğraflarından üretilen ortofotolar, yeniden eskiye doğru gidildiğinde gelen bir sonraki yılın arşiv hava fotoğraflarından ortofoto üretiminde referans ortofoto kabul edilebilir ve işleme bu şekilde en eski tarihli arşiv hava fotoğrafından ortofoto üretilinceye kadar devam edilebilir. Bu sayede görüntü eşleme işlemi, aralarında daha az zaman farkı olan arşiv fotoğrafları ve referans ortofotolar arasında gerçekleştirilecek ve otomatik YKN aşamasında daha fazla sayıda nokta bulunması sağlanmış olacaktır. Bununla birlikte her bir aşamada üretilen ortofoto doğruluğu, hata yayılma yasasından dolayı azalacaktır. Bu noktada referans ortofoto seçiminde, performans/doğruluk analizi göz önünde tutularak yukarıda açıklanan iki alternatiften birisine karar verilmelidir.

Bu proje kapsamında İstanbul ve Ankara illerinde gerçekleştirilen çalışmalarda, PCI Geomatica HAP yazılımının otomatik YKN ve BN toplama modülü ile tüm fotoğraflarda yeterli sayıda YKN ve BN toplanması olanaklı olmadığından, bazı fotoğraflarda elle YKN ve BN toplanması zorunlu olmuştur. Bu işlem aşağıda açıklanmıştır.

Örnek proje kapsamında otomatik YKN ve BN toplama aşamasında harcanan süreler Tablo 4'te sunulmuştur.

Fotoğraf Çekim Yılı	Toplam Fotoğraf Sayısı	Otomatik YKN Toplanabilen Fotoğraf Sayısı	Otomatik BN Toplanabilen Fotoğraf Sayısı	Harcanan Süre
İST-1946	122	92	50	4 saat
İST-1954	117	90	45	4 saat
İST-1972	90	65	30	2 saat
İST-1993	87	70	32	1.5 saat
ANK-1975	69	54	24	2 saat

ANK-1991	73	53	30	1.5 saat
ANK-1999	80	76	34	3 saat

Tablo 4. Otomatik YKN ve BN Toplama Aşamasında Harcanan Süreler.

3.5 Elle Yer Kontrol Noktası ve Bağlama Noktası Toplama

Otomatik YKN toplanmasındaki başarı oranı;

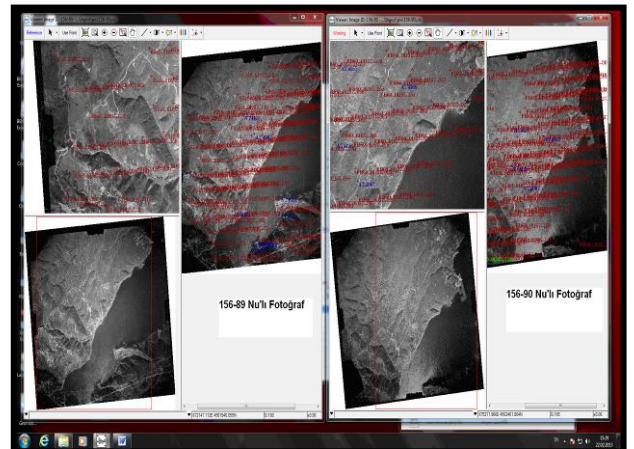
- Ortofoto üretiminde kullanılan arşiv hava fotoğrafı ile referans olarak alınan ortofoto arasındaki zaman farkının fazla olduğu ve buna bağlı olarak söz konusu iki görüntü arasındaki detay değişiminin fazla olduğu durumlarda,
- Arşiv fotoğraflarında çizik ve yıpranma oranının fazla olduğu durumlarda,
- Operatör tarafından belirlenen ve görüntü eşlemede kullanılacak olan yöntem, esas alınacak arama yarıçapı, arama sonlandırma seviyesi ve kabul edilebilir konum doğruluğunun uygun belirlenmediği durumlarda azalmaktadır.

Otomatik BN toplanmasındaki başarı oranı ise;

- Girilen parametre değerlerinin uygunluğuna,
- Arşiv fotoğraflarında çizik ve yıpranma oranının fazla olduğu durumlarda,
- Başlangıçta belirlenen fotoğraf orta noktası yaklaşık koordinatlarının göreceli doğruluğuna bağlıdır.

Yukarıda sayılan nedenlerden dolayı otomatik YKN ve BN toplama işlemi sonucunda YKN ve BN toplanamaması ya da yetersiz sayıda toplanması durumlarında, her aşama sonrasında referans ortofotodan YKN ve komşu fotoğraflardan BN toplanması işleminin elle gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Şekil 6).

Elle YKN ve BN toplanması aşamadaki işlem süresi, YKN ve BN toplanacak fotoğraf sayısına bağlı olmakla birlikte; bu aşama projenin en uzun süren aşamasıdır. Bu aşamada harcanan süreler Tablo 5'te sunulmuştur.



Şekil 6. Elle YKN ve BN Noktası Toplama.

Fotoğraf Çekim Yılı	Harcanan Süre
İST-1946	6 saat

İST-1954	6 saat
İST-1972	4 saat
İST-1993	3 saat
ANK-1975	5 saat
ANK-1991	4.5 saat
ANK-1999	1 saat

Tablo 5. Elle YKN ve BN Toplama Aşamasında Harcanan Süreler.

3.6 Ortofoto ve Mozaik Üretimi

Projedeki her bir arşiv hava fotoğrafı için yeterli sayıda YKN ve BN toplandıktan sonra PCI Geomatica yazılımı kullanılarak her bir fotoğrafın ortofotosu üretilmiştir. Bu aşama, PCI Geomatica yazılımı ile yöneltme parametreleri ve kamera kalibrasyon raporları olan güncel hava fotoğraflarından ortofoto üretilmesi işleminden farksızdır.

Her bir fotoğraftan üretilen ortofotolar yine PCI Geomatica yazılımı ile mozaiklenerek bir araya getirilmiştir. Bu işlem de hâlihazırdaki güncel ortofoto üretiminde uygulanan mozaikleme işleminden farksızdır.

Fotoğraf Çekim Yılı	Fotoğraf Sayısı	Harcanan Süre
İST-1946	122	1 saat
İST-1954	117	1 saat
İST-1972	90	1 saat
İST-1993	87	50 dakika
ANK-1975	69	45 dakika
ANK-1991	73	50 dakika
ANK-1999	80	1 saat

Tablo 6. Ortofoto ve Mozaik Üretimi Aşamasında Harcanan Süreler.

4. DOĞRULUK KARŞILAŞTIRILMASI

İstanbul ilinde 1946, 1954, 1972 ve 1993 yıllarına, Ankara ilinin ise 1975, 1991 ve 1999 yıllarına ait arşiv hava fotoğraflarından üretilen ortofotolar, aynı illere ait 2011 tarihli referans ortofotoları ile karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırma sonucunda her bir yıl için arşiv hava fotoğraflarından üretilen ve mozaiklenen ortofotoların, referans ortofotoya göre doğrulukları hesaplanmıştır. Bu kapsamda, ortofoto üretilen her bir yıl için üretilen ortofotolarda homojen dağılmış 20 detay noktasının konumu ile bu noktaların referans ortofotodaki konumları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 7'de sunulmuştur. Tablodaki sonuçlar incelendiğinde tüm yıllara ait ortofotoların referans ortofotoya göre olan doğruluklarının % 90 güven aralığında ± 5 m ile ± 8 m arasında değiştiği görülmektedir.

Bu karşılaştırmada kullanılan referans ortofotonun mutlak doğru olmadığı ve aynı zamanda arşiv hava fotoğrafları için YKN toplanması işlemi de kullanıldığı hususu göz önünde tutulduğunda, arşiv fotoğraflarından üretilen ortofotoların

mutlak doğruluklarının Tablo 7'de verilen doğruluklardan daha düşük olacağı değerlendirilmektedir.

Yapılan uygulamada, zaman içerisinde detay değişiminin fazla yaşanmadığı bölgelerde yazılımın daha fazla ve daha doğru yer kontrol noktası belirleyebilmesine bağlı olarak ortofoto doğruluklarının arttığı görülmüştür. Bu çalışmada proje alanı olarak belirlenen iller, zaman içinde detay bazında değişimin en çok yaşandığı iller arasındadır. Dolayısıyla, bu durumun YKN toplama nitelik ve niceliğine bağlı olarak sonuç doğruluk üzerinde olumsuz etkisi olabileceği değerlendirilmektedir.

Ayrıca projede özellikle İstanbul 1946 yılı için yıpranma oranı fazla ve bazıları tahrip olmuş olan hava fotoğraflarının kullanılması ile tüm arşiv göz önünde bulundurulduğunda karşılaştırılması muhtemel olasılıklardan bir kısmının projeye dâhil edilmiş olması sağlanmıştır.

Fotoğraf Çekim Yılı	Referans Ortofotoya Göre Konum Doğruluğu (CMAS90) (Greenwalt ve Schultz 1968)
İST-1946	± 8 m
İST-1954	± 6 m
İST-1972	± 6 m
İST-1993	± 5 m
ANK-1975	± 7 m
ANK-1991	± 6.5 m
ANK-1999	± 5 m

Tablo 7. Arşiv Hava Fotoğrafından Üretilen Ortofoto Doğrulukları.

İstanbul ilinin 1946, 1954, 1972 ve 1993 yıllarına ait arşiv fotoğraflarından üretilen ortofotolar ile 2011 yılı fotoğraflarından üretilen referans ortofotosunun örnek bir bölgedeki görüntüsü Şekil 7'de; tarihi ortofotoların referans ortofoto ile kenarlaşma durumunu gösteren örnek görüntüler ise Şekil 8'de sunulmuştur.



a. 2011 yılı hava fotoğraflarından üretilen referans ortofotonun örnek görüntüsü.



b. 1993 yılı arşiv hava fotoğraflarından üretilen ortofotonun örnek görüntüsü.



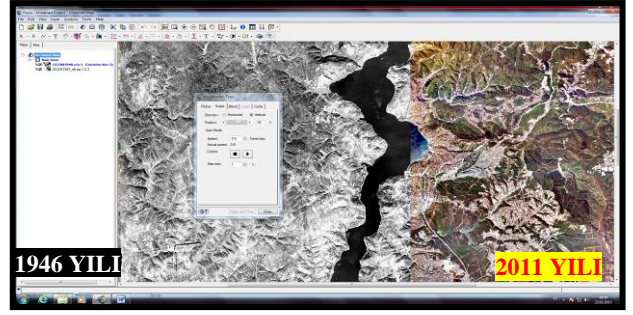
c. 1972 yılı arşiv hava fotoğraflarından üretilen ortofotonun örnek görüntüsü.



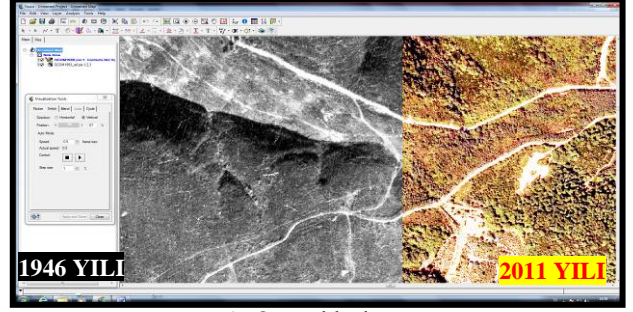
ç. 1954 yılı arşiv hava fotoğraflarından üretilen ortofotonun örnek görüntüsü.



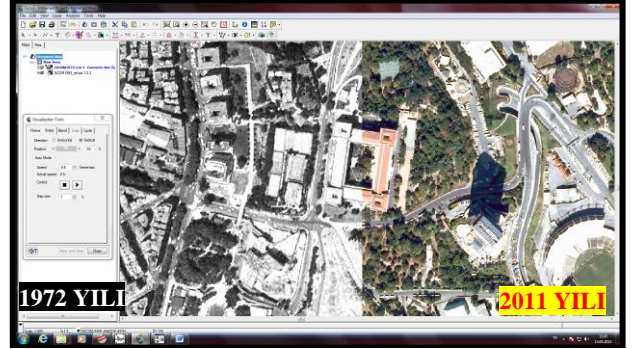
d. 1946 yılı arşiv hava fotoğraflarından üretilen ortofotonun örnek görüntüsü.



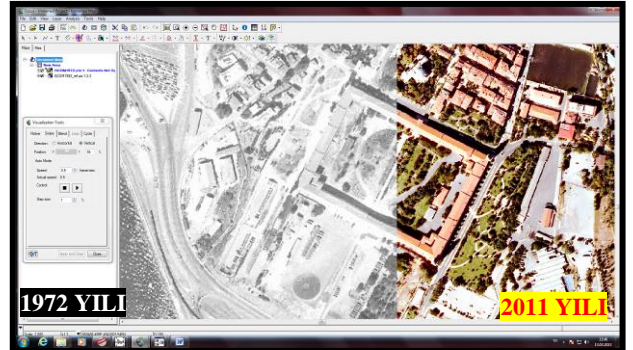
a. Genel görünüm.



b. Ormanlık alan.



c. Şehir içi.



ç. Şehir içi.

Şekil 7. Referans ve yıllara sari tarihi ortofotolar.



d. Şehir içi.

Şekil 8: Arşiv Fotoğraflarından Üretilen Ortofotolar ile 2011 Yılı Fotoğraflarından Üretilen Referans Ortofotonun Kenarlaşması.

5. SONUÇ

PCI Geomatica HAP yazılımı kullanılarak ve yukarıda ayrıntıları açıklanan işlem adımları izlenerek arşiv hava fotoğraflarından Ankara ve İstanbul illerinde gerçekleştirilen ortofoto üretimlerinde, her bir yıl için harcanan toplam süreler Tablo 8'de, projenin her bir aşamasında harcanan sürelerin yüzdesel oranı ise Tablo 9'da sunulmuştur.

Proje Adı	Fotoğraf Sayısı	Harcanan Toplam Süre
İST-1946	122	16.5 saat
İST-1954	117	14.7 saat
İST-1972	90	10.5 saat
İST-1993	87	9.2 saat
ANK-1975	69	10.8 saat
ANK-1991	73	10.0 saat
ANK-1999	80	9.0 saat

Tablo 8. Yıllara Göre Harcanan Toplam Süreler.

Proje	Veri Hazırlama	Kenar/Köşe Markası Ölçme	Geçici Ortofoto Oluşturma ve Kontrol	Otomatik YKN ve BN Toplama	Elle YKN ve BN Toplama	Ortofoto ve Mozaik Üretimi
	(birim : %)					
İST-1946	12	12	9	24	36	6
İST-1954	14	1	10	27	41	7
İST-1972	19	5	10	19	38	10
İST-1993	16	9	16	16	33	9
ANK-1975	14	5	9	18	46	7
ANK-1991	15	2	15	15	45	8
ANK-1999	22	6	17	33	11	11
ORTALAMA	16	6	12	22	36	8

Tablo 9. Proje Aşamalarında Harcanan Süreler.

Tablo 8'de sunulan ortofoto üretim sürelerinin;

- Fotoğraflarda çizik, deformasyon ve tahribat olup olmasına,
- Kenar/köşe markalarının tam, net ve seçilebilir olup olmasına,
- Otomatik olarak yeterli sayı ve dağılımda YKN ve BN toplanabilen fotoğraf sayısına,
- Referans ortofoto üretiminde kullanılan fotoğrafların çekildiği yıl ile arşiv hava fotoğraflarının çekildiği yıl arasındaki zaman farkının büyüklüğüne bağlı olarak iki görüntü arasındaki detay değişiminin fazla olup olmasına göre değerlendirilmektedir.

Tablo 9'da sunulan ortofoto üretim aşamaları incelendiğinde, en fazla süreyi toplam sürenin yaklaşık üçte birini teşkil eden elle YKN ve BN toplama işleminin aldığı görülmektedir. Otomatik ve elle YKN ve BN toplama işlemlerine ayrılan toplam sürenin ise projeye harcanan zamanın yarısından fazlasını aldığı anlaşılmaktadır.

Bu projede uygulanan yöntemle ortofoto üretiminin, tüm aşamaları operatör tarafından gerçekleştirilen klasik yöntemle göre üç kat daha hızlı olduğu görülmüştür.

Bu sürenin, otomatik işlemleri başka bir bilgisayarda, kalite kontrolleri ve düzeltmeleri farklı bir bilgisayarda gerçekleştirmek suretiyle daha da geliştirilebileceği değerlendirilmektedir.

Tarihi fotoğraflardan ortofoto üretimi projesinde, gerek otomatik gerekse el ile yapılan YKN toplama işleminde, proje alanının değişik bölgelerinde YKN bulma başarı oranının değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Proje alanında karşılaşılan heterojen başarı oranı, sonuç ürün olan ortofotonun doğruluğu üzerinde etkili olmaktadır. Bu kapsamda, özellikle yerleşimin yoğun, değişimin az olduğu bölgelerde ortofoto üretilecek alan daraltılarak çalışılmak suretiyle yüksek doğruluk değerlerinin elde edilebileceği öngörülmektedir.

Tablo 7'deki sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, arşiv hava fotoğraflarından % 90 güven aralığında ortalama $\pm 5-10$ m doğruluklar ortofoto üretilebileceği değerlendirilmektedir.

Tecrübe ve melek kazanmış bir personelin, günde yaklaşık 100 adet arşiv hava fotoğrafına ait yöneltme işlemlerini gerçekleştirebildiği düşünülürse, 10 personel ve gerekli yazılım ve donanımlarla hava fotoğrafı arşivinde saklanan yaklaşık 1.500.000 adet hava fotoğrafından ortofoto üretiminin yaklaşık altı yılda gerçekleştirilebileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Greenwalt, C.R. and M.E. Schultz, 1968, Principles and Error Theory and Cartographic Applications, ACIC Technical Report No. 96: St. Louis, Mo., Aeronautical Chart and Information Center, U.S. Air Force, 89 p.

PCI Geomatics, 2013, Historical Airphoto Processing – A Better Way <http://www.pcigeomatics.com/products/historical-airphoto> (02.05.2013)

BİLGİLENDİRME VE TEŞEKKÜR

Bu makale yalnızca yazarların bireysel görüşlerini yansıtmakta olup, TSK'nın görüş, konum ve strateji yada fikirlerini yansıtmamaktadır.

Yazarlar, PCI Geomatica HAP yazılımını sağlayan PCI Geomatics ve Türkiye'deki temsilcisi Atay Mühendislik firmasına teşekkür ederler.