

**FARKLI KAYNAKLARDAN ELDE EDİLEN SAYISAL YÜKSEKLİK
MODELLERİNİN ORTOFOTO DOĞRULUĞUNA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI
(ACCURACY ASSESSMENT OF THE EFFECT OF DIGITAL ELEVATION MODELS
GENERATED FROM DIFFERENT SOURCES ON ORTHOPHOTO)**

İsmail ŞAHİN¹, Murat YAKAR²

¹Harita Genel Komutanlığı, Ankara,

²Selçuk Üniversitesi, Konya

¹ismail.sahin@hgk.mil.tr

ÖZET

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve ortofoto üretiminin doğruluğuyla ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada, SYM'lerden daha iyi bir doğruluk elde etmek için farklı yöntemler ve girdi veriler denenmiştir. Hava fotoğraflarından, Ikonos uydu görüntülerinden, eş yükseklik eğrilerinden ve SRTM (Shuttle RADAR Topography Mission) verilerinden değişik yöntemler kullanılarak iki test bölgesi için farklı aralıklarda üretilmiş SYM'ler kullanılmıştır. Bu çalışmada temel amaç; ortofotonun doğruluğunda, SYM'nin üretim yöntemi, grid aralığı ve girdi verilerinin etkilerini test etmek olmuştur. Ortofoto doğruluğunu test etmek için, referans veri olarak; birinci test alanında stereo modellerden okunan koordinat değerleri, ikinci test alanında arazide takeometrik olarak ölçülen üç boyutlu nokta koordinatları kullanılmıştır. Yükseklik okumalarında arazi yüzeyine en iyi yaklaşacak şekilde, tecrübeli operatörler kullanılmıştır. Aynı noktalar, farklı SYM'ler yardımıyla üretilen ortofotolar üzerinde de okunarak farkları alınmış ve istatistikî sonuçlar elde edilerek karşılaştırılmışlardır.

Anahtar Kelimeler: Sayısal yükseklik modeli, otomatik korelasyon, ortofoto.

ABSTRACT

Several investigations have been implemented about the accuracy of Digital Elevation Model (DEMs) and orthophoto generation. In this study, different methods and input data are used in order to get better results from the generated DEMs. Different DEMs, generated from aerial photographs, Ikonos images, contour and SRTM data with different intervals were used on two test areas. The main goal is to test the effects of input data, grid interval, and the generation methods of DEMs on the accuracy of orthophotos. In order to test the accuracy of orthophotos of the first test area, coordinate values read from the stereo models were used as the reference data. For the second test area, the 3-D coordinate values, acquired on the field by takeometric measurements, were used. Experienced operators took part in the elevation reading session so as to get best results. Same elevation check points were used for all the orthophotos which were generated by using different DEMs. Finally; the values of elevation differences were calculated and the results were statistically compared.

Key Words: Digital elevation model, automatic correlation, orthophoto.

1. GİRİŞ

Günümüzde, güncel haritalara olan gereksinim her alanda kendisini hissettirmektedir. Hızla değişen dünyaya ait haritaların üretimi klasik yöntemlerle çok uzun zaman almaktadır (Şekil 1). Bu klasik yöntemlere alternatif olarak, standart bir haritanın doğruluk ve hassasiyet kriterlerini taşıyan ortofoto haritalar, birçok uygulama alanında kendisini kabul ettirmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Topoğrafik harita örneği.



Şekil 2. Ortofoto harita örneği.

Yeryüzü, matematiksel olarak tanımlanamayacak üç boyutlu düzensiz bir şekildir. Tam olarak tanımlanabilmesi için sonsuz sayıda noktaya gereksinim vardır. Bu da olanaksız olduğundan, belirli sayıdaki nokta kümesi seçilmekte ve yüzey bu noktalardan yararlanılarak temsil edilmeye çalışılmaktadır. Yeryüzünün uygun bir şekilde temsili, yerbilimlerinde, çok sayıdaki mühendislik alanında, askeri uygulamalarda ve diğer birçok alanda büyük bir ihtiyaç olarak gözükmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS) ortofotolar, doğrudan girdi verisi olarak kullanılabilir. Bu, mevcut veri tabanlarını güncelleştirmede oldukça üstünlük sağlayan bir yöntemdir. Ortofotolar, kartografik yorumlamaya maruz kalmadığından kartografik yorumlamadan kaynaklanan detay kaybına uğramamaktadır (Erdas Imagine 8.4 Field Guide).

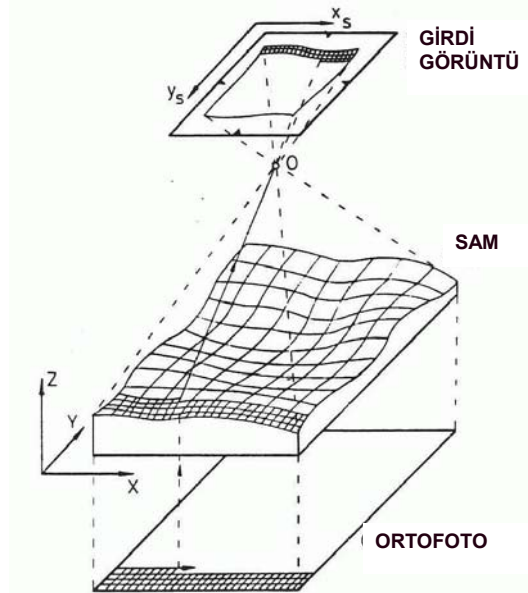
2. TEORİK ESASLAR

Ortorektifikasyon, hava fotoğrafı veya uydu/radar görüntüsünde mevcut geometrik hataların ortadan kaldırılması işlemidir. Sonuç; üzerinde arazinin coğrafi konumunun, uzunlukların, açıların ve alanların, doğrudan ölçülebildiği planimetrik olarak doğru olan bir ortogörüntüdür. Rektifiye edilmemiş bir görüntüde, bu ölçüler, rölyef ve görüntü yer değiştirmelerine bağlı olarak ancak yaklaşık olarak yapılabilir. Görüntülerde geometrik hatalara sebep olan değişkenler şunlardır:

- Kamera ve algılayıcı yönelmesi,
- Kamera ve algılayıcıya ilişkin sistematik hatalar,
- Topoğrafik rölyef kayıklığı,
- Dünyanın küreselliği (Visser, 1988).

Rektifikasyon (yataylama/düşeye çevirme), veri kümesi koordinatlarının, referans sistemi olarak adlandırılan başka bir grid veya koordinat sistemine dönüşümüdür. Bir görüntü verisini, disk üzerinde rektifiye etme (yataylama) işlemi; aşağıdaki adımları içerir:

- Yer Kontrol Noktalarının (YKN) seçilmesi,
- Bir dönüşüm hesaplanması,
- Yeni bir koordinat bilgisi taşıyan çıktı görüntünün oluşturulması (Boniface, 1996).



Şekil 3. Ortofoto üretiminin prensipleri (Wiesel, 1985).

Bir sayısal yükseklik modeli (SYM), dünya yüzeyinin bir kısmının üç boyutlu bir yüzey üzerinde sayısal bir temsildir. SYM'nin ortorektifikasyon işlemindeki rolü; Topoğrafyanın yükseklik farklarından kaynaklanan yer değiştirmelerini ortadan kaldırarak görüntünün, ortogonal bir projeksiyona dönüştürülmesidir. SYM'nin

doğruluğu, ortofotodaki planimetrik doğruluğu etkilediği için, sayısal ortorektifikasyon işleminde önemli bir rol oynar. Sayısal arazi modeli işlemleri üç gruba ayrılarak incelenebilir:

- Verilerin toplanması,
- SYM oluşturma (enterpolasyon),
- Bilgilerin depolanması ve sergilenmesi (Sarbanoğlu, 1991).

Tablo 1. Veri kaynakları.

| Kaynak Grubu | Kaynak Cinsi |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mevcut Harita ve Dokümanlar | <ul style="list-style-type: none">• Mevcut çizgisel haritalar,• Raster ekran görüntüleri,• Mevcut dokümanlar,• Ortofoto haritalar. |
| Fotoğraflar ve Görüntüler | <ul style="list-style-type: none">• Hava fotoğrafları,• Uzaktan algılama görüntüleri (IKONOS, QUICBIRD, LANDSAT, SPOT, RADAR, VB.). |
| Algılayıcı Verileri | <ul style="list-style-type: none">• Lazer tarama verileri,• SAR verileri,• Interferometrik SAR verileri. |
| Arazi | <ul style="list-style-type: none">• Elektronik takeometre ölçüleri,• GPS ölçüleri (sayısal topoğrafik veri toplama sistemleriyle yapılan ölçüler),• Alidat Oliometrik ölçüleri. |
| CBS | <ul style="list-style-type: none">• Sayısal formatta coğrafi bilgi dosyaları. |

Veri toplamada kullanılan sayısal sistemlerin topolojik yapıda veri toplanmasına imkân vermesi arzu edilir. Bir CBS'nin kendinden bekleneni verebilmesi için, bu sistemde yapılacak sorgulama niteliklerinin belirlenmesi ve buna göre tespit edilecek coğrafi veri yapısına göre verilerin toplanması, yapılandırılması gerekir.

Mutlak doğru bir harita olmadığı gibi, mutlak doğru bir SYM'de bulunmamaktadır. Bütün SYM'ler, bir takım ilişkili faktörlere bağlı olarak bazı hatalar içerirler. Haritacılıkta, tek doğru durum, arazi yüzeyinin kendisidir. Mutlak doğruluk ölçmeyle elde edilemeyeceğinden, her hangi bir arazi ölçmesinin, fotogrametrik yöntemle yapılan ölçmelerin veya tamamlanmış bir harita üzerinden yapılan ölçmelerin doğruluğu; belli bir doğruluk seviyesine kadar yapılmış ölçülerle karşılaştırılarak elde edilebilir (Shearer, 1994).

SYM'leri otomatik korelasyon yöntemlerinden elde edilen algoritmalar kullanılarak stereo görüntülerden kolaylıkla elde edilebilirler. Otomatik görüntü korelasyonu, bir stereo çiftteki bindirmeli iki görüntünün aynı anda sayısal analizine dayanır. SYM'lerinin otomatik üretiminde kullanılır (Koçak, 1998).

3. UYGULAMA

a. Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Bu çalışmada, çalışma alanı olarak iki ayrı test alanı seçilmiştir. Birinci test alanı (Şekil 4); Selçuk Üniversitesi Kampüs bölgesidir. Arazi yüksekliği 1000 ile 1300 metre arasında değişmektedir. Kullanılan temel veriler; hava fotoğrafları ve fotogrametrik nirengi sonuçlarıdır. Hava fotoğrafları; 2004 yılında 305 mm odak uzaklıklı Zeiss RMK TOP30 kamerasıyla 1/4.000 ölçeğinde çekilmiştir. Hava fotoğrafları renkli olup, Zeiss SCAI Film tarayıcısıyla 21 mikronda taranmıştır. Standart ileri (%60) ve yan (%30) bindirmeli görüntüler oldukları için otomatik SYM üretiminde kullanılabilir.



Şekil 4. Birinci test

alanının genel görünümü.

İkinci test alanı (Şekil 5); Selçuk Üniversitesi Kampüs bölgesini ve Konya'nın kuzeyinde Yazır bölgesini içine alan 3 km x 3 km alanı kapsamaktadır. Çalışma bölgesinde küçük yerleşim alanları mevcuttur. Arazinin diğer kesiminde ise herhangi bir detay bulunmamakta ve tarlalardan oluşmaktadır. Arazide yüksek bitki örtüsü bulunmamakta olup, arazi yüksekliği 1000 ile 1300 metre arasında değişmektedir.

Kullanılan temel veriler IKONOS uydu görüntüleri, YKN'ları ve RPC (Rational Polinomial Coefficient) dosyasıdır. YKN'sı olarak arazide kireçlenmiş (hava işareti yapılmış), koordinatı bilinen noktalar kullanılmıştır. Görüntüler %99 ileri bindirmeli olarak çekildiğinden otomatik SYM üretiminde kullanılabilir.



Şekil 5. İkinci test alanının genel görünümü.

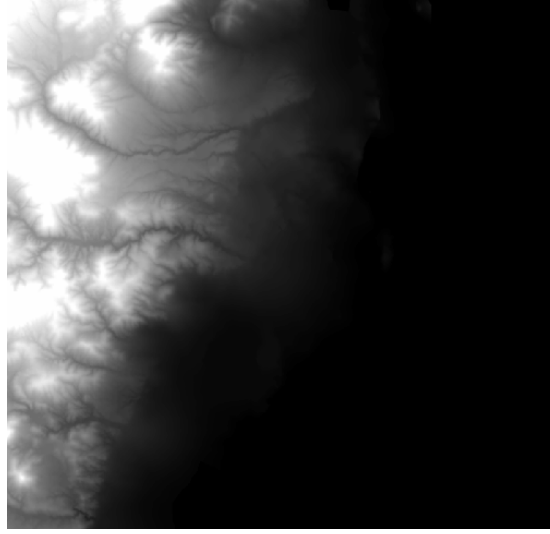
Çalışmada 30 Ekim 2004 tarihli, stereo IKONOS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler ile birlikte RPC dosyaları da sağlanmıştır. RPC dosyası, detayların fotogrametrik olarak kıymetlendirilmesi, SYM üretimi ve ortorektifikasyon için kamera modeli, yörünge ve yöneltme verisi sağlamaktadır. Ayrıca, bölgede 32 adet YKN tesis edilmiştir. YKN noktaları bir diferansiyel GPS alıcısı kullanılarak gerçek zamanlı kinematik ve post-processing modda yaklaşık 0.2 m doğrulukta ölçülmüşlerdir. Görüntü üzerinde YKN'leri işaretleme doğruluğu yaklaşık 0.5-1.0 m arasındadır.

(1) Birinci test alanı için oluşturulan sayısal yükseklik modelleri:

- Çalışma bölgesine ait 1/4.000 ölçekli renkli hava fotoğraflarından oluşturulan stereo modellerden 2 m'de bir otomatik olarak toplanmış sayısal yükseklik verileri kullanılarak oluşturulan ve editlenen SYM,
- 1/5.000 ölçekli topoğrafik haritalardan sayılaştırılan 2 m aralıklı eş yükseklik eğrilerinden oluşturulan SYM,
- 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalardan sayılaştırılan 10 m aralıklı eş yükseklik eğrilerinden oluşturulan SYM,
- 2004 yılında çekilmiş; jeodezik YKN doğruluğu 10 cm olan, IKONOS uydu görüntülerinden oluşturulan stereo modelden 5 m'de bir otomatik olarak toplanmış sayısal yükseklik verileri kullanılarak oluşturulan ve editlenen SYM,
- SRTM verileri kullanılarak 90 m aralıklı olarak oluşturulan SYM.

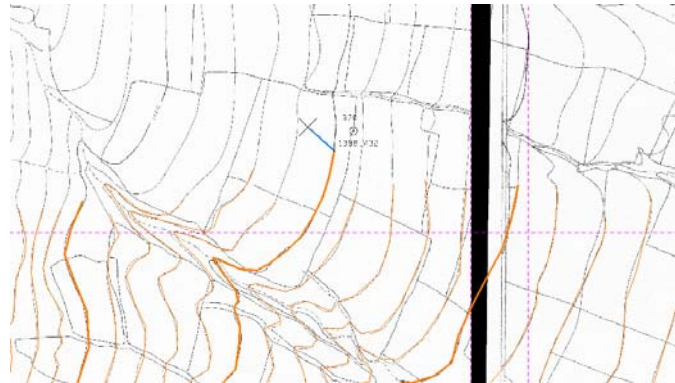
(2) İkinci test alanı için oluşturulan sayısal yükseklik modelleri:

- Çalışma bölgesine ait 2004 yılında çekilmiş; jeodezik YKN doğruluğu 10 cm olan, ikonos uydu görüntülerinden oluşturulan stereo modelden 3, 5 ve 10 m'de bir otomatik olarak toplanmış sayısal yükseklik verileri kullanılarak oluşturulan SYM,
- 1/5.000 ölçekli topoğrafik haritalardan sayısallaştırılan 2 m aralıklı eş yükseklik eğrileri kullanılarak 5 ve 10 m aralıklı oluşturulan SYM,
- 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalardan sayısallaştırılan 10 m aralıklı eş yükseklik eğrileri kullanılarak 10 m aralıklı oluşturulan SYM (Şekil 6),
- SRTM verileri kullanılarak 90 m aralıklı olarak oluşturulan SYM.



Şekil 6. 1/25.000 ölçekli eş yükseklik eğrilerinden üretilen 10 metre aralıklı SYM.

Her iki test alanı için de: Topoğrafik haritadan eş yükseklik eğrilerinin sayısallaştırılması işleminde Microstation V8 yazılımı kullanılmıştır (Şekil 7).

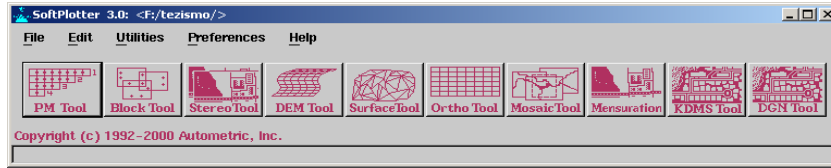


Şekil 7. Microstation V8 yazılımı ile eş yükseklik eğrisi sayısallaştırma.

b. İş Akışı

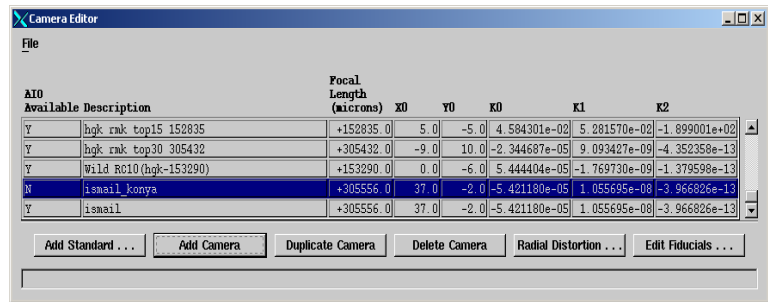
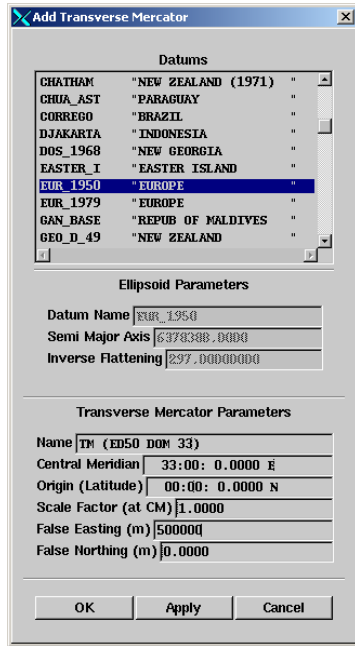
Birinci test alanı için iş akışı: Uygulamanın birinci aşamasında test alanındaki bloğa ait ölçülen yer kontrol noktaları ve resim noktaları PAT B-GPS yazılımı kullanılarak dengelenmiştir. Sonuç olarak, bloktaki her bir fotoğrafa ait dış yöneltme parametrelerinin verildiği yöneltme dosyaları ASCII formatında elde edilmiştir.

İkinci adımda, taranmış hava fotoğrafları ve yöneltme elemanlarının yazılı olduğu ASCII dosya, Vision Softplotter yazılımının yüklü olduğu çalışma istasyonuna alınmıştır (Şekil 8). Burada, çalışma bölgesi için yeni bir proje oluşturulmuştur.



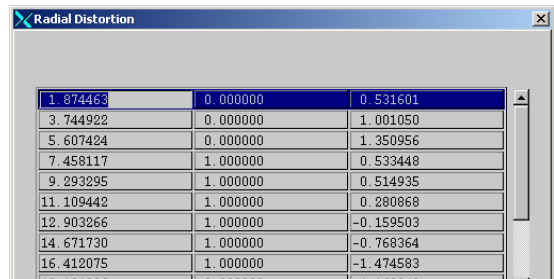
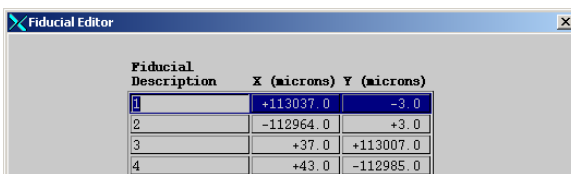
Şekil 8. Softplotter 3.0 yazılımının ana menüsü.

Block Tool modülü kullanılarak yeni bir blok oluşturulmuştur. Sistemin projeksiyonu Transvers Merkator olarak tanımlanmış, ED-50 datumu seçilmiş ve çalışma bölgesinin dilim orta meridyeni olan 33, sisteme girilmiştir (Şekil 9.a).



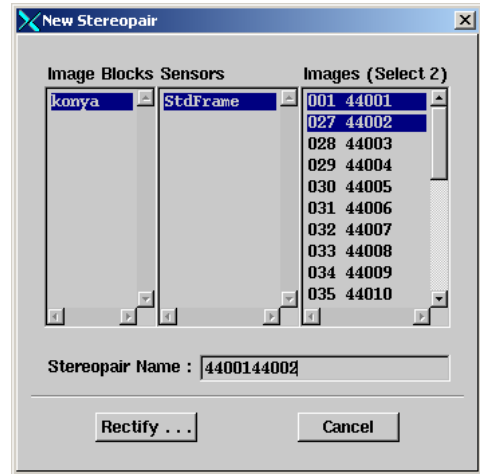
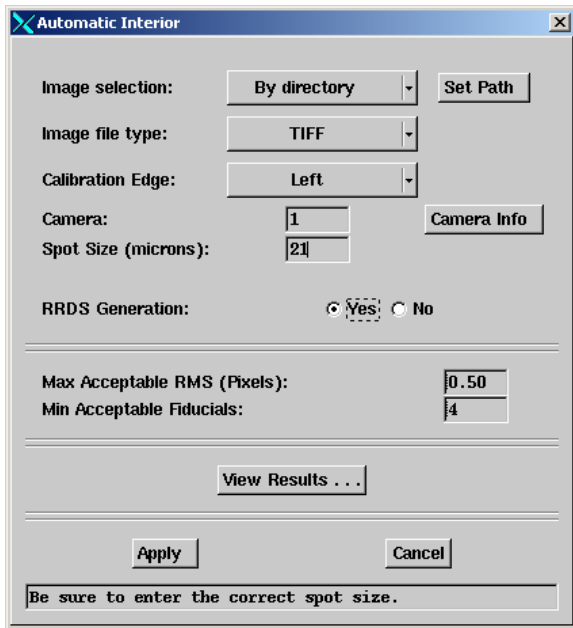
Şekil 9. (a) Projeksiyon tanımlama penceresi; (b) Kamera editör penceresi.

İç yöneltme işlemini otomatik olarak gerçekleştirmek için, kamera kalibrasyon raporunda yer alan bilgiler, kamera editörde sisteme girilmiştir (Şekil 9.b, Şekil 10).



Şekil 10. (a) Radyal editör penceresi; (b) Radyal distortion penceresi.

Ardından, görüntüler ve yöneltme parametreleri sisteme dahil edilmiş, tanımlanan kamera ve projeksiyon seçilmiştir. Sonra, otomatik iç yöneltme ve dengeleme gerçekleştirilmiştir (Şekil 11.a).

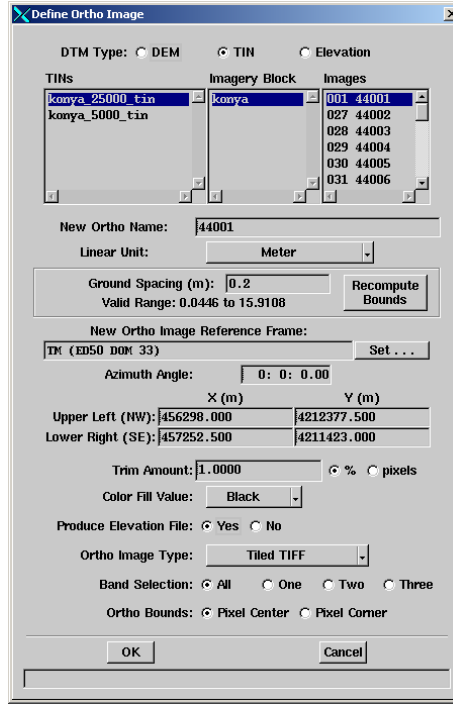


Şekil 11. (a) Otomatik iç yöneltme penceresi; (b) Stereo görüntü oluşturma penceresi.

Daha sonra Stereo Tool da, sol ve sağ görüntüler girilerek stereo modeller oluşturulmuştur (Şekil 11.b). Bu stereo modeller KDMS Tool'a alınarak, arazide seçilebilen detaylara ait üç boyutlu koordinatlar okunmuştur. Çalışmada, okunan bu değerler referans olarak alınmıştır. Gözlemler, tecrübeli bir operatör tarafından arazide belirgin, iyi kontrast sağlayan noktalara hassas bir şekilde yaklaşılarak yapılmıştır.

Ortho Tool modülünde, farklı kaynaklardan oluşturulan 5 adet SYM kullanılarak ortofotolar üretilmiştir (Şekil 12). Ortofoto üretirken kullanılan dış yöneltme

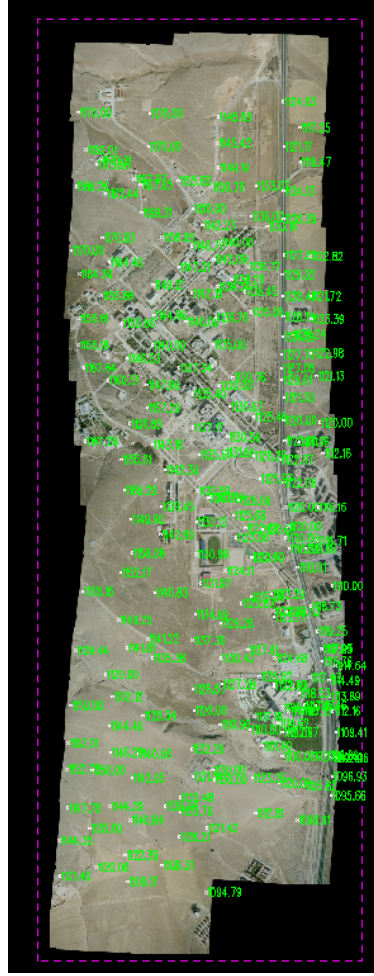
parametreleri ve yapılan otomatik yöneltme bütün ortofotolar için aynı olduğundan, ortofotonun planimetrik doğruluğunda meydana gelecek farkların tek nedeni, kullanılan SYM olacaktır.



Şekil 12. Ortofoto oluşturma penceresi.

Softplotter yazılımında ortofoto üretimi oldukça kolaydır. Daha önce belirtildiği gibi, oluşturulan bloğun hali hazırda iç ve dış yöneltme işlemleri gerçekleşmiş durumdadır. Ortho Tool modülünde yapılan işlem kullanılacak fotoğrafın, SYM'nin ve çıktı projeksiyonu seçme işlemidir.

Stereo modeller üzerinde yapılan gözlemler, oluşturulan ortofotolara referans olarak getirilmiş ve aynı noktalar ortofotolar üzerinde de okunmuştur (Şekil 13). Yapılan bu gözlemler ASCII formatına dönüştürülmüş, Excel yazılımında referans verileri karşılaştırılmıştır.



Şekil 13. 1/25.000 ölçekli eş yükseklik eğrilerinden üretilen ortofoto.

İkinci test alanı için iş akışı; Uygulamanın birinci aşamasında Erdas Imagine 9.1 yazılımı kullanılmıştır. Ölçülen 32 adet YKN'dan, 9 tanesi kullanılarak görüntüler dengelenmiş, stereo model oluşturulmuş ve oluşturulan bu modelden 3, 5 ve 10 m'de bir otomatik olarak SYM üretilmiştir. SYM üretilirken yerleşim yeri alanları, dağlık alanlar ve düz alanlar işaretlenerek üretim yapılmıştır.

Daha sonra, farklı kaynaklardan oluşturulan toplam 7 adet SYM kullanılarak ortofotolar üretilmiştir. Çalışma alanında arazide üç boyutlu olarak ölçülen 200 adet nokta referans olarak alınmıştır. Bu noktalar oluşturulan yedi adet ortofoto üzerine referans olarak getirilmiş ve Vision Softplotter yazılımı kullanılarak aynı noktalar ortofotolar üzerinde de okunmuştur (Şekil 14). Yapılan bu gözlemler ASCII formatına dönüştürülmüş, Excel yazılımında referans verilerle karşılaştırılmıştır.



Şekil 14. 1/25.000 ölçekli eş yükseklik eğrilerinden üretilen ortofoto

c. Belirli Noktalarda Doğruluk Araştırması

Bu araştırmada, doğruluk kriterleri olarak, ortalama hata ve karesel ortalama hata hesaplanmıştır. Standart sapmalar hesaplanarak, 3σ değerini geçen gözlemler kaba hatalı olarak ayıklanmışlardır. Karşılaştırmada aşağıdaki eşitlikler kullanılmış, elde edilen sonuçlar çizelgelerde gösterilmiştir.

Planimetrik doğruluk:

$$dx = X_{stereo} - X_{orto} \quad (1)$$

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n dp^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$dy = Y_{stereo} - Y_{orto} \quad (3)$$

$$dp = \sqrt{dx^2 + dy^2} \quad (4)$$

$$OH = \frac{\sum_{i=1}^n |dp|}{n} \quad (5)$$

Yükseklik Doğruluğu;

$$dz = Z_{stereo} - Z_{orto} \quad (6)$$

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n dz^2}{n-1}} \quad (7)$$

$$OH = \frac{\sum_{i=1}^n |dz|}{n} \quad (8)$$

Tablo 2. Stereo görüntüde yapılan ölçülerle, farklı yükseklik modellerinden oluşturulan ortofotolar üzerinde yapılan

ölçülerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması.

| Karşılaştırma İsmi | KOH_{planimetrik} (metre) | KOH_z (metre) |
|---------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| Stereo - AUTO | 0,034 | 0,219 |
| Stereo - 5.000TIN | 0,335 | 1,745 |
| Stereo - 25.000TIN | 0,486 | 2,216 |
| Stereo - IKONOS | 0,518 | 2.236 |
| Stereo - SRTM | 0,832 | 2,870 |

Tablo 3. Arazide takeometrik olarak yapılan ölçülerle, farklı yükseklik modellerinden oluşturulan ortofotolar üzerinde yapılan ölçülerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması.

| Karşılaştırma İsmi | KOH_{planimetrik} (metre) | KOH_z (metre) |
|---------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| Stereo - AUTO_3 | 5,09 | 12,31 |
| Stereo - AUTO_5 | 5,29 | 12,41 |
| Stereo - AUTO_10 | 5,39 | 12,59 |
| Stereo - 5.000_5 | 3,00 | 10,94 |
| Stereo - 5.000_10 | 4,75 | 10,97 |
| Stereo - 25.000_10 | 4,86 | 12,18 |
| Stereo - SRTM_90 | 6,46 | 13,84 |

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada iki ayrı test alanında, farklı kaynaklardan üretilen SYM'lerin doğruluğunun araştırılması amaçlanmıştır.

SYM oluşturma ve otomatik korelasyon algoritmaları daha iyi doğruluk ve homojen bir SYM oluşturmak için geliştirilmelidirler. Üretilen SYM kontrol edilerek, boşluklar ve yanlış eşleştirmeler SYM editleme algoritmaları ile düzeltilmelidir.

Girdi verileri hava fotoğrafları olan ve Selçuk Üniversitesi Kampüs bölgesini kapsayan birinci test alanında; otomatik korelasyon ile üretilen SYM'nin planimetrik doğruluğu ve yükseklik doğruluğunun, diğer yöntemlerle üretilen SYM'lere göre daha doğru olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni; hava fotoğraflarından otomatik olarak üretilen SYM'deki her noktanın, tecrübeli bir operatör tarafından tek tek editlenerek

arazi yüzeyine indirilmesidir. Tahmin edilebileceği gibi yüzlerce noktanın birer birer editlenmesi işlemi çok fazla zaman almakta ve maliyeti de artırmaktadır.

Manüel kıymetlendirme ile toplanan eş yükseklik eğrilerinden üretilen SYM'lerin, IKONOS uydu görüntülerinden oluşturulan stereo modelden 5 m'de bir otomatik olarak toplanmış SYM'den ve SRTM verileri kullanılarak 90 m aralıklı üretilen SYM'den daha doğru sonuçlar ürettiği görülmüştür. Burada dikkat edilmesi gereken konu manüel kıymetlendirmenin üretim zamanının uzun olması ve maliyetlerin artmış olmasıdır.

1/4.000 ölçekli hava fotoğraflarından otomatik korelasyon yöntemi ile üretilen SYM'den elde edilen ortofotolar, 1/5.000 ölçekli topoğrafik haritaların yerine kullanılabilirler. Ancak, bir 1/5.000 ölçekli pafta, yaklaşık 6–7 adet 1/4.000 ölçekli hava fotoğrafıyla kapatılabileceğinden maliyet oldukça artacaktır.

Üretilen ortofotolar ve stereo modelin karşılaştırılmasından elde edilen hatalar incelendiğinde; 2 m aralıklarla üretilmiş eş yükseklik eğrilerinden üretilen SYM'ler, 10 m aralıklı eş yükseklik eğrilerinden üretilen SYM'lere göre daha iyi sonuç vermiştir. Ayrıca TIN'den üretilen ortofotolardaki planimetrik doğruluk ve TIN'lerin yükseklik doğruluğu SYM'lere göre daha iyi olmuştur.

Ayrıca; SRTM verileri kullanılarak 90 m aralıklı üretilen SYM'lerin planimetrik doğruluğu ve yükseklik doğruluğu en büyük değer olarak ortaya çıkmıştır. Ancak bu sonuç bile SRTM için oldukça iyi bir sonuçtur. Bölgenin düz olmasının sonuca etkisi büyüktür. Yine de bu değer otomatik olarak 10 m aralıklı eş yükseklik eğrisi çiziminde kullanılabilir, fakat standart 1/25.000 ölçekli harita doğruluğu sağlanamaz.

Bu çalışmada seçilen arazi kesimi, kentsel alan gibi çok fazla değişim gösteren yerleri içermektedir. Yerleşim yeri içermeyen, süreklilik arz eden yerlerde piksellerin eşlenmesinde problemler yaşanabilmektedir. Ayrıca, yerleşim yerlerinde yüksek binalar ve suni olarak oluşturulmuş çeşitli yapılar yükseklik hatalarına neden olmaktadır.

Girdi verileri IKONOS uydu görüntüleri olan, Selçuk Üniversitesi Kampüs bölgesini ve Konya/Yazır bölgesini kapsayan ikinci test alanında; Otomatik korelasyon ile üretilen SYM'lerin planimetrik doğruluğu ve yükseklik doğruluğunun, 2 metre ve 10 metre aralıklı eş yükseklik eğrileri ile üretilen SYM'lere göre daha yanlış olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni; hava fotoğraflarından otomatik olarak üretilen SYM'deki noktaların editlenerek arazi yüzeyine indirilmemesidir. Birinci test alanında otomatik korelasyon yöntemiyle üretilen SYM tecrübeli operatör tarafından editlenmiş ve en doğru sonucu, bu SYM kullanılarak üretilen ortofoto vermiştir. Ancak editlenmesi işlemi çok fazla zaman almakta ve maliyeti de artırmaktadır.

Daha iyi bir doğruluk araştırması için; çalışma yapılacak arazide işaretlenen noktaların koordinatları jeodezik yöntemlerle (GPS vb.) hassas bir şekilde tespit edilip, yapılan karşılaştırmada bu noktalar kullanılarak bütün fotogrametrik işlemlerin de doğruluğu test edilebilir.

İleriki çalışmalarda çeşitli alan ve çizgi detaylar vektörel olarak kıymetlendirip farklı SYM'ler kullanıldığında ne kadar deformasyona uğradıkları tespit edilebilir. Ayrıca çalışma alanı içerisinde değişik eğim grupları oluşturularak eğimin, doğruluğu ne derece etkilediği kontrol edilebilir. Çeşitli istikametlerde kesitler alınarak bu yönlere ilişkin hata profilleri çıkarılabilir.

KAYNAKLAR

Boniface, P. R., 1996, State of the Art in Softcopy Photogrammetry, Digital Photogrammetry, An Addendum to the Manual of Photogrammetry, *ASPRS*.

Erdas Imagine 8.4 Field Guide.

Gerhard, A., 1991, Digital Orthorectification, Scanning, Handling and Processing of Aerial Images, Ebner/Fritsch/Heipke Digital Photogrammetric Systems, Herbert Wichmann Verlag GmbH, Karlsruhe.

Koçak, E., 1998, Sayısal Arazi Modeli, Yüksek Lisans Ders Notları, ZKÜ, Zonguldak.

Sarbanoğlu, H., 1991, Coğrafi Bilgi Sistemleri için Veri Toplama Yöntemleri, *Harita Dergisi*, **106**, s.40-65.

Shearer, J.W., 1994, The Accuracy of Digital Terrain Models, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, **60(24)**, s.315-336.

Visser, B., 1988, Production and Application of Orthophotographs, *ISPRS88*.

Wiesel, J., 1985, Digital Image Processing for Orthophoto Generation Photogrammetria, Amsterdam, **40**, s.69-76.