

# OTOMATİK KORELASYON TEKNİĞİ İLE ÜRETİLEN SAYISAL ARAZİ MODELLERİNİN BÜYÜK ÖLÇEKLİ ORTOFOTO HARİTA YAPIMINDA KULLANILMASI

*Prof. Dr. İbrahim BAZ\**

*Arş.Gör. Abdurrahman GEYMEN\**

*Yük.Müh. Hikmet ATEŞ\*\**

*Arş.Gör. Cabir SARI\**

## ÖZET

*Geleneksel fotogrametri problemlerine yönelik olarak, son yirmi yılda ortaya çıkan teknikler ve pek çok yeni ekipman fotogrametrinin uygulama alanını yeni ve farklı sahalara yaymıştır. Fakat temel teoriler ve uygulamalar hala geçerliliğini devam ettirmektedir. Ancak, bilgisayar ve elektronik alanındaki gelişmeler, geleneksel problemlerin, özde sayısal arazi modeli ve sayısal ortofoto üretimi probleminin daha etkin biçimde çözümüne imkan vermiştir.*

*Bu çalışmada, sayısal arazi modeli üretiminde, kabul görmüş bir teknik olan otomatik korelasyon metodunun, arazi türüne bağlı olarak, büyük ölçekli ortofoto üretiminde kullanılabilirliği ele alınarak, karşılaşılabilecek olası problemler ve çözümleri incelenmiştir. Zemin iyi görülebilenin mümkün olmadığı çalılık, ağaçlık ve yoğun yerleşimli bölgelerde istenen doğrulukta sonuçlar için otomatik korelasyon yöntemi uygun metod olarak gözükmemiştir.*

## ABSTRACT

### PRODUCTION OF DIGITAL ORTHOPHOTOS USING DIGITAL TERRAIN MODELS PRODUCED BY AUTOMATIC CORRELATION TECHNIQUE

*In the last two decades, many new techniques and equipment related to conventional photogrammetry problems have been announced and they have brought photogrammetry applications to new and different areas. However, basic theories and applications are still valid. Nevertheless, developments on computers and electronics make more efficiency on producing of DTM and digital orthophotos.*

*In this study, digital orthophoto production has been executed on multi model area and by including information of elevation for artificial details such as buildings and viaducts to DTM, and thus the true orthophoto has been produced directly. Radiometric corrections have been carried out and digital orthophoto pyramids have been generated. It can be stated that such orthophotos are suitable for large scale map related projects and geographical information systems.*

*\*Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü*

*\*\*EMİ Harita Bilgi İşlem Ltd. Şti. İstanbul*

# 1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelere paralel olarak, bilgisayar yazılım ve donanım olanakları diğer mühendislik alanlarında olduğu gibi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği uygulama alanlarında da yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Hava fotoğraflarının sayısal hale dönüştürülmesini mümkün kılan tarayıcı sistemler, bunların görüntülenmesini sağlayan grafik görüntü ekranları, otomatik çizim sistemleri, veri sıkıştırma ve depolama tekniğindeki gelişmeler neticesinde özellikle fotogrametri alanındaki kıymetlendirme çalışmalarında sayısal kıymetlendirme aletleri analitik değerlendirme aletlerinin yerini almaya başlamış ve otomatik korelasyon tekniği havai nirengi ve otomatik arazi modeli oluşturulması çalışmalarında kullanılır hale gelmiştir. Bu gelişmeler sonrasında sayısal kıymetlendirmenin bir ürünü olan sayısal ortofoto haritalar bir çok ülkede, özellikle konuma bağlı planlama ve yönetim disiplinlerinde standart bir ürün olarak ve coğrafi bilgi sistemlerinin vazgeçilmez grafik altlıkları olarak kabul görmeye başlamıştır. Tüm bu olumlu gelişmelere rağmen kullanıcıların her türlü beklentisine cevap verebilecek nitelikte tek bir sayısal arazi modeli oluşturulabilirliğinden ve sayısal ortofoto haritaların üretilebilirliğinden bahsetmek mümkün değildir.

Bu çalışmada, sayısal arazi modeli üretiminde, kabul görmüş bir teknik olan otomatik korelasyon metodunun, arazi türüne bağlı olarak, büyük ölçekli ortofoto üretiminde kullanılabilirliği ele alınmakta, karşılaşılabilecek olası problemler ve bunlarla ilgili çözüm önerileri üzerinde durulmaktadır. Aynı zamanda açık ve fazla eğimli olmayan arazilerde de otomatik korelasyon yöntemi denenmiş, 'breakline' lar ile desteklenen arazi modelinin, sayısal fotogrametrik sistemlerde üç boyutlu kontrolü ve düzeltilmesi ile sonuç üründe kaliteden ödün vermesinin üretim süresinin yaklaşık % 60-70 oranında azaldığı görülmüştür.

## 2. ORTOFOTO

İnsan yapımı veya doğal nesne veya detayların yer aldığı geniş arazi kitlelerinin fotoğraflarının / görüntülerinin rektifiye edilmesiyle (düşeylenmesiyle) fotoğraf / görüntü harita oluşturma yöntemine ortofoto denilmekte olup, üretilen haritalara da ortofoto harita denilmektedir. Bir başka deyişle ortofoto; perspektif fotoğraflardaki, fotoğraf eğikliği ve arazideki yükseklik farklarından dolayı görüntü kaymalarının giderilmesi sonucu elde edilmiş, harita gibi belirli bir ölçeği olan fotografik görüntü olarak da tanımlanabilir. Günümüzde analog ortofoto tekniği, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sebebiyle, yerini sayısal ortofotolarla bırakmıştır.

### 2.1. SAYISAL ORTOFOTO

Sayısal ortofotolar, genellikle, arazi yüzeyi yükseklik farklılıkları ve fotoğraf eğiklikleri nedeniyle oluşması muhtemel görüntü distorsiyonlarından arındırılmış veya geometrik olarak düzeltilmiş, bilgisayar uyumlu hava fotoğrafları olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle sayısal ortofotolar Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veya bilgisayar destekli veri işleme ve görüntü-

leme, analiz, güncelleştirme vb. işlemlerinde doğrudan harita katmanı olarak kullanılabilir. maktadır.

Sayısal ortofoto, esnek, ucuz ve yüksek kaliteli çıktılar vermektedir. Analog teknikte olduğu gibi görüntünün kalitesinde bir azalma olmamaktadır. Analog yöntemde, özellikle renkli görüntülerde karşılaşılan, çözülme kayıpları, doğruluk ve mozaik oluşturmadaki zorluklar sayısal ortofotolarda ortadan kalkmaktadır. Sayısal ortofotolar elektronik olarak hızlı ve kolayca kullanıma sunulabilmektedir.

Bir sayısal ortofoto haritanın, tek bir hava fotoğrafından oluşması tercih edilir. Bu yüzden fotoğraf çekim noktasının pafta merkezinde olması planlanır. Bu uçuş planları, uçuş doğrultusundan olan sapmalar ve hava kamerasının  $\omega$ ,  $\varphi$  ve  $\kappa$  dönüklük açıları dikkate alınarak hazırlanmalıdır. Bazı durumlarda önceden çekilmiş fotoğraflar ortofoto üretimi için kullanılabilirse de genellikle aşağıda belirtilen sınırlamalardan dolayı özel bir uçuş yapmak gerekli olabilir. Bu sınırlamaları;

- Fotoğraf çekme noktalarının coğrafi konumu,
- Düzgün güneş açısı ve film,
- Bilinen odak uzaklığı sınırlandırmaları,
- Uçuş yüksekliği,
- Enine ve boyuna örtü oranı olarak sıralamak mümkündür.

Alışlagelmiş fotogrametrik değerlendirmedeki fotoğraf çekimi bindirme oranları ortofotolarda da kullanılabilir. Eğer arazi topoğrafik olarak engebeli bir konuma sahipse, bu durumda %90 bindirmeli hava fotoğraflarının çekilmesi önerilebilir. Bu sayede alanların birbirine göre olan büyük farkları ve köşelere gelen modeller en aza indirgenmiş olacaktır.

## 2.2. SAYISAL ORTOFOTO ÜRETİMİNDE ÖN İŞLEMLER

Sayısal ortofoto üretimine başlayabilmek için yapılması gereken ön işlemleri aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür. Bunlar;

- a) Fotoğrafların taranması,
- b) İç Yöneltilme,
- c) Dış Yöneltilme,
- d) Sayısal Arazi Modeli (SAM) oluşturma işlemleridir.

Uygulamalarda sıklıkla kullanılmakta olan ZEISS - Phodis OP ve SOCET SET – Helava programlarında sayısal ortofoto üretimindeki işlem adımları Şekil 1’de verilmiştir.

### 3. UYGULAMA

Otomatik korelasyon tekniğinin büyük ölçekli ortofoto yapımında kullanılabilirliğinin ve karşılaşılabilecek sorunların incelemesi amacıyla iki ayrı bölgede uygulama gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisinde, yoğun yapılaşma, bitki örtüsü, viyadüklerin yer aldığı E-5 Karayolu, Boğaziçi Köprüsü Avrupa girişinde yer alan bölge incelenmiştir. Uygulama alanı ile ilgili bilgiler aşağıda sıralanmakta olup, bölgeye ilişkin ortofoto görüntü Şekil 2' de sunulmaktadır.

#### 1 No'lu Uygulama Alanı Bilgileri:

Pafta İsimleri	: F22D16D2C-2D, F22D16D3A-3B
Pafta Ölçeği	: 1/1000
Fotoğraf Ölçeği	: 1/4000
Kamera odak uzaklığı	: 304.65 mm
Ortalama Uçuş Yüksekliği	: h=1200 m
Çalışma Ortamı	: Silicon Graphics, Indigo – EMİ Harita Ltd.
Kullanılan Yazılım	: SocetSET, Helava
Tarayıcı	: Zeiss SCAI
Piksel Boyutu	: 21 mikrometre
Yükseklik Değişim Aralığı	: 21m-120m

Yukarıda genel olarak tanımlanan bölgenin kıymetlendirmesi, Silicon Graphics iş istasyonlarında Socet SET Helava yazılımı kullanılarak, EMİ Harita Bilgi İşlem Ltd. Şti. fotogrametri operatörlerince yapılarak sayısal fotogrametrik paftaları daha önceden oluşturulmuş bulunmaktadır. Bu paftalardan arazi topoğrafyasını temsil eden, yer kotları, münhaniler, dereleler, şev alt ve üst sınırları, yollar alınarak “şablon” arazi modeli oluşturulmuş ve otomatik korelasyon ile elde edilen SAM'nin doğruluğunun incelenmesinde kullanılmıştır. Viyadükler ve köprülere ait noktalar SAM üretimine dahil edilmemiş fakat Socet Set-Helava ATE programının SAM'ni güçlendirmek için kullanmakta olduğu, özel detaylara ait yükseklik bilgilerinin hesaplamalarda dikkate alınmasını sağlayan “Feature Merge” işlemi uygulanmış ve sonuçlar “feature” olarak tanıtılmak üzere ayrıca hazırlanmıştır.

Hava fotoğraflarına ait iç yöneltme işlemi yapılarak, yöneltme bilinmeyenleri programa girilmiş ve görüntü piramitleri oluşturulmuştur. Renkli ortofoto üretimi amaçlı uygulamada kullanılan program görüntü formatı olarak ViTEC formatı kullandığından tüm sayısal hava fotoğrafları bu formata dönüştürülmüştür. Ortofoto üretimi genelde fotoğraf bazlı yapılıdır. Bu uygulamada ise, programın sağladığı avantajla, çalışma alanı olarak altı adet hava fotoğrafının oluşturduğu dört modellik alan seçilerek, direkt olarak mozaik oluşturulması hedeflenmiştir. Kaynak görüntülerin piksel boyutu 10 cm iken ortofoto üretimi için arazi piksel boyutu (GSD), 20 cm alınmıştır. Başlangıç aşamasında, Mozaik ortofotonun hangi bölgelerinde hangi resmin kullanılacağına müdahale edilmemiştir.

Oluşan birinci versiyon mozaik üzerinde, Şekil 3’ de görüldüğü üzere “seamline” in kestiği binalar vardır. Bu binaların kenarlaşmadığı görülmektedir. Çünkü, sayısal arazi modeli, sadece topoğrafyayı temsil ettiğinden viyadük ve bina gibi yapıların arazi yüzeyinden olan yükseklik değerleri sıfır olarak geometrik düzeltme işlemine girerler. Bu durumda, sözgeli mi binaların çatıları arazi yüzeyine yapışmış gibi işlem göreceklelerinden bina çatılarını temsil eden pikseller gerçek konumlarına ötelenmeyeceklerdir. Hava fotoğraflarının kenarlaşığı “seamline” boyunca belirgin olarak göze çarpan bu durum, “Seam Line Editor” ile bu bölgelerde “seamline” üzerinde gerekli düzeltmelerin yapılması ile giderilir. Şekil 4’de görülen şekil, ancak görsel bir düzeltmeyi ifade eder. Gerçek anlamda bir öteleme, Şekil 5.’de görüleceği gibi “True Orthophoto” olarak adlandırılan işlem ile viyadük ve bina gibi yapılarla ait yükseklik bilgilerinin ortofoto oluşturan yazılıma girilmesi ile elde edilecektir.

“Seamline” boyunca bir band genişliği verilerek radyometrik olarak düzeltilmiş mozaik elde etmek mümkündür; Şekil 6 ve Şekil 7’de radyometrik düzeltmenin ortofoto görünümüne etkisi görülmektedir. Otomatik korelasyon ile oluşturulan SAM, münhane formunda stereo model üzerine superimpoze edilerek incelenmiştir. Beklenildiği gibi; SAM’nin ağaçlıkların, binaların üzerinden geçtiği görülmüştür. 2m aralık verilerek çalıştırılan programda binaların üçboyutlu formunun yakalandığı, ağaçlık alanların yükseklikleriyle beraber ortaya çıktığı görülmüştür. Bu tür arazi tiplerinde elde edilen SAM, bina yüksekliklerinin tespiti gibi, enerji nakil hattı inşasında bitki örtüsü üst yüksekliklerinin tespiti gibi amaçlar için kullanılabilir. SAM’nin rölyef gösterimi Şekil 8’de verilmiştir. Buradaki sorun korelasyonun başarısızlığından olmayıp, elde edilen yükseklik modelinin arazi yüzeyinden geçmemesinden kaynaklanmaktadır. Uygulama bölgesinde yer alan açık alanlarda ve asfalt yüzeyinde ise, fotogrametrik kıymetlendirme operatörünün derlediği yükseklik bilgileri ile korelasyon yöntemiyle bulunanların uyumlu olduğu gözlenmiştir. Şekil 9 ve 10’da bu durum görülebilmektedir:

Köprü, viyadük ve bina gibi doğal arazi yüzeyinden yukarıda olan yapılar ortofoto üzerinde gerçek konumunda değildir. Bu tür yapılara ait “feature”lar oluşturulup, programa girildiğinde “True Orthophoto” olarak adlandırılan ürün elde edilmektedir. Uygulama bölgesinde yer alan viyadüklere bu işlem uygulanmıştır. Şekil 11, Beşiktaş Ortaköy viyadükünün True Orthofoto öncesi halini göstermektedir. Şekil 11 aynı zamanda SAM hatasının, ortofotonun geometrik doğruluğuna etkisine de iyi bir örnek teşkil etmektedir. Yapılan incelemede viyadük ile arazi arasındaki 40 m.’lik yükseklik farkının, piksellerin konumunda 10m lik bir hataya neden olduğu gözlenmiştir. Bu bozulma, hatalı bölgenin görüntü içindeki konumuna göre değişmektedir. “True Orthophoto” olarak adlandırılan; proje alanındaki tüm bina, viyadük gibi yapılara ait yükseklik bilgilerinin ortofoto üretim yazılımına girilerek, bu yapılara ait piksellerin gerçek konumlarına ötelenmesi işleminde ise Şekil 5.’de görülmekte olan sorun ortaya çıkmaktadır. Burada gerçek konumlarına ötelenen piksellerin yer boş kalmaktadır. Şekil 5.’de viyadükün altındaki beyaz pikseller ve küçük resimdeki çatı çevresindeki beyaz pikseller sözü edilen boşluklardır. Bu bölgeler hava fotoğrafının çekim; anında yapıların örttüğü bölgelerdir. Bu şekilde oluşan bölgeleri, mevcut olması durumunda, diğer hava fotoğraflarından yapılan ortofotolar ile tamamlamak mümkündür. “True Orthophoto” üretebilmek

için SAM'nin yanı sıra, tüm yapılar için, yapıları oluşturan geometriye ait noktaların x,y,z bilgilerinin (feature bilgilerinin) temini gerekmektedir. Bu ise, bölgenin sayısal haritasının mevcut olmasına bağlıdır ki, her zaman için mümkün olmamaktadır. Ayrıca, "boş" kalan alanların ortofotosunun üretilebilmesi için, Şekil 12'de görüldüğü gibi %90 ileri bindirmeli fotoğraf alımı gerekmektedir. Bunun dahi yeterli olmadığı bölgelerle karşılaşılması muhtemeldir

Birinci Çalışma Bölgesine Ait Sonuç Ortofoto görüntü Şekil 2'de gösterilmiştir.

Uygulama alanı olarak ikinci seçimde ise, genel anlamda açık arazi niteliğinde, yer yer ağaçla kaplı ve dağınık yapıda binaların olduğu bölge tercih edilmiştir. Uygulama alanı ile ilgili bilgiler aşağıda verilmektedir.

## 2 No'lu Uygulama Alanı Bilgileri:

Pafta İsimleri	: F21A23C3B, F21A24D4A
Pafta Ölçeği	: 1/1000
Fotoğraf Ölçeği	: 1/4000
Kamera odak uzaklığı	: 304.65 mm
Ortalama Uçuş Yüksekliği	: h=1200 m
Çalışma Ortamı	: Silicon Graphics, Indigo – EMİ Harita Ltd.
Kullanılan Yazılım	: SocetSET, Helava
Tarayıcı	: Zeiss SCAI
Piksel Boyutu	: 21 mikrometre
Yükseklik Değişim Aralığı	: 21m-120m

Bölgenin SAM'i, SocetSET-Helava programının kullanılması ile 10m aralıklı olarak üretilmiştir. Otomatik korelasyon ile elde edilen SAM, stereo modelden fotogrametrik olarak toplanan "breakline"lar ile "merge" edilerek, düzeltilmiş arazi modeli elde edilmiştir. Daha sonra stereo model üzerine "dot" ve "contour" olarak superimpoze edilen arazi modeli "ITE" modülü ile etkileşimli düzeltme işlemine alınmıştır. Stereo model üzerinde batık ya da havada gözüken hatalı noktalar gerçek yüksekliğe çekilmiştir. Bina veya ağaçlık bölgelerde açık arazideki sorunsuz kotlar çit ile çevrilerek çit içindeki SAM noktalarının çevreye göre entopolasyonu yapılmış, yeni oluşan noktaların modele uyumu kontrol edilmiştir. Şekil 13'de otomatik korelasyon metoduyla oluşturulan SAM kullanılarak üretilen ortofoto haritanın kartografik detaylarla uyumunu göstermektedir. Daha sonra "contour" olarak model üzerine iz düşürülen SAM'nin stereo modele uyumu tekrar gözden geçirilmiştir. SAM noktalarının MicroStation CAD programında ekrana alınarak ve sayısal fotogrametrik harita ile karşılaştırılarak yapılan incelemesinde ise, hataların daha çok "breakline" özellikli bölgelerde yoğunlaşmakla birlikte, az miktarda zayıf görüntü eşleştirmesinden de kaynaklandığı görülmüştür. Karesel ortalama hatanın yüzeyler arası farka oranla oldukça farklı çıkması, gerekli yerlerde daha fazla breakline oluşturularak SAM'ne katılması gereğine işaret etmekte olup çalışma kapsamında en farklı değer 0.6186 olarak bulunmuştur.

Otomatik korelasyon metodu ile elde edilen ve gerekli düzeltme aşamalarından geçen SAM ile ikinci uygulama bölgesinin üretilen ortofotosu Şekil 14’de gösterilmektedir. Ortofoto projelerinde üretilen ortofoto üzerine bir takım çizgisel, sözel ve lejant bilgileri eklenebilir. Birinci uygulama alanına ait ortofotonun, Şekil 15’de verilen bölümü bu bağlamda hazırlanmıştır. Ülke sisteminde pafta taksimatına göre kesilen ortofotolar, standart bir harita olarak kullanıma sunulabilir.

Ortofoto haritaların kullanımında karşılaşılan diğer bir sorun da kullanım amacına uygun çözünürlüktür. Çözünürlüğün ortofoto üzerinde yapılacak çalışmalara etkisi Şekil 16’ da verilmiştir. Şekil 16’da, en üstte yer alan görüntülerin piksel boyutu 0.20 m, diğerleri sırasıyla 0.40m ve 0.80m dir.

### 3.1. UYGULAMA SONUÇLARININ İRDELENMESİ

Sayısal fotogrametrik sistemlerin sayısal bilgilerin toplanmasında ve editlenmesinde pek çok avantajlar sağladığı görülmüştür. Sayısal arazi modellerinin doğruluğuna etki eden faktörlerin başında dayanak noktalarının sıklığı ve dağılımı gelir. Açık ve fazla eğimli olmayan araziler için otomatik korelasyon yöntemi çok başarılı sonuçlar vermiştir. Sadece 45 dakikalık üretim süresi ile doğru bir SAM oluşturmada ve buradan ortofotolar üretilmektedir. SAM’ndeki hataların sayısal fotogrametrik sistemlerde üç boyutlu editlenebilmesi sonuç üründe kaliteden ödün vermeksizin üretim süresini yaklaşık % 50-60 oranında azaltmaktadır. Uygulama sırasında yapılan testler ile genel bir yaklaşımla aşağıdaki gibi bir zaman tablosu oluşmaktadır.

Tablo 1. Otomatik Korelasyon Metodu ile Sayısal Arazi Modeli Çıkarılmasında İşlem Adımları

No	ATE İşlem Adımları	Çalışma	Zaman
1	Model oluşturma	Manual	10 dk
2	Feature datalarının toplanması	Manual	40 dk
3	Automatic terrain Extraction	Batch	40 dk
4	Feature&DTM Merge	Batch	10 dk
5	Interactive Edit	Manual	45 dk
6	Stereo Edit ve kontrol (operatör tarafından)	Manual	75 dk
Toplam			220 dk

## 4. SONUÇLAR

Otomatik korelasyon tekniğinin büyük ölçekli ortofoto yapımında kullanılabilirliği ve karşılaşılabilecek sorunlar inceleme konusu olduğundan uygulama kapsamına iki farklı arazi tipi test alanı olarak alınmıştır. Önce, yoğun yapılaşma, bitki örtüsü, viyadüklerin yer aldığı bir bölge (E-5 Karayolu, Boğaziçi Köprüsü Avrupa girişinde yer alan bölge) birinci uygulama alanı olarak seçilmiştir. Bu bölgede otomatik korelasyon ile oluşturulan SAM, münhane formunda stereo model üzerine superimpoze edilerek incelenmiştir. Beklenildiği gibi, SAM'nin ağaçlık alanların, binaların üzerinden geçtiği görülmüştür. 2m aralık verilerek çalıştırılan programda binaların üçboyutlu formunun yakalandığı, ağaçlık alanların yükseklikleriyle beraber ortaya çıktığı görülmüştür. Buradan hareketle ağaçla kaplı alanlar, yoğun yapılaşma veya viyadükler nedeniyle, standart ortofoto üretiminde kullanılabilir nitelikte, otomatik SAM oluşturmak mümkün olmayan bölgelerde dahi bina yüksekliklerinin tespiti, enerji nakil hattı inşasında bitki örtüsü üst yüksekliklerinin tespiti gibi amaçlar için otomatik yöntemin hala kullanılabilir durumda olduğu kanısına varılmıştır.

Birinci uygulama bölgesinin bitki örtüsü bakımından tamamen çıplak, yerleşim alanı bulunmayan, topoğrafik açıdan kırıklı olmayan, uygulamaya ait Şekil 9 ve Şekil 10'da yer alan türdeki kısımlarında, otomatik korelasyon ile nokta ölçümü için uygun bir arazi olduğundan, sağlıklı bir SAM üretimi mümkün olmuştur. Daha sonra, ikinci uygulama alanı olarak, açık arazi niteliğinde olan, yer yer ağaçla kaplı ve dağınık yapıda binaların yer aldığı, Şekil 10.11'de yer alan bölgede 10m aralıklı oluşturulan SAM incelenmiştir. Gerekli yerlerde, stereo model üzerinde ölçülen yer kotları ve breakline bilgilerinin uygun formata dönüştürülerek SAM hesabında kullanılması yoluna gidildiği bu uygulamada, stereo model üzerinde yapılan konroller sonucu sağlıklı bir SAM oluşmayan bölgelerde, etkileşimli düzeltme işlemi yapılmıştır. Tüm bu yapılanlar SAM'nin model üzerine iz düşürülerek editlenmesi, düzeltilmesinin kaçınılmaz bir işlem adımı olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Ortofoto üretiminin, birinci uygulama çalışmasında olduğu gibi birden fazla model alanı için aynı anda yapılabilmesi, doğal arazi yüzeyinden farklı yüksekliklere sahip sanat yapılarına ait yükseklik bilgilerinin programa girilmesi ile gerekli bölgenin, Şekil 5'de verilen "true orthophoto"su doğrudan elde edilebilmiştir. Üretim aşamasında toplu işlem (batch) dosyaları oluşturulabilmekte, ortamın sabit disk kapasitesi izin verdiği ölçüde modelin ortofotosu toplu olarak üretilebilmektedir. "True ortofoto" üretimi durumunda piksellerin düşeye çevrilmesi işlemi için daha fazla süreye ihtiyaç olmaktadır. Bu süre "true ortofoto"ya esas bina sayısı ile orantılıdır.

Uygulamalar süresince her aşamada orijinal hava fotoğrafı üzerinde ve üretilen ortofoto üzerinde ve ayrıca Şekil 6 ve Şekil 7'de yer aldığı gibi mozaik içerisinde yer alan komşu ortofotolar üzerinde radyometrik düzeltmeler yapılmıştır. Sonuç ürüne ait ortofoto piramitleri oluşturularak ortofotoların konuma dayalı bilgi sistemlerinde etkin olarak kullanıma sunulmasının mümkün olduğu görülmüştür. Üretilen ortofotoların kartografik detaylarla uyumu "superimpoze" edilmiş görüntüler ile verildiği gibi, SAM'ne ait 6305 noktadan hesaplanan

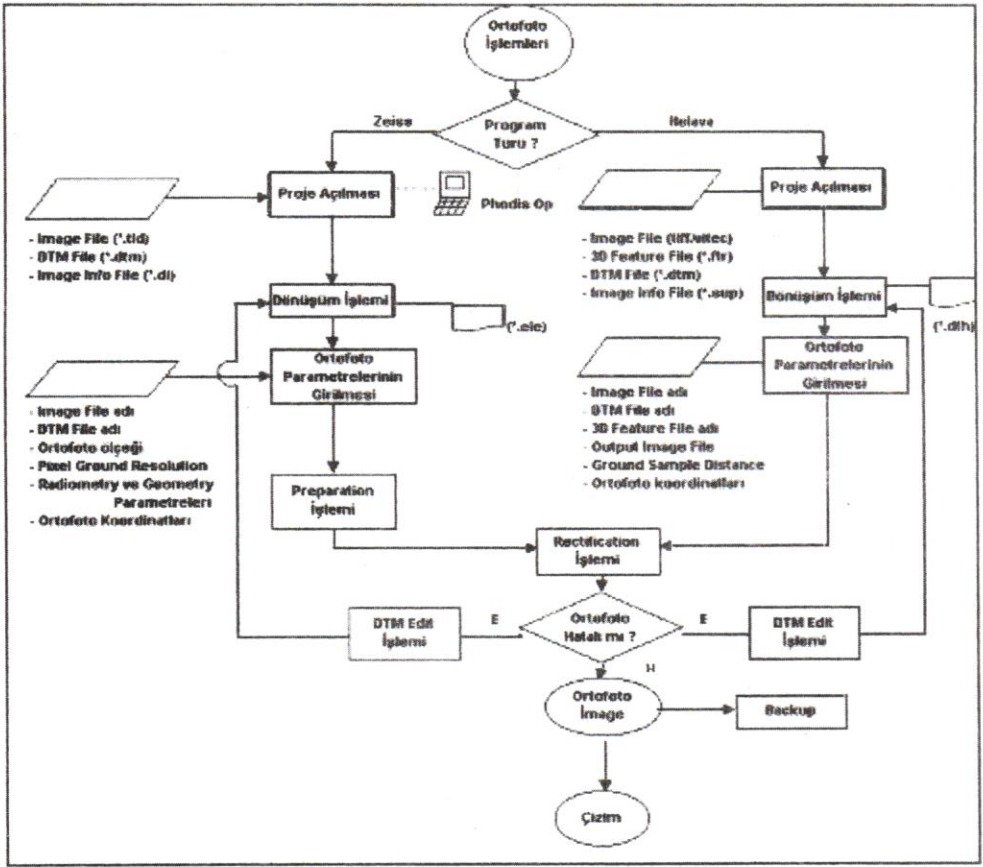


karesel ortalama hata 0.20 m olarak tespit edilmiştir. Hava fotoğraflarının sayısal hale dönüştürülmesini mümkün kılan tarayıcı sistemler, bunların görüntülenmesini sağlayan grafik görüntü ekranları, otomatik çizim sistemleri, veri sıkıştırma ve depolama tekniğindeki gelişmeler neticesinde özellikle fotogrametri alanındaki kıymetlendirme çalışmalarında sayısal kıymetlendirme aletleri analitik değerlendirme aletlerinin yerini almaya başlamış ve otomatik korelasyon tekniği havai nirengi ve otomatik arazi modeli oluşturulması çalışmalarında kullanılır hale gelmiştir. Ancak ülkemizde, sayısal ortofoto haritala üretim için, mevcut yönetmeliklerde SAM' nin oluşturulmasına, doğruluğuna, grid aralıklarının sıklığına ilişkin bir hüküm bulunmamaktadır.

Sayısal Arazi Modeli oluşturmada otomatik korelasyon metodu kullanılarak, büyük ölçekli haritalar için gerekli olan doğruluk değerine ulaşmak, belli şartların gözetilmesi dahilinde mümkündür. Ülkemiz kadastral, konuma bağlı planlama ve yönetim ihtiyaçlarının karşılanması için hızlı, doğru ve ekonomik bir harita üretim yöntemi olan sayısal ortofoto tekniğine dair standartlar oluşturulmalı ve yaygın olarak üretim süreci başlamalıdır. Günümüzde CBS çalışmalarında, jeodezik veya fotogrametrik yöntemler ile ya da mevcut halihazır veya kadastral haritaların sayısallaştırılması gibi yöntemler ile elde edilen verilerle grafik veri tabanı oluşturma çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde farklı yöntemler kullanılması, çok çeşitli ve farklı yapıdaki verilerin içinden gerekli olanı ayıklama gibi bir problemi ortaya çıkarmaktadır. Sayısal fotogrametrinin en önemli ürünlerinden biri olan sayısal ortofoto haritaların ulusal temel harita olarak kullanılması şeklindeki bir yaklaşım böyle sorunları ortadan kaldıracaktır.

## 7. KAYNAKLAR

- Ackermann, F., "Digital Photogrammetry", An Addendum to the Manuel of Photogrammetry, 1996.
- Alkış, A., "Sayısal Arazi Modeli Ders Notları", Yıldız Teknik Üniversitesi, 1987.
- Baz, İ., "Fotogrametri Ders Notları", Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 2002 (Basılmadı)
- Ekinci A., "Ortofoto Haritalardan Kadastroda Yararlanılması", Doğu Karadenizde Kadastro ve Mülkiyet Sorunları Sempozyumu, KTÜ, 1999.
- Güler, A., "Sayısal Arazi Modellerinde İnterpolasyon Yöntemi", Harita Dergisi, Sayı 85, 1987.
- Jacobsen, K., "Data Capture in Photogrammetry", Institute für Photogrammetry and Engineering Surveys, University of Hannover, 1995.
- Krzystek, P., and Ackerman, F., "New Investigations into the Practical Performance of Automatic DEM Generation", ACSM/ASPRS Conference, 1995.
- Manzer, G., "The Study of 3D Visualization Engineering Design", ACSM/ASPRS Conference, pp.158-162, 1995
- Ölçücüoğlu, N., "XVI ISPRS Kongresi Işığında Fotogramrideki Gelişmeler", Harita Dergisi, 1989
- Önder, M. "Sayısal Yükseklik Modellerinde Gelişmeler", Harita Dergisi, 1993
- Özer, H., "Ülke Boyutunda Sayısal Yükseklik Modeli Üretimine Yönelik Topoğrafik Veri Tabanı Tasarımı ve Uygulaması", Doktora Tezi , Y.T.Ü., 1995.
- Schenk, A. F., Modelos Digitales del Terreno y de Superficies, ACSM/ASPRS Conference, pp.145-150, 1995
- Steidler,F., CIP-Ein Allgemeines Programmpaket zur DGM- Interpolation unter Verwendung der Dreieckvermaschung, BuL, 54., pp. 5-16, 1986.



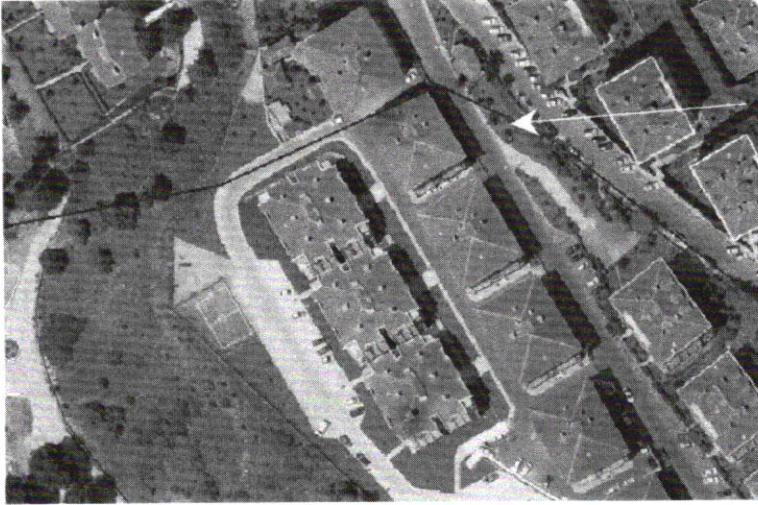
Şekil1. Sayısal Ortofoto Üretimi Akış Şeması



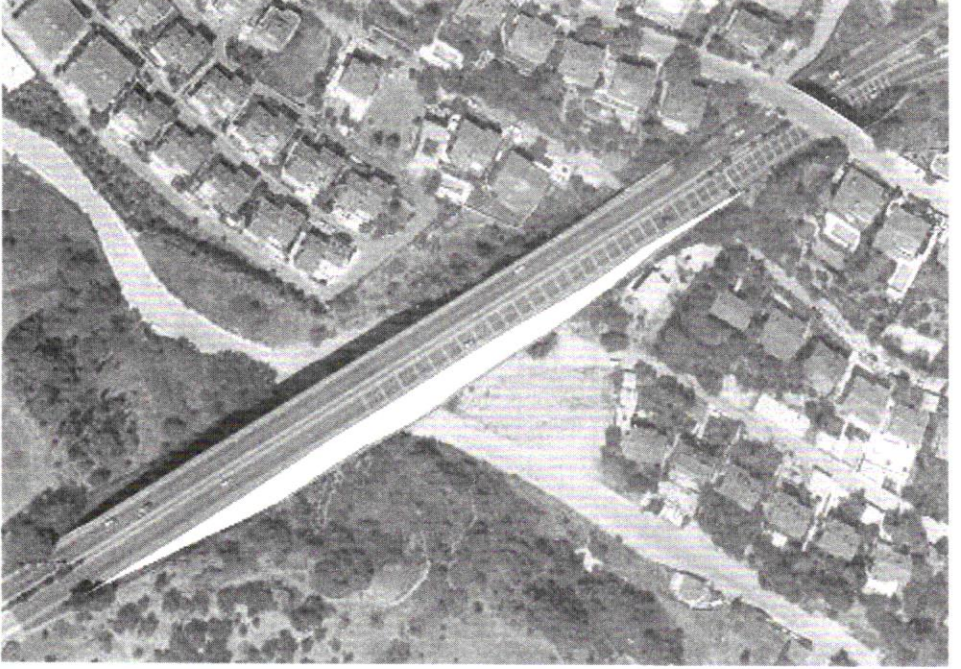
Şekil 2. Birinci Çalışma Bölgesine Ait Sonuç Ortofoto.



Şekil 3. Mozaik Oluşturulurken “Seamline Editor” İle Ortak Bölgelerde Hangi Görüntülerin Kullanılacağı Seçilmelidir.



Şekil 4. Düzeltilmiş “Seamline” ile elde edilen ortofoto.



Şekil 5. Bina ve Viyadük Gibi Yapılara Ait Yükseklik Bilgileri Ortofoto Programına Girildiğinde “True Orthophoto” Elde Edilir.



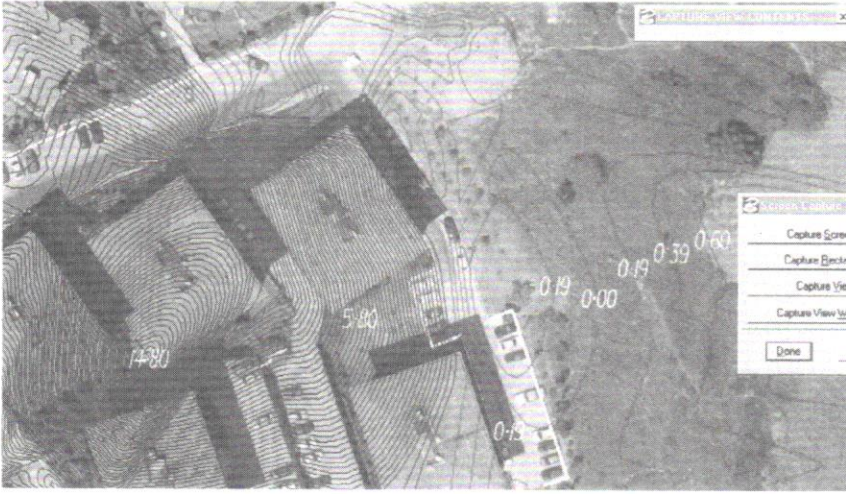
Şekil 6. Radyometrik Düzeltme Uygulanmamış Ortofoto



Şekil 7.Yapılan Radyometrik Düzeltmenin Ortofotonun Görünümüne Etkisi



Şekil 8. Bitki Örtüsü ve Bina Üzerlerinden Geçen SAM Özel Projelerde Kullanılabilir.



Şekil 9. Açık Arazide Arazi Yüzeyinden Geçen Korelasyon Yüzeyi, Binaların Olduğu Bölgede Bina Üzerinden Geçerek 15m'lik Sapma Oluşturmuştur.

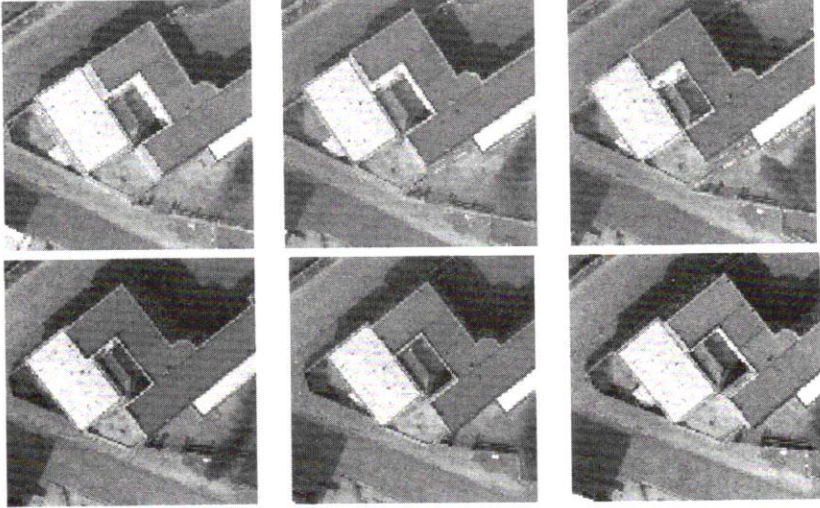


Şekil 10. Açık Arazide Oto korelasyon İle Üretilen SAM'in Kıymetlendirme Operatörünün Derlediği Sayısal Harita İle Uyumlu Olduğu ve Doğru Ortofoto Elde Edildiği Görülmektedir.

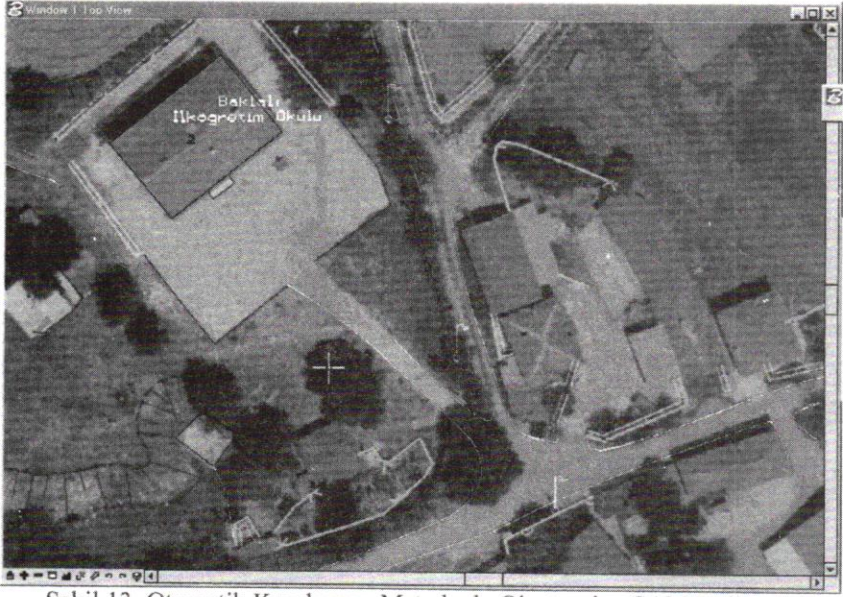




Şekil 11. Beşiktaş Ortaköy Viyadükünün True Ortofoto Öncesi Hali. SAM Hatasının Ortofoto Üzerindeki Etkisi.



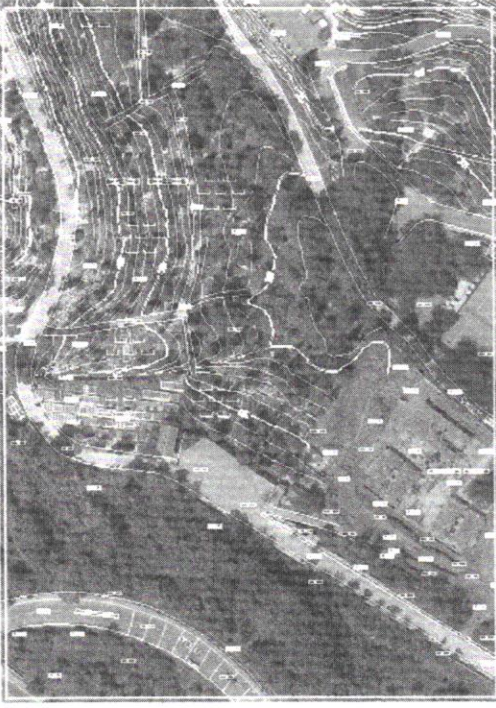
Şekil 12. "True Orthophoto" İşleminde % 90 İleri Bindirme ile Çekilmiş Fotoğraflara İhtiyaç Vardır.



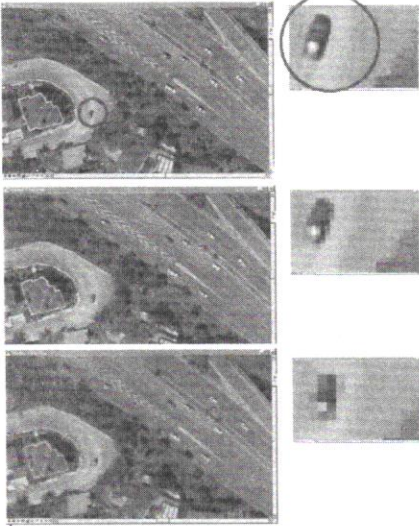
Şekil 13. Otomatik Korelasyon Metoduyla Oluşturulan SAM Kullanılarak Üretilen Ortofoto Haritanın Kartografik Detaylarla Uyumu.



Şekil 14. Otomatik Korelasyon Metoduyla Elde Edilen ve Gerekli Düzeltme Aşamalarından Geçen SAM ile Üretilen Ortofoto.



Şekil 15. Üzerine Seçilmiş Kartografik Bilgilerin Eklendiği Ortofoto Harita.



Şekil 16. Ortofotoda Çözünürlük.