

# 1:25.000 ÖLÇEKLİ FOTOGRAMETRİK HARİTA ÜRETİM SİSTEMİ

O. Eker<sup>a</sup>, O. Fırat<sup>a</sup>, Ö. T. Özerbil<sup>a</sup>, D. Z. Şeker<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Harita Genel Komutanlığı, Fotogrametri Dairesi, Dikimevi Ankara, Türkiye –(oktay.eker, orhan.firat, tuncer.ozerbil)@hgk.mil.tr

<sup>b</sup> İTÜ, İnşaat Fakültesi, 80626 Maslak İstanbul, Türkiye – seker@itu.edu.tr

**ANAHTAR KELİMELEER:** Fotogrametri, SYM, Ortofoto, Üretim sistemi, Otomatik detay belirleme

## ÖZET:

Fotogrametride meydana gelen gelişmelere paralel olarak, bu gelişmelerin harita üretim sistemlerinde uygulanmaya başlanmasıyla birlikte harita üretim maliyetlerinde önemli ölçülerde azalmalar sağlanmaktadır. Örneğin; dijital kameraların ve GPS/IMU'nun hava fotoğraflarının çekiminde ve fotogrametrik nirengi işlemlerinde kullanılmaya başlanmasıyla, harita üretimi için yeryüzünde tesis edilmesi gereken nirengi nokta sayılarından ve ayrıca film, foto-laboratuvar ve hassas fotoğraf tarayıcıda gerçekleştirilen fotoğraf tarama maliyetlerinden tasarruf etme imkanları ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte; harita üretim maliyetinde en fazla yer tutan unsurlardan biri olan fotogrametrik veri kıymetlendirme (toplama) işlemlerinin sürelerini azaltmak, operatör etkileşimini en aza indirmek ve böylece maliyetleri daha da aşağılara çekmek için fotogrametride, özellikle otomatik detay belirleme çalışmalarında, meydana gelen bilimsel ve teknolojik gelişmelerin, harita üretim sistemlerine entegre edilerek harita üretim süreçlerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu makalede; ilk olarak Harita Genel Komutanlığı'nda mevcut 1:25.000 ölçekli harita üretim çalışmalarında kullanılan fotogrametrik veri kıymetlendirme aşamaları incelenerek üretim süreleri ve maliyetleri araştırılmıştır. Mevcut üretim sisteminde, kıymetlendirme işlemleri operatör yardımıyla hava fotoğraflarından oluşturulan stereo modeller kullanılarak 3 boyutlu olarak gerçekleştirilmekte ve kıymetlendirilen veriler yine operatör marifetiyle kartografik ve topolojik düzeltme ve kontrollerden geçirilerek fotogrametrik üretim tamamlanmaktadır. İkinci olarak; üretim sürelerini, operatör etkileşimini ve maliyetleri azaltmak amacıyla mevcut fotogrametrik veri kıymetlendirme sistemine alternatif olarak yeni bir üretim sistemi sunulmuştur. Önerilen sistemde, 1:25.000 ölçekli bir harita için; o haritaya ait mevcut 1:25.000 ölçekli YÜKPAF (Sayısal Yükseklik Paftası) verilerinden yararlanarak, SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) oluşturulmuş ve bu SYM verileri üç boyutlu modeller üzerinde editlenerek düzeltmeler yapılmış ve dereler kıymetlendirilerek kırıklık hatları verisi olarak SYM'ne eklenmiştir. Elde edilen SYM verileri kullanılarak, paftayı kapsayan hava fotoğraflarından 1m. mekansal çözünürlüğe sahip ortofoto görüntüleri oluşturulmuştur. Ayrıca aynı yükseklik verilerinden paftaya ait 10m. aralıklı eş yükseklik eğrileri otomatik olarak oluşturulmuş ve stereo modeller üzerinde editlenerek yardımcı eş yükseklik eğrileri eklenmiştir. Geliştirilen yarı otomatik veri toplama yazılımı ile ortofoto görüntüleri üzerinden yarı otomatik olarak kıymetlendirilebilecek detaylar (yollar, göller vb.) öncelikli olarak kıymetlendirilmiş, eksik kalan nokta detaylar ve otomatik olarak kıymetlendirilemeyen çizgisel detaylar (küçük patika, çit vb.) ise operatör tarafından manuel olarak tamamlanmıştır. Otomatik, yarı otomatik ve elle kıymetlendirilen tüm veriler birleştirilmiş, bu verilerde kartografik ve topolojik kontroller yapılarak, gerekli düzeltmeler operatör ve yazılım etkileşimli olarak yapılarak 1:25.000 ölçekli bir paftanın fotogrametrik üretim süreci tamamlanmıştır. Makalenin son bölümünde; önerilen sistem ile gerçekleştirilen üretim sürecinde karşılaşılan sorunlar ve nedenleri ele alınmıştır. Bu sistem ile üretilen pafta, mevcut sistem ile üretilen paftayla doğrulukları, üretim süreleri ve maliyetleri açısından karşılaştırılarak önerilen sistemin mevcut üretim sisteminin yerini alıp alamayacağı tartışılmış ve önerilen sistemin geliştirilmesi için yapılması gereken çalışmalar ortaya konmuştur.

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda teknolojinin ucuzlaması ve gelişmesinin fotogrametri alanındaki yansımalarına paralel olarak, bu gelişmelerin harita üretim sistemlerinde uygulanmaya başlanmasıyla birlikte harita üretim maliyetlerinde önemli ölçülerde azalmalar sağlanabilmektedir. Dijital kameraların ve GPS/IMU'nun hava fotoğraflarının çekiminde ve fotogrametrik nirengi işlemlerinde kullanılmaya başlanmasıyla, fotogrametrik harita üretimi için yeryüzünde tesis edilmesi gereken nirengi nokta sayılarından, film, foto-laboratuvar ve hassas fotoğraf tarayıcıda gerçekleştirilen fotoğraf tarama maliyetlerinden tasarruf etme imkanları ortaya çıkmıştır.

Bununla birlikte; fotogrametrik harita üretim süreç ve maliyetlerinde en fazla yer tutan unsurlardan biri olan fotogrametrik veri kıymetlendirme (toplama) işlemlerinin sürelerini azaltmak, operatör etkileşimini en aza indirmek ve böylece maliyetleri daha da aşağılara çekmek için

fotogrametride, özellikle otomatik detay belirleme çalışmalarında, meydana gelen bilimsel ve teknolojik gelişmelerin, harita üretim sistemlerine entegre edilerek harita üretim süreçlerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde; Harita Genel Komutanlığı'nda mevcut 1:25.000 ölçekli fotogrametrik harita güncelleme çalışmalarında kullanılan yöntem ve bu yöntem içerisinde önemli bir yer tutan fotogrametrik veri kıymetlendirme aşamaları incelenerek, üretim süreleri ve maliyetleri araştırılmıştır.

Üçüncü bölümde; üretim sürelerini, operatör etkileşimini ve maliyetleri azaltmak amacıyla mevcut fotogrametrik veri kıymetlendirme sistemine alternatif olarak yeni bir üretim sistemi önerilmiştir. Önerilen sistemde, geliştirilen yarı otomatik veri toplama yazılımının üretim sistemine entegre edilmesi amaçlanmıştır. Son bölümde ise önerilen sistem ile gerçekleştirilen üretim sürecinde karşılaşılan sorunlar ve

nedenleri ele alınmıştır. Bu sistem ile üretilen pafta, mevcut sistem ile üretilen paftayla doğrulukları, üretim süreleri ve maliyetleri açısından karşılaştırılarak önerilen sistemin mevcut üretim sisteminin yerini alıp alamayacağı tartışılmış ve önerilen sistemin geliştirilmesi için yapılması gereken çalışmalar ortaya konmuştur.

## 2. 1:25.000 ÖLÇEKLİ FOTOGRAMETRİK HARİTA ÜRETİM MEVCUT İŞ AKIŞI

Harita Genel Komutanlığı'nda mevcut 1:25.000 ölçekli fotogrametrik harita güncelleme ve/veya yenileme çalışmalarında 1:35.000 ölçekli siyah/beyaz hava fotoğrafları kullanılmaktadır. Bu hava fotoğrafları, 20-21 mikron tarama duyarlılığında taranarak sayısallaştırılmakta, Kinematik-GPS yöntemiyle fotogrametrik nirengisi yapılmakta ve ışın demetleri ile blok dengelemesi yapılarak her bir fotoğrafa ait dış yöneltme parametreleri hesaplanmaktadır.

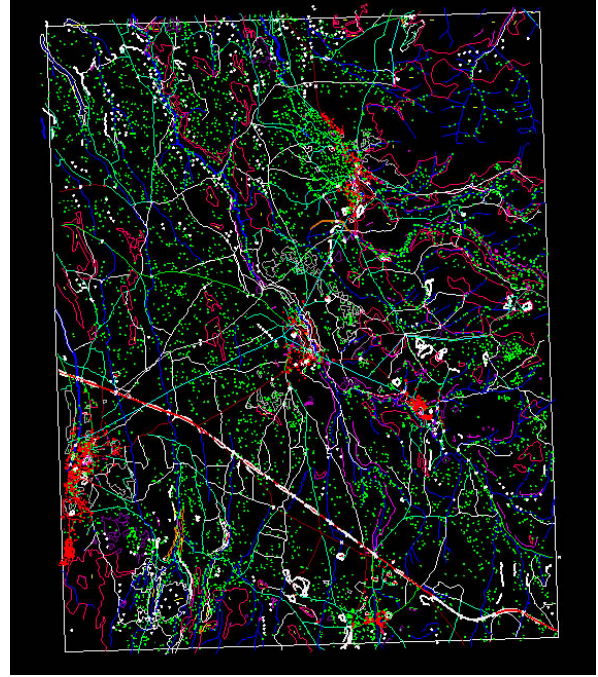
Mevcut 1:25.000 ölçekli güncelleme sisteminde, eş yükseklik eğrileri dışındaki tüm detaylar, söz konusu dış yöneltme parametreleri kullanılarak oluşturulan stereo modeller üzerinden, 3 boyutlu olarak operatör yardımıyla kıymetlendirilmektedir. Eş yükseklik eğrileri ise YÜKPAF (Sayısal Yükseklik Paftası) dosyalarından alınmakta ve stereo modeller üzerine bindirilerek kontrol edilmekte, değişen ve hatalı olan eş yükseklik eğrileri silinerek yeniden kıymetlendirilip düzeltilmektedir. Kıymetlendirilen veriler yine operatör marifetiyle kartografik ve topolojik düzeltme ve kontrollerden geçirilerek fotogrametrik üretim tamamlanmaktadır.

Ortalama zorluk derecesinde seçilen bir adet 1:25.000 ölçekli bir paftanın mevcut güncelleme sisteminde; gerçekleştirilen kıymetlendirme işlemlerinin iş adımları ve bu iş adımlarının gerçekleştirilmesi için harcanmış olan süreler Tablo 1' de gösterilmiştir:

İŞ ADIMLARI	SÜRE (saat)
Stereo modellerin oluşturulması (ortalama 9 adet).	1
Detayların kıymetlendirilmesi	88
YÜKPAF verilerinin kontrolü ve düzeltilmesi	16
Kıymetlendirilen ve düzeltilen verilerin stereo modeller üzerinde kontrolü	4
Format dönüşümleri	1
Kıymetlendirilen verilerin kartografik ve topolojik düzenlemelerinin yapılması	40
<b>TOPLAM</b>	<b>150</b>

Tablo 1. Mevcut iş akışında 1:25.000 ölçekli bir haritanın güncellemesi için gerekli fotogrametrik kıymetlendirme ve veri düzenleme işlemleri ve işlem süreleri.

Tablo 1'de görüldüğü üzere bir adet 1:25.000 ölçekli bir haritanın mevcut güncelleme sistemi ile güncellenmesi (topoğrafik bütünleme ve kartografik çalışmalar hariç) yaklaşık olarak 19 iş günü sürmektedir. Bu harita üretim sürecinin, bir organizasyon için oldukça maliyetli bir süreç olduğunu söylemek yanlış olmaz. Mevcut üretim sistemi ile Tablo 1'de sıralanan işlem adımları sonunda elde edilen 1:25.000 ölçekli harita Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Mevcut iş akışı ile üretilen 1:25.000 ölçekli pafta.

## 3. YENİ BİR 1:25.000 ÖLÇEKLİ FOTOGRAMETRİK HARİTA ÜRETİM SİSTEMİ

Bu çalışmada; üretim sürelerini, operatör etkileşimini ve maliyetleri azaltmak amacıyla mevcut fotogrametrik veri kıymetlendirme sistemine alternatif olarak yeni bir üretim/güncelleme sistemi tanıtılacaktır.

Önerilen sistemde; geliştirilen yarı otomatik veri toplama yazılımı ile ortofoto görüntüler üzerinden yarı otomatik olarak kıymetlendirilebilecek detayların (yollar, göller vb.) öncelikli olarak kıymetlendirilmesi, eksik kalan nokta detaylar ve otomatik olarak kıymetlendirilemeyen çizgisel detayların (küçük patika, çit vb.) ise operatör tarafından manuel olarak tamamlanması hedeflenmiştir.

Bu hedef doğrultusunda, 1:25.000 ölçekli bir harita için; o haritaya ait mevcut 1:25.000 ölçekli YÜKPAF (Sayısal Yükseklik Paftası) verilerinden yararlanarak, SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) verisi oluşturulmuş ve oluşturulan bu SYM verileri, ışın demetleriyle dengeleme sonucunda hesaplanan dış yöneltme parametreleri ile oluşturulan stereo modeller üzerinde editlenerek düzeltmeler yapılmış ve kuru-sulu dereler kıymetlendirilerek kırıklık hatları verisi olarak SYM'ne eklenmiştir. Elde edilen SYM verileri kullanılarak, paftayı kapsayan hava fotoğraflarından 1m. mekansal çözünürlüğe sahip ortofoto görüntüler oluşturulmuştur. Ayrıca aynı yükseklik verilerinden paftaya ait 10m. aralıklı eş yükseklik eğrileri otomatik olarak oluşturulmuş ve stereo modeller üzerinde editlenerek yardımcı eş yükseklik eğrileri eklenmiştir.

Otomatik, yarı otomatik ve elle kıymetlendirilen tüm veriler birleştirilmiş, bu verilerde kartografik ve topolojik kontroller yapılarak, gerekli düzeltmeler operatör ve yazılım etkileşimli olarak yapılarak 1:25.000 ölçekli bir paftanın fotogrametrik üretim sürecinin tamamlanması planlanmıştır. Alternatif olarak önerilen üretim/güncelleme sistemi ile gerçekleştirilen 1:25.000

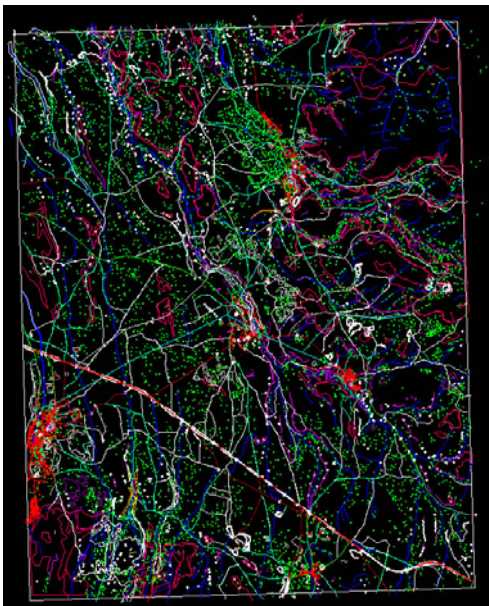
ölçekli pafta güncelleştirilmesinde gerçekleştirilen fotogrametrik işlemler ve harcanan süreler Tablo 2’de sunulmuştur:

İŞ ADIMLARI	SÜRE (saat)
Stereo modellerin oluşturulması (ortalama 9 adet).	1
YÜKPAF verilerinden SYM oluşturma, SYM verilerinin stereo modeller üzerinde kontrolü ve kırıklık hatlarının eklenmesi	8
Ortofoto görüntü ve mozaik oluşturma	4
Mozaik üzerinden geliştirilen yarı otomatik veri toplama yazılımı ile veri toplama	60
Yarı otomatik veri toplama yazılımı ile toplanan verilerin stereo model üzerinde kontrolü ve eksiklerin tamamlanması	4
SYM verilerinden eş yükseklik eğrilerinin otomatik olarak oluşturulması, stereo modeller üzerinde kontrolü, eksikliklerin giderilmesi ve hataların düzeltilmesi	8
Kıymetlendirilen ve düzeltilen verilerin stereo modeller üzerinde kontrolü	4
Format dönüşümleri	1
Kıymetlendirilen verilerin kartografik ve topolojik düzenlemelerinin yapılması	24
<b>TOPLAM</b>	<b>114</b>

Tablo 2. Mevcut iş akışında 1:25.000 ölçekli bir haritanın güncellemesi için gerekli fotogrametrik kıymetlendirme ve veri düzenleme işlemleri ve işlem süreleri.

Tablo 2’de görüldüğü gibi bir adet 1:25.000 ölçekli bir haritanın önerilen güncelleme sistemi ile güncellenmesi (topoğrafik bütünleme ve kartografik çalışmalar hariç) yaklaşık olarak 14 iş günü sürmektedir.

Önerilen üretim sistemi ile Tablo 2’de sıralanan işlem adımları sonunda elde edilen 1:25.000 ölçekli harita Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Önerilen iş akışı ile üretilen 1:25.000 ölçekli pafta.

Önerilen harita üretim yönteminde kullanılan yarı otomatik veri toplama yazılımı hakkında özet bilgiler aşağıda sunulmuştur.

### 3.1 Geliştirilen Yarı Otomatik Veri Toplama Yazılımı

Geliştirilen yarı otomatik veri toplama yazılımı düzey kümesi (level-set) ile görüntü bölümlenme algoritmalarına dayandırılmıştır. Yazılımın tasarımı aşamasında üç problemle karşılaşmıştır. Birincisi; algoritmanın nasıl başlatılacağıdır. Bu problem, operatör tarafından çizilmek istenen detayın üzerinde herhangi bir noktanın (pikselin) işaretlenmesi suretiyle çözülmüştür. Böylece düzey kümesi algoritması operatörün seçmiş olduğu noktadan itibaren çalışmaya başlayacaktır. Bu çözüm yaklaşımın yarı otomatik olması sonucunu doğurmuştur.

İkinci problem ise işaretlenen noktadan itibaren detayın çizilmesi işleminin ilerleyip ilerlemeyeceğine hangi kriterlere göre karar verileceğidir. Bu problem raster görüntüleri oluşturan piksellerin her birinin sahip olduğu renk değerlerinden faydalanılarak çözülmüştür. İşaretlenen noktanın sahip olduğu renk değeri veya belirlenen komşuluk derecesinde, komşu piksellerin renk değerleri ile ortalamasının alınarak bulunan renk değeri, komşu piksellerin renk değerleri ile karşılaştırılmış ve renk farkı belirlenen bir tolerans değeri içinde kalmışsa algoritma devam ettirilmiş, değilse durdurulmuştur. Başka bir deyişle piksellerin renk farklarına bağlı bir bölümlenme gerçekleştirilmiştir. Çizilmesi istenen detay belirlendikten ve işaretleme işleri tamamlandıktan sonra bu detayın bir vektör veri olarak elde edilmesi gerekmektedir. Bu problemin çözümü için de raster veriden vektör veriye dönüşüm işlemi gerçekleştirilmiştir.

Yukarıda bahsedilen üç problemi çözen yarı otomatik veri toplama yazılımı, 5 ana adımdan oluşan bir işlemler bütünü şeklinde tasarlanmıştır. Bu işlem adımları:

- Operatör tarafından değerlendirilmek istenen detayın çizilmesi için başlangıç noktasının veya pikselinin seçimi,
- Seçilen görüntü pikselinin, komşu piksellerle olan renk farkından faydalanılarak görüntü bölümlenmesinin gerçekleştirilmesi,
- Düzey kümesi yöntemi kullanılarak bölümlenmenin yayılması ve yığın yapısı (heap sort) şeklinde depolanması,
- Bu yapıdaki piksellerden 1 bitlik (1 renkli) raster maske görüntüsünün elde edilmesi
- Elde edilen raster maskeden koordinatlı olarak, raster görüntüden vektöre dönüştürme işleminin gerçekleştirilmesini müteakiben bilinen bir formatta detaylara ait vektör verilerin elde edilmesidir.

İlk 4 işlem adımı Borland C++ programlama dili kullanılarak ve sistem kütüphaneleri dışında hiçbir kütüphane dosyası kullanılmadan gerçekleştirilmiştir. 5’nci adım ise internet ortamında bulunan, bir raster görüntüden vektöre dönüşüm açık kodunun, Visual C++ kullanılarak yeniden düzenlenip, kırıklık toleransı ve köşe koordinatları giriş seçeneklerinin eklenerek işlevsellik kazandırılmasıyla gerçekleştirilmiştir (Eker, 2006).

### 3.2 Görüntü Bölümlenme Algoritması

Görüntü bölümlenmesi piksellerdeki renk farkına dayandırılmış olup, bu basit algoritmaya operatör tarafından ayarlanabilir bir

tolerans değeri eklenerek esneklik kazandırılmıştır. Böylece operatöre, kontrastlığın fazla olduğu yerlerdeki detaylarda toleransı yüksek tutarak, sadece bir kez işaretlemek suretiyle büyük alanları belirleyebilme ve çizebilme kabiliyeti kazandırılması öngörülmüştür. Bölümleme algoritmasının eşik değeri olarak görüntünün genişliği ve boyunun çarpımının 2 katı kadar bir değer belirlenmiştir.

Bölümleme, ilk olarak işaretlenen detay noktası temel alınarak başlatılır. Bu detay noktasına denk gelen pikselin ve/veya belirlenen komşuluk derecesine göre komşu piksellerin renk değerleri ile ortalamasının alınması sonucunda elde edilen renk değeri referans olarak alınır. Komşuluk derecesi 0 ise, o pikselin renk değeri, komşuluk derecesi 1 ise etrafındaki 8 piksel ile birlikte ortalamasının alınması sonucunda bulunan renk değeri başlangıç olarak alınır (Eker, 2006).

Burada referans noktasının renk değerleri ile komşu piksellerin renk değerleri arasındaki fark hesaplanırken üç banttaki (kırmızı, mavi ve yeşil) renk farklılıkları ayrı ayrı hesaplanır ve her üçünün de tolerans değerinden küçük olup olmadığı araştırılır.

### 3.3 Düzey Kümesi ile Yayılma ve Depolama

Düzey kümesi algoritması ile yayılmanın yada detay boyunca ilerlemenin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan başlangıç değerine, geliştirilen yöntemin yarı otomatik doğasıyla birlikte çözüm bulunmuştur. Yüzeyin yayılmasına, operatör tarafından işaretlenen pikselden itibaren başlanacaktır ve sıfır düzey kümesi fonksiyonu bu pikselin konumu ile tanımlanacaktır.

Düzey kümesi fonksiyonu için gerekli olan diğer bir bileşen ise yayılmanın kontrolünü sağlayan sınır değeridir. Sınır değeri için çözüm yukarıda anlatılan renk farklarının hesaplanmasıyla gerçekleştirilmiştir.

Geriye, yayılmanın başlatıldıktan sonra, sınır değerini sağlayan komşu piksellerden hangisinden devam edeceği probleminin çözümü kalmıştır. Aslında bu problemin çözümünde, "Hızlı İlerleme" (Fast-Marching) yönteminden faydalanılabilir. Fonksiyon, en küçük değere sahip pikselden itibaren yayılmaya devam edebilir (Sethian, 1998). Fakat, en küçük değer neyi ifade edecektir?

Geliştirilen yöntemde, en küçük değer neyi temsil etmelidir sorusu için operatör tarafından işaretlenen ilk piksel sıfır düzey kümesi fonksiyonu olarak kabul edilmiş ve her komşu piksel (doğu, batı, kuzey, güney yönündeki ilk pikseller) yukarıda açıklanan renk farkı algoritmasıyla kontrol edilmiş ve şartı sağlayan pikseller için sıfır düzey kümesinden (ilk işaretlenen piksel) olan mesafeler hesaplanmıştır ve böylece en küçük mesafeye sahip pikselden itibaren yayılmanın devam ettirilmesi sağlanmıştır.

Yayılmanın tamamlanabilmesi için güncelleme işleminin yapılması gerekmektedir (Sethian, 1998). Güncelleme işleminde, mesafenin hesaplanabilmesi için gerekli olan, kareselleştirme algoritmaları kullanılmıştır (Sethian, 1998).

İşaretlenen piksellerin depolanması ve erişimi için minimum yığın yapısı (heap sort) kullanılmıştır. Minimum yığın yapısında, en küçük mesafeye sahip görüntü hücresi en tepede olacak şekilde bir yapılanma sağlanmıştır. Yığın yapısının korunması için bazı fonksiyonlara ihtiyaç duyulmaktadır. Yığına görüntü hücresinin eklenmesi, görüntü hücresinin

yığına sabitlenmesi, en küçük mesafeye sahip görüntü hücresinin yığından çıkartılması ve yığının her yeni görüntü hücresi eklendiğinde veya çıkartıldığında yapısının yeniden güncellenmesi gerekmektedir.

Bu depolama yapısı sayesinde görüntü hücrelerine ulaşılması, yayılmanın test edilmesi ve hesaplanması ile görüntü hücrelerinin işaretlenmesi ve işaretlenen görüntü hücrelerinin depolanması gibi büyük hacimli işlemlerde hesaplama etkinliğinin artırılması amaçlanmıştır (Eker, 2006).

### 3.4 Rasterdan Vektöre Dönüşüm

Rasterdan vektöre dönüşüm algoritmaları sadece iki tip veri (0 veya 1) içeren 1 bitlik görüntü dosyaları için geçerlidir (ESRI, 1997). Bu yüzden geliştirilen yazılımda, görüntü hücrelerinin seçimi ve işaretlenmesi işlemleri tamamlandıktan sonra, işaretli pikseller dolu, diğerleri ise boş olacak şekilde bir görüntü dizisi oluşturulmaktadır. Bu görüntü dizisinin oluşturulması bir çeşit maskeleyme işlemidir. Elde edilen maske raster görüntü daha sonra 1 bitlik (tek renkli) BMP formatında raster görüntü şeklinde kaydedilmektedir.

Elde edilen maske görüntü dosyasının, vektör veriye dönüştürülmesi amacıyla internet ortamında açık olarak bulunan Visual C++ kodu (URL 1) yeniden düzenlenmiş ve ek imkanlar kazandırılmıştır. Ana programla bağlantısı kurularak, etkileşimli bir arayüzde raster veriden, detayların merkez hatlarının ve sınır hatlarının ayrı ayrı vektöre dönüştürülmesi sağlanmış, ana program üzerinde sol alt köşe koordinatları ile her iki boyutta (x,y) görüntü çözünürlüklerinin girilmesi suretiyle koordinatlı bir vektör veri elde edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca etkileşimli arayüz üzerinde kırıklık toleransının girilmesiyle istenilen yumuşaklıkta ve kırıklıkta vektör veri elde etme olanağı sağlanmıştır. Kırıklık toleransı ile rasterdan vektöre dönüşüm sonucunda elde edilen vektörün köşe noktalarının sıklığı ayarlanmaktadır (Eker, 2006).

Kırıklık toleransı 0 olduğunda hiç yumuşatma yapılmadan tüm pikseller hesaplamaya dahil edilir, kırıklık toleransı arttırdıkça tüm pikseller yerine artan aralıklarla pikseller dikkate alınır ve elde edilen vektör daha düz bir hale getirilir fakat kırıklık toleransının çok fazla artırılması durumunda geometrik doğruluğun bozulması söz konusu olmaktadır (Eker, 2006).

## 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Her iki üretim sistemi ile gerçekleştirilen üretimler sonucunda, önerilen sistem ile paftanın üretimi durumunda yaklaşık olarak 5 iş günü kadar bir kazanç ortaya çıkmaktadır. Sadece üretim süreleri açısından bakıldığında bu kazancın hiç de küçümsenmeyecek bir kazanç olduğu söylenebilir.

Önerilen sistem ile gerçekleştirilen pafta üretiminde kıymetlendirmede ortofoto görüntüler kullanıldığından bazı detayların teşhis edilmesi zorlaşmaktadır. Özellikle çizgisel detaylarda yükseklikleri ile tanımlanabilen bazı detaylar (enerji nakil hatları, kuleler, minareler vb.) ilk bakışta kıymetlendirilememektedir. Kuru dere gibi bazı detayların ise görüntü üzerinde izlenmesi zorlaşmaktadır. Dolayısıyla ortofoto üzerinde kıymetlendirilen ve yükseklikleri SYM'den elde edilen bu detaylar mutlaka stereo modeller üzerine bindirilerek kontrol edilmeli, tamamlanmalı, eksiklikler ve varsa yükseklik hataları giderilmelidir. Bir fikir vermesi açısından sadece ortofoto görüntü üzerinden gerçekleştirilen kıymetlendirme

sonucunda elde edilen nokta detayların sayılarına ait bilgiler Tablo 3'de sunulmuştur:

Detay Cinsi	Stereo	Mono	Oran
Bina	1142	986	%86
Ağaç	4796	2571	%53
Çalı	336	32	%10
Ağıl	23	18	%78
Taş	342	222	%64
Pınar	5	1	%20
Menfez	100	60	%60
Çeşme	5	2	%40
Su deposu	6	3	%50
Sanayi Tesisi	10	10	%100
Cami	6	4	%66
Resmi Bina	8	3	%38
Okul	9	1	%11
Sundurma	3	3	%100
Anten	3	2	%66

Tablo 3. Nokta detayların stereo ve mono görüntüler üzerinde kıymetlendirilmesi sonucunda ortaya çıkan farklar.

Bu çalışmada; önerilen sistem ile pafta üretimi sırasında kıymetlendirilen detayların koordinat doğruluğuda araştırılmıştır. Bu amaçla; önerilen sistem ve mevcut sistem ile üretilen paftada 35 adet ortak kontrol noktası seçilmiş ve bu noktalarda koordinat ölçümleri yapılmıştır. Mevcut üretim sistemi ile elde edilen koordinatlar referans olarak kabul edilmiş olup, önerilen sistem ile üretilen paftada ölçülen koordinatlar için karesel ortalama hatalar hesaplanmıştır.

Planimetrik koordinatlarda (x ve y)  $\pm 1$ m. den daha iyi sonuçlar elde edilirken yükseklikte  $\pm 3$ m. lik bir karesel ortalama hata bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar 1:25.000 ölçekli bir pafta için oldukça iyi sonuçlar olarak kabul edilebilir fakat burada gözden kaçırılmaması gereken nokta, bu sonuçların sadece bu pafta için hesaplanmış olduğudur. Test paftasının oldukça homojen bir yapıya sahip olduğu ve yükseklik farklarının çok olmadığı göz önüne alındığında bu değerlerden emin olunması için farklı arazi karakteristiklerine sahip bölgelere ait haritalarda da benzer çalışmaların yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Son olarak; geliştirilen yarı otomatik veri toplama yazılımının aşağıda belirtilen eksikliklerinin giderilmesi durumunda fotogrametrik harita üretiminde bazı detayların yarı otomatik olarak belirlenmesinde faydalı olabileceği görülmüştür:

- Tolerans değerlerinin uygun olarak ayarlanmadığı durumlarda yanlış detay çıkarımları gerçekleşebilmektedir.
- Çok büyük boyutlu görüntü dosyaları kullanıldığında, tasarlanan algoritmada piksellerin değerleri bilgisayar hafızasına kayıt edildiğinden, çok fazla hafızaya ihtiyaç duyulacağından bazı donanımsal hatalarla karşılaşılabilir.
- Görüntülerin kalitesi, kontrastlığı ve gürültü oranları algoritmanın başarısını önemli ölçüde etkilemektedir.
- Çizgisel detayların yüzey ve kaplama özellikleri ile kontrastlıkları da algoritmanın başarısını etkilemektedir.

Görüntülerdeki kontrastlığın iyileştirilmesi ve gürültü oranlarının azaltılması için anisotropik difüzyon gibi gelişmiş filtreler ile kenar zenginleştirme algoritmalarının geliştirilen yaklaşıma dahil edilebilirliğinin, engellerden kaynaklanan boşlukların doldurulması için farklı enterpolasyon yöntemlerinin uygulanabilirliğinin ve büyük boyutlu görüntülerin bilgisayar ortamlarında daha kolay ele alınabilmesi için piramit seviyelerinin kullanılabilirliğinin araştırılmasının yazılımın üretim sistemlerinde kullanılabilirliği açısından gerekli olduğu düşünülmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

**Eker, O., 2006.** *Hava Fotoğraflarından Yarı Otomatik Olarak Çizgisel Detayların Belirlenmesi*, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**ESRI, 1997.** *ARC/INFO User's Guide Cell-Based Modelling With GRID*, Redlands, USA.

**Sethian, J.A., 1998.** *Fast Marching Methods and Level Set Methods for Propogating Interfaces*, von Karman Institute Lecture Series, Computational Fluid Mechanics, Belgium.

**URL 1,** Rasterdan vektöre dönüşüm programı, <http://www.xmailserver.org/davide.html> , 28 Şubat 2006.