

ULTRACAM-X GÖRÜNTÜLERİNDEN OTOMATİK GÖRÜNTÜ EŞLEME İLE SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ (SYM) ÜRETİMİ

M. Erdoğan, İ.Şahin, D.Baysal, Ö.T.Özerbil

Harita Genel Komutanlığı, Fotogrametri Dairesi, Dikimevi Ankara, Türkiye – (mustafa.erdogan, ismail.sahin, dijle.baysal, tuncer.ozerbil@hgk.mil.tr)

ANAHTAR KELİMELER: Hava Fotoğrafları, SYM, Otomatik Eşleme, Doğruluk

ÖZET:

1990'ların başında 'Digital Fotogrametri' kavramının doğuşu ve gelişimi, çok büyük boyutlardaki sayısal görüntüleri kullanma, bu görüntülerden otomatikleşmiş yöntemlerle çeşitli verilerin üretimi ve vektör verileri işleme olanakları sağlamış ve beraberinde 'Digital Harita' kavramını getirmiştir. Bunun bir sonucu olarak fotogrametrik harita üretiminin digital olarak gerçekleştirilmesini sağlayan digital fotogrametrik sistemler, görüntü işleme sistemleri, hassas foto-tarayıcılar, uzaktan algılama uydusu sistemleri ve sayısal hava kameraları geliştirilmiştir. Özellikle gelişen sayısal hava kamerası teknolojisi fotogrametrideki otomatik işlemlerin doğruluğunun artmasına katkıda bulunmuştur. Bu işlemlerden bir tanesi de otomatik görüntü eşleme ile sayısal yükseklik modeli (SYM) üretimidir. SYM üretimi fotogrametride önemli bir görevdir. SYM'ler tek başına birer ürün olduğu kadar, ortofoto gibi ikinci ürünlerin oluşturulmasında da kullanılmaktadır. Digital fotogrametri, SYM'lerin otomatik toplanması için ideal bir ortamdır. Bilgisayar kapasitelerinin yeterli olduğu günden itibaren, araştırmacılar otomatik SYM toplama üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışma da 45 cm. çözünürlüklü Vexcel Ultracam-X sayısal hava kamerası ile elde edilen görüntüler kullanılarak otomatik görüntü eşleme ile SYM üretimi yapılmış ve elde edilen SYM'lerin doğruluğu test edilmiştir.

Stereo modellerden otomatik SYM üretimi üç aşamadan oluşmaktadır : (1) Karşılıklı noktaların bulunması (Görüntü Eşleme), (2) Yüzeyin enterpolasyonu ve sıklaştırılması (Yüzey Geçirme), (3) SYM'nin kontrolü ve düzeltilmesi (Kalite Kontrol). Karşılıklı noktaların bulunması işlemi, görüntü eşleme bazen de görüntü korelasyonu olarak adlandırılır. Birinci aşamada elde edilen noktalar tam dağılım gösterememekte ve yüzeyi tam olarak temsil edememektedir. Görüntüdeki bütün pikseller seçilse bile eşlemenin başarılı olmadığı yerlerde boşluklar meydana gelecektir. Bu yüzden 3 boyutlu noktaların enterepol edilmesi gerekmektedir. Bu enterpolasyon işlemine yüzey uydurma adı verilmektedir. Bir kere başlatıldığında ilk iki aşama için genellikle insan müdahalesi gerekmemekte olup üçüncü görev tamamen insan müdahalesini gerektirmektedir. Ancak özellikle ilk aşamanın doğruluğu elde edilecek sonuç ürün olan SYM'nin doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Sayısal hava kameralarının avantajı da işte bu aşamada ortaya çıkmaktadır. Çalışmada sayısal hava kamerası görüntülerinin radyometrik çözünürlüğünün SYM doğruluğuna katkısı da araştırılmıştır. Bu maksatla görüntü eşlemede hem 8 bitlik hem de 12 bitlik görüntüler kullanılmıştır. Üretilen SYM'lerin doğruluğunu test edebilmek amacıyla 1,5 x 1,5 km'lik bir alanda manuel olarak eş yükselti eğrisi ve kritik arazi hatlarının (su bölümü, dere vb.) kıymetlendirmesi yapılmış ve bu veriden SYM üretilerek referans olarak kabul edilmiştir. Teorik olarak yüksek radyometrik çözünürlük, eşlenen piksel sayısını ve doğruluğunu artırarak sonuçta elde edilen SYM doğruluğunu da artıracaktır. Bu çalışma ile bu beklentinin doğruluğu gösterilmiştir.

1. GİRİŞ

1.1 Sayısal Arazi Modeli

Sayısal arazi modeli gerçekte, arazinin topoğrafik yüzeyinin, matematiksel tanımı yapılabilen bir yüzeye temsil edilmesi problemidir. Bu problem, topoğrafik yüzey üzerinde üç boyutlu koordinatlarıyla tanımlanmış dayanak noktalarına dayalı olarak çözülebilmektedir.

Sayısal arazi modelinin gerçek topoğrafyaya uygunluğu, bu modelin dayandığı dayanak noktalarının uygun sıklıkta ve özelliklerde derlenmesine bağlıdır. Arazi üzerinde, arazinin çatısını oluşturan su toplama ve su ayrımı çizgilerini belirleyen noktalar ile, eğimin değiştiği yerleri belirleyen noktaların dayanak noktaları olarak alınması durumunda, bu noktalara dayalı olarak oluşturulan model şüphesiz topoğrafik yüzeye daha uyumlu olacaktır. Ancak, oluşturulacak modelin topoğrafik yüzeye uygunluğunu sağlamak için çok sayıda örnekleme noktasının seçimi de yöntemin özü ile bağdaşmaz (Koçak, 1998).

SYM'de amaç uygun sayıda dayanak noktası yardımı ile topoğrafik yüzeye ait yeni noktaların yüksekliklerini elde etmektir. Yeni noktaların yükseklikleri dayanak noktalarından yararlanılarak hesaplamalarla belirlenebilmektedir. Uygulanacak modele göre hesaplamalar bir yüzey enterpolasyonu olarak tanımlanmaktadır.

Sayısal arazi modelleri ile üretilen noktalar, topoğrafik yüzeyi sayısal olarak temsil eden değerler olduğuna göre, uygun yazılımlarla topoğrafyayı konu alan birçok mühendislik uygulaması için bilgisayar olanakları ile işlenebilmektedir. Sayısal arazi modeli işlemleri üç gruba ayrılarak incelenebilir. Bunlar;

- Verilerin toplanması,
- SYM oluşturma (Enterpolasyon),
- Bilgilerin depolanması ve sergilenmesi,

olarak sıralanabilir.

SYM'lerin doğruluğu da yoğun olarak araştırılan önemli konulardan biridir. Doğrulukların testi amacıyla daha yüksek doğruluklardaki referans verilerin kullanılması gerekir. Kabul edilebilir test noktaları tercih sırasına göre: Arazi kontrol noktaları, daha yüksek doğrulukta diğer bir SYM, havai nirengisi yapılmış test noktaları, nokta yükseklikleri veya kaynak haritalarda uygun aralıktaki eş yükseklik eğrileri üzerindeki noktalar (Erdoğan, 2000).

1.2 Otomatik Görüntü Eşleme

Eş, kelime anlamı olarak; bir diğerine benzer ya da aynı olan bir kimse ya da şeydir. Eşleme; eşitini ya da benzerini bulmak veya yapmak anlamında kullanılır. Aynı şekilde eşleme problemi de, ilişki kurma olarak ifade edilir. Veri setleri; görüntüleri, haritaları, obje modellerini ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) verilerini temsil eder.

Sayısal görüntü eşleme, en azından kısmen aynı manzarayı içeren iki veya daha fazla sayısal görüntüden elde edilen temel elemanlar arasındaki ilişkinin otomatik olarak kurulmasıdır. Temel elemanlar, görüntülerden çıkarılan detaylar veya gri düzey ton pencereleri olabilir (Heipke, 1996).

Fotogrametrik işlem adımlarının pek çoğu bir şekilde eşleme ile ilişkilidir. Somut örnekler gösterecek olursak; iç yönlüde resim kenar göstergesinin iki boyutlu modelinin eşlenmesi, karşılıklı yönlüde ve fotogrametrik nirengide nokta transferi, sayısal arazi modellerinde bir görüntü bölümünün diğer görüntü bölümleriyle eşlenerek üç boyutlu arazi noktalarının elde edilmesi sayılabilir.

Görüntü eşleme ile ilgili ilk çalışmalar 1950'li yılların sonlarında (Hobrough, 1959) başlamış olmasına rağmen, sonuçlanmasının neden çok uzun zaman aldığı düşünülebilir. Verilecek ilk cevap, piksel olarak adlandırılan en temel görüntü elemanının bilgi içeriği dikkate alınarak ortaya konur. 15 µm ile taranan bir hava fotoğrafı yaklaşık olarak 285 milyon pikselden ve her bir gri tonu da 0 - 255 arasında bir değerden oluşur. Bu değerlerin büyüklüğü; tek tek piksellere dayalı bir eşlemenin imkânsız olduğunu göstermektedir.

Daha gerçekçi bir yaklaşım, çapraz korelasyon tekniğidir. İki pencerenin çapraz korelasyon fonksiyonunu hesaplamak için, bir kalıp pencere daha büyük bir araştırma penceresi boyunca piksel piksel gezdirilir ve her bir konum için kalıp pencere ile araştırma penceresinin ilgili bölümü arasında hesaplanan bir çapraz korelasyon katsayısı bulunur. Çapraz korelasyon fonksiyonunun maksimum sonucu, kalıp ve araştırma pencereleri arasındaki en iyi eşleme durumunu ifade eder (Heipke, 1996).

1.3 Çalışma Bölgesi

Çalışma alanı olarak Ankara Gölbaşı bölgesinde 1,5 km x 1,5 km'lik bir arazi (Şekil 1) seçilmiştir. Arazi, çıplak bir arazi olup, ormanlık alanlar bulunmamaktadır. Yer yer evler ve tarım alanları ile çevrilidir. Bölge, genel olarak düz veya az eğimli bir yapıya sahiptir. Ani arazi değişiklikleri bulunmamaktadır. Arazi yükseklik değerleri 1087 m ile 1240 m arasında değişmekte olup, maksimum yükseklik farkı 153 metredir. Otomatik görüntü eşleme ile SYM üretimi için arazinin yollar, tarla sınırları gibi bol detaylı olması bir avantajdır.



Şekil 1. Çalışma bölgesi

2. VEXCEL ULTRACAM-X SAYISAL KAMERA GÖRÜNTÜLERİNDEN OTOMATİK GÖRÜNTÜ EŞLEME İLE SYM ÜRETİMİ

Çalışmada sayısal hava kamerası görüntülerinin radyometrik çözünürlüğünün SYM doğruluğuna katkısı araştırılmıştır. Bu maksatla görüntü eşlemede hem 8 bitlik hem de 12 bitlik görüntüler kullanılmıştır. Üretilen SYM'lerin doğruluğunu test edebilmek amacıyla 1,5 x 1,5 km'lik bir alanda manuel olarak eş yükselti eğrisi ve kritik arazi hatlarının (su bölümü, dere vb.) kıymetlendirmesi yapılmış ve bu veriden SYM üretilerek referans olarak kabul edilmiştir.

2.1 Eş Yükseklik Eğrilerinden SYM Üretimi

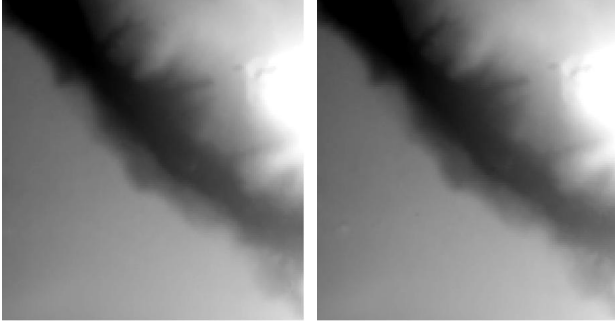
Sayısal yükseklik modeli üretiminde kullanılan eş yükseklik eğrileri stereo modellerden kıymetlendirme ile elde edilmiştir. Bunun sonucunda elde edilen eş yükseklik eğrilerinden PCI Geomatica programının OrthoEngine modülü kullanılarak SYM oluşturulmuştur. Oluşturulan SYM Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Eş yükselti eğrilerinden oluşturulan SYM

2.2 Otomatik Görüntü Eşleme İle SYM Üretimi

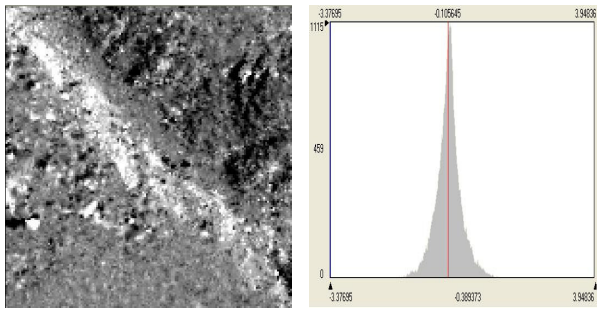
Otomatik görüntü eşleme ile SYM üretiminde LPS (Leica Photogrammetry Suite) yazılımı kullanılmıştır. Yazılımda projenin oluşturulmasını müteakip dış yönlüme bilgileri import edilmiştir. Daha sonra otomatik görüntü eşleme ile 10 metre çözünürlüğünde SYM üretilmiştir. Bu işlem hem 8 bit hem de 12 bit radyometrik çözünürlüğünde görüntülerle gerçekleştirilmiştir. Üretilen SYM'ler Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Otomatik görüntü eşleme ile oluşturulan SYM (8 bit ve 12 bit radyometrik çözünürlüğünde görüntülerle)

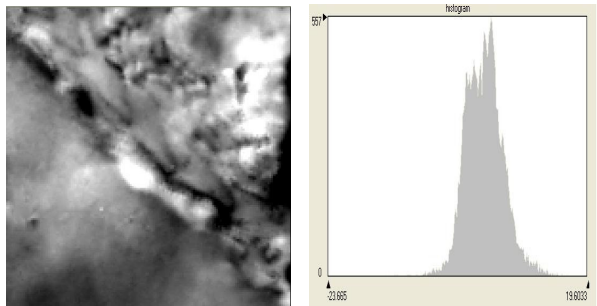
2.3 SYM'lerin Karşılaştırılması

12 ve 8 bit radyometrik çözünürlüğün otomatik görüntü eşlemeye etkisini görmek amacıyla bu görüntülerden üretilen SYM'lerin birbirinden farkı alınmıştır. Elde edilen fark görüntüsü ve bu görüntüye ilişkin histogram Şekil 4'de gösterilmiştir. Bu görüntüde beyaz ve siyah alanlar farkın büyük olduğu, gri alanlar ise farkın küçük olduğu yerleri göstermektedir. Şekil incelendiğinde özellikle bölgenin Kuzeybatı-Güneydoğu yönünde uzanan vadi boyunca ve vadinin kuzeydoğusundaki kısmen sarp arazide farkların daha yüksek olduğu görülmektedir.

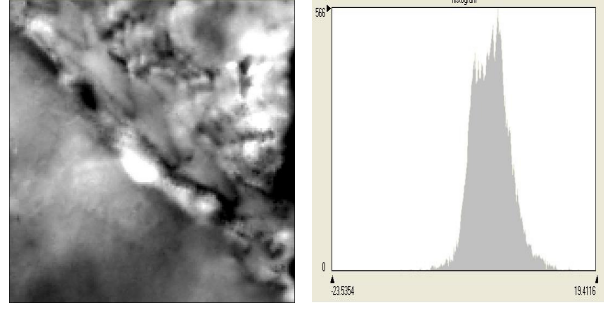


Şekil 4. 12 bit ve 8 bit SYM arasındaki fark ve grafiği

Otomatik görüntü eşleme ile üretilen SYM'lerin doğruluğunu test etmek amacıyla eş yükselti eğrilerinden üretilen SYM referans kabul edilmiş ve diğer SYM'lerin bu SYM'den farkları alınmıştır. Bu farklar aslında ilgili noktadaki yükseklik hatasını göstermektedir. Elde edilen hata görüntüleri ve bu görüntülere ilişkin histogramlar Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu görüntülerde de beyaz ve siyah alanlar hataların büyük olduğu, gri alanlar ise hataların küçük olduğu yerleri göstermektedir.



Şekil 5. Eş yükseklik eğrilerinden üretilen SYM ile otomatik görüntü eşleme (12 bit) ile üretilen SYM arasındaki fark ve grafiği



Şekil 6. Eş yükseklik eğrilerinden üretilen SYM ile otomatik görüntü eşleme (8 bit) ile üretilen SYM arasındaki fark ve grafiği

Şekil 5 ve Şekil 6'da bölgenin Kuzeybatı-Güneydoğu yönünde uzanan vadi üzerinde ve vadinin kuzeydoğusundaki kısmen sarp arazide hataların büyük olduğu çok beyaz ve çok siyah bölgeler görülmektedir. Bu bölgelerden tam ortada olan beyaz alan Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde bu bölgede otomatik görüntü eşlemeyi sağlayacak yeterli detayın bulunmadığı görülmektedir. Bu da eşleme başarısının düşmesine ve hataların artmasına neden olmaktadır. Hatalı olan diğer bölgeler incelendiğinde bu alanlarda da benzer bir yapının bulunduğu görülmüştür. Bu alanlarda hatalar 15 metre civarındadır.



Şekil 7. Hatası yüksek olan bölge

SYM'lerin farklarının alınması sonucu elde edilen 23542 noktaya ilişkin hata değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde 12 bitlik ve 8 bitlik görüntülerden elde edilen SYM'lerin birbirine oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Otomatik görüntü eşleme ile elde edilen iki SYM arasında belirgin bir fark bulunmamaktadır. Ancak otomatik görüntü eşleme ile üretilen SYM'lerin referans SYM ile karşılaştırılması sonucu ortalama hatalar 3 metre civarında olmakla birlikte 20 metre civarında maksimum hataların oluşabileceği görülmüştür. Bu değerler birçok uygulama için yeterlidir. Ancak standart topografik harita üretimi gibi çalışmalar için otomatik görüntü eşleme ile üretilen SYM'lerin stereo modeller üzerinde düzeltilerek kullanımının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

	Min. Max. Hata (m.)	Mutlak Ort. Hata (m)	Ort. Hata (m)	Kar. Ort. Hata (m)
12 bit – 8 bit	-3.377 3.9484	0.293	-0.106	0.392
Eş yük. eğr.– 8 bit	-23.665 19.603	3.242	2.306	3.556
Eş yük. eğr.–12 bit	-23.535 19.412	3.157	2.200	3.513

Tablo 1. SYM'lerin karşılaştırılması

3. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında, stereo modellerden kıymetlendirme ile elde edilen eş yükseklik eğrilerinden ve hem 8 bit hem de 12 bit radyometrik çözünürlüğü sahip görüntülerle otomatik görüntü eşleme ile SYM üretilmiştir. Daha sonra 12 ve 8 bit radyometrik çözünürlüğün otomatik görüntü eşlemeye etkisini görmek amacıyla bu görüntülerden üretilen SYM'lerin birbirinden farkı alınmıştır. Ayrıca, otomatik görüntü eşleme ile üretilen SYM'lerin doğruluğunu test etmek amacıyla eş yükselti eğrilerinden üretilen SYM referans kabul edilmiş ve diğer SYM'lerin bu SYM'den farkları alınmıştır.

Elde edilen sonuçlar 12 bit radyometrik çözünürlükteki görüntülerden otomatik görüntü eşleme ile üretilen SYM'nin 8 bitlik görüntüden üretilenden çok az farklı olduğunu, bu farkında özellikle detayların az olduğu yerlerde oluştuğunu göstermiştir.

Eş yükselti eğrilerinden üretilen referans SYM ile otomatik görüntü eşleme ile üretilen SYM'lerin karşılaştırılması sonucu hataların ortalama 3 m ve civarında olduğu görülmüştür. Erdoğan (2000)'e göre klasik hava kameraları ile elde edilen görüntülerden otomatik görüntü eşleme ile üretilen SYM'lerin karesel ortalama hataları 7 m civarındadır. Burada yapılan çalışma genel olarak sayısal hava kamerası görüntülerinin kullanılmasının otomatik görüntü eşleme doğruluğunu artırdığını göstermektedir. Ancak, bu sonucun aynı bölgeye ilişkin klasik ve sayısal hava kamerası görüntüleri kullanılarak sağlamaştırılmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

Erdoğan, M., 2000. Investigating The Effect Of Digital Elevation Model Accuracy On The Planimetric Accuracy Of Orthorectified Spot Imagery, *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Erdoğan, M., 2008. Veri Türü, Kalitesi ve Üretim Yöntemine Göre Sayısal Arazi Modeli Standartlarının Belirlenmesi, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Heipke, C., 1996. Overview of Image Matching Techniques, *Official Publication*, OEEPE.

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