YOĞUN GÖRÜNTÜ EŞLEME ALGORİTMALARI İLE YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ SAYISAL YÜZEY MODELİ ÜRETİMİ

Naci YASTIKLI[a], Hüseyin BAYRAKTAR[b]

[a]Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Davutpaşa, İstanbul, ynaci@yildiz.edu.tr
[b]Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Söğütözü Mah., 2179. Sk, Balgat, Ankara, huseyin.bayraktar@csb.gov.tr

ÖZET

Yeryüzünün üç boyutlu (3B) modelinin üretilmesi, kentsel planlama, acil durum yönetimi, tarım, ormancılık, hidrografya vb. gibi çok farklı uygulama için kritik öneme sahiptir. Bu modellerden sayısal arazi modeli (SAM) ve sayısal yükseklik modeli (SYM) çıplak yeryüzünü ifade ederken, sayısal yüzey modeli (YM) yeryüzü ve üzerindeki bina, ağaç ve insan yapısı objeleri ifade etmektedir. Bu üç boyutlu modellerin üretimi için interferometrik SAR (InSAR), stereo uydu görüntüleri, LiDAR ve fotogrametri yöntemleri tercih edilmektedir. LiDAR ve fotogrametri yöntemleri büyük ölçekli ortofoto ve gerçek (true) ortofoto üretimi için yüksek çözünürlüklü SYM, YM üretiminde çoğunlukla tercih edilen yöntemlerdir. LiDAR ile 10-16 nokta/m^2 nokta sıklığına sahip YM üretilebilmektedir. Klasik görüntü eşleme algoritmaları kullanılarak otomatik YM üretiminde kullanılan yazılımlarda tekrarlı yapı özelliği gösteren ormanlık alanlar ve yeşil alanlarda sorunlar yaşanmakta ve bu alanlarda nokta üretilememektedir. Günümüzde yapılan araştırmalar, hava fotoğrafları kullanılarak çok yoğun YM üretimi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalar sonucunda geliştirilen yoğun görüntü eşleme yaklaşımı ile hava fotoğrafındaki her bir piksel için nokta üretimi olanaklı hale gelmiştir.

Bu çalışmada, yoğun görüntü eşleme algoritmaları kullanılarak sayısal yüzey modeli üretim olanakları araştırılmıştır. Test verisi olarak, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 1/1000 ölçekli harita üretimi amacı ile 11 Eylül 2013 tarihinde UltraCam Xp hava kamerası ile çekilen sayısal hava fotoğrafları kullanılmıştır. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen Yüksek Çözünürlüklü YM ve Gerçek Ortofoto Üretimi Projesi kapsamında sağlanan bu sayısal hava fotoğrafları, kamera kalibrasyon bilgileri ve dış yöneltme elemanları kullanılarak yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretimi yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile gerçekleştirilmiştir. Açık alan, ormanlık alan ve yerleşim alanı gibi farklı arazi tiplerini kapsayan İstanbul test alanda bu yeni yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile üretilen 10 cm grid aralığına sahip YM üretim performansı değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Fotogrametri, Görüntü Eşleme, Hava Fotoğrafları, Sayısal Yükseklik Modeli, Sayısal Yüzey Modeli

ABSTRACT

HIGH RESOLUTION DIGITAL SURFACE MODEL GENERATION BY DENSE IMAGE MATCHING ALGORITHMS

The digital representation of the Earth surface in three dimensions (3D) has vital importance in wide range of applications such as urban planning, disaster management, agriculture, forestry and hydrology. In these 3D models, the digital terrain model (DTM) and the the digital elevation model (DEM) are describe the bare Earth surface but the digital surface model (DSM) is describe the Earth surface and objects on the Earth surface including all non-terrain objects such as buildings, threes and man-made constructions. The Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR), space-borne stereo imagery, Light Detection and Ranging (LiDAR) and photogrammetry are preferred for generation of 3D models. The LiDAR and photogrammetry techniques are mostly preferred techniques for high resolution DEM and DSM generation to the larger scale orthophoto and true orthophoto generation. LiDAR can produce DSM with the density of 10-16 pts/m^2. The traditional image matching algorithm face with the problems in forest area and vegetated areas which have repeated pattern and point generation is not possible in that area during the DSM generation. Nowadays, researches are focus on the dense DSM generation using aerial photographs. As a result of these researches, the point generation can be possible for every pixel of aerial photograph with developed dense image matching algorithm.

In this study, the DSM generation possibilities' using the dense image matching algorithm was investigated. The aerial images were used in this study as test data set which was taken on September 11, 2013 with the UltraCam Xp aerial camera in the context of the 1/1000 scaled photogrammetric map production project of Istanbul Metropolitan Municipality. The large scale DSM was produced with dense image matching algorithm using the aerial images, camera calibration information, and interior and exterior orientation parameters of the images which was supplied by the scope of The Directorate General of Geographic Information Systems of the Ministry of Environment and Urbanism of Turkey. The performance of the 10 cm grid spacing DSM produced with new dense image matching algorithm was evaluated over the Istanbul test area which includes different terrain types including open area, forest area and urban area.

Keywords: Photogrammetry, Image Matching, Aerial Images, Digital Elevation Model, Digital Surface Model

1. GİRİŞ

Fotogrametri ve uzaktan algılama yöntemi ile üretilen veriler yıllardır coğrafi bilgi sistemi (CBS) uygulamalarının vazgeçilmez bir veri kaynağı olmuştur. Özellikle yeryüzünün üç boyutlu (3B) modelinin üretilmesi, kentin yönetimini hedefleyen kent bilgi sistemi uygulamaları ya da bölgesel ve ulusal ölçekte planlama, acil durum yönetimi, tarım, ormancılık, hidrografya vb. gibi çok farklı amaçlar için oluşturulan coğrafi bilgi sistemi uygulamaları için kritik öneme sahiptir. Bugün, sayısal arazi modelleri (SAM) ya da sayısal yükseklik modelleri (SYM) CBS uygulamalarında olmazsa olmaz bir katman haline gelmiştir. Sayısal arazi modelleri ve sayısal yükseklik modelleri birçok kaynakta birbirlerine yakın anlamda, çıplak yer yüzeyine ait 3 boyutlu modelin ifadesi için kullanılmaktadır. Bu iki model arasındaki temel fark SAM' ın SYM' ye ek olarak yer yüzeyine ait su ayrım ve toplama çizgileri ve tepe ve çukur noktaları gibi karakteristik noktaları içermesidir (Yastıklı, 2007). Her iki modelde çoğunlukla X ve Y yönünde düzenli aralıklı gridin orta noktasına ilişkin yükseklik bilgisi ile ifade edilen grid yapıda sunulmaktadır. Sayısal yüzey modelinde (YM) ise, SAM ve SYM' den farklı olarak yer yüzeyi üzerindeki bitki örtüsü, orman, insan yapısı objelerin üst yüzeyine ilişkin yükseklik bilgisi içermesidir. Sayısal yüzey modelleri de çoğunlukla grid yapıda üretilmektedir. Bugün birçok ülke sayısal haritalar gibi SYM ve SAM üretimini ülke çapında gerçekleştirmekte ve belirli aralıklarla güncellemektedir.

Global ölçekli sayısal yükseklik modeli ya da yüzey modeli üretiminde uydu bazlı stereo optik ya da radar görüntüleri kullanarak görüntü korelasyonu veya SAR interferometri yöntemi tercih edilmektedir. Bu yöntemlerle ilk olarak sayısal yüzey modeli üretilmektedir. Sayısal yükseklik modeli, filtreleme aşamasında çıplak yer yüzeyine ait olmayan noktaların sayısal yüzey modelinden elimine edilmesi sonrasında gerçekleştirilen enterpolasyon sonucunda elde edilmektedir. Farklı grid aralıklarında üretilen SPOT 5 HRS, ASTER, SRTM C' SYM'leri global SYM'lere örnek olarak verilebilir. Üretilen bu global SYM' lerin doğrulukları, üretim yöntemleri ve proje alanındaki farklı arazi sınıflarına göre değişmektedir (Yastıklı vd., 2014). Yerel ölçekli uygulamalarda diğer bir ifade ile büyük ölçekli uygulamalarda, sayısal fotogrametri ve LiDAR (Light Detection and Ranging) ile üretilen SYM ve YM' ler tercih edilmektedir. Sayısal fotogrametri yönteminde görüntü eşleme yöntemleri kullanılarak SYM ve YM üretimi otomatik olarak yazılımlarla gerçekleştirilmektedir. Aktif bir algılama sistemi olan LiDAR ile yeryüzü ve üzerindeki bitki örtüsü, orman, insan yapısı objelerin üst yüzeyine ilişkin sayısal yüzey modeli yoğun nokta bulutu olarak üretilmektedir. LiDAR ile aynı zamanda yoğunluk ("intesity") verisi de kaydedilmekte ve çoğu zaman sayısal hava kamerası ve GPS/IMU sisteminden oluşan çoklu algılama sistemi ile veri toplanmaktadır. LiDAR ile oldukça yoğun nokta bulutu (10-16 nokta/m^2) üretilebilmektedir fakat bu yöntemin sınırlaması pahalı bir yöntem olmasıdır. Uzaktan algılama uydularının çözünürlükleri gün geçtikçe artmakta ve bu uydularla yüksek çözünürlüklü 50 cm yer örnekleme aralığı (GSD) altında uydu görüntüleri (örneğin WorldView-2 uydusu) kaydedilebilmektedir. Benzer şekilde TerraSAR-X (TSX) ve Cosmo-SkyMed uyduları ile 1 m çözünürlüklü SAR görüntüleri elde edilebilmektedir. Bu yüksek çözünürlüklü stereo optik ve radar görüntüleri ile yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modelleri üretilebilmektedir.

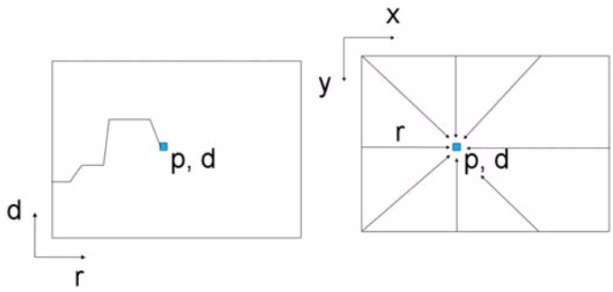
Sayısal fotogrametri ile otomatik sayısal yükseklik modeli ya da yüzey modeli üretiminde kullanılan görüntü eşleme algoritmaları çoğunlukla öznitelik tabanlı ("feature based matching") görüntü eşleme yaklaşımını kullanmaktadır. Bu yaklaşımda önce stereo görüntü çiftlerinden birinde öznitelikler çıkarılmakta sonrasında bu özniteliklerin diğer görüntüdeki karşılıkları bulunmaktadır (Yastıklı, 2013). Bu yaklaşımda stereo görüntülerdeki renk, ton, ölçek değişimleri eşlemenin kalitesini doğrudan etkilemekte, eşlenen nokta sayısını azaltmaktadır. Benzer şekilde kentsel alanlarda yerden yüksek bina ve ağaçlar sorunlara sebep olmaktadır (Yastıklı ve Jacobsen., 2003). Yine tekrarlı yapı özelliği gösteren çim alanları, ağaçlık alanlar ve ormanlık alanlarda klasik görüntü eşleme yöntemi ile otomatik SYM üretiminde başarısız sonuçlar elde edilmektedir.

Son zamanlarda geliştirilen stereo görüntülerde kullanılan yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile görüntü eşleme işlemi görüntülerdeki her bir piksel için gerçekleştirilebilmektedir. Sonuç olarak bu yoğun görüntü eşleme algoritmaları kullanılarak çok sık nokta bulutu üretilmekte, üretilen sayısal yüzey modelinin sıklığı stereo görüntülerin yer örnekleme (GSD) aralığına eşit olabilmektedir. Bu yöntemle, stereo görüntülerdeki renk, ton, ölçek değişimleri ya da görüntülerdeki tekrarlı yapı özelliği gösteren çim alanları, ağaçlık alanlar, ormanlık alanlar ve kentsel alanlarda da görüntü eşleme işlemi başarı ile gerçekleştirilebilmektedir (Haala, 2013). Örneğin 1/1000 ölçekli fotogrametrik harita üretimi için 10 cm yer örnekleme aralığı ile çekilen sayısal hava fotoğrafları kullanılarak 10 cm grid aralıklı (100 nokta/m^2) sayısal yüzey modeli üretilebilmektedir. Birçok araştırma enstitüsü ve fotogrametrik yazılım üreticisi bu yeni yoğun görüntü eşleme algoritmaları üzerine araştırmalar yapmaktadır. Bu yaklaşımlardan en popüler olan ve başarılı sonuçlar veren yaklaşım "Semi-Global Matching" (SGM) yaklaşımıdır (Hirschmüller, 2011). Avrupa Mekansal Veri Araştırma Organizasyonu (EuroSDR) 2013 yılında araştırma enstitüleri ve fotogrametrik yazılım üreticilerinin katıldığı yoğun görüntü eşleme yaklaşımları ile sayısal yüzey modeli üretimi üzerine bir araştırma projesi başlatmıştır. Bu proje kapsamında elde edilen ilk sonuçlar 13-14 Haziran 2013 tarihleri arasında düzenlenen sempozyumda paylaşılmıştır (Fritsch vd., 2013).

Bu çalışmada, yoğun görüntü eşleme yaklaşımı ile sayısal yüzey modeli üretim olanaklarının araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, ikinci bölümde yoğun görüntü eşleme yaklaşımı ile ilgili özet bilgiler verilmiştir. İstanbul'da Zekeriyaköy test alanına ait Eylül 2013 tarihinde UltraCam Xp hava kamerası ile çekilen hava fotoğrafları kullanılarak yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretimi ve bu üretime ilişkin performans değerlendirmesinin ayrıntıları üçüncü bölümde verilmiştir. Gerçekleştirilen yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretimi ve performans değerlendirmesine ilişkin irdelemeler sonuçlar kısmında verilmiştir.

2. YOĞUN GÖRÜNTÜ EŞLEME

Stereo görüntü eşleme, görüntü çiftindeki eşlenik piksellerin bulunması için yıllardır kullanılan bir yaklaşımdır. Görüntü eşleme işlemi sonrasında, görüntü alımında kullanılan kameranın iç ve dış yöneltme elemanları kullanılarak eşlenen pikselin 3 boyutlu koordinatları hesaplanmaktadır. Buradaki temel sorun problemin karmaşık olması, eşleme işleminin başarısının birçok faktöre bağlı olmasıdır. Yaşanan sorunların çözümü için gerek fotogrametri gerekse bilgisayarlı görselleştirme ("computer vision") alanında birçok yöntem önerilmiştir. Fotogrametride kullanılan klasik yaklaşım stereo görüntü çiftlerindeki hedef ve arama pencereleri arasındaki maksimum benzerliğin belirlenmesine dayanır. Genelde stereo görüntülerdeki eğiklik ve dönüklüklerin farklı olması, arazinin eğimli olması, arazi topoğrafyasındaki ani değişimler, renk ve ton değişimleri görüntü eşleme işleminin başarısını olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuzlukların üstesinden gelmek için önerilen yaklaşım görüntü penceresinin eşlenmesi yerine görüntüdeki her bir pikselin eşlenmesidir. Her bir pikselin eşleme işleminde kullanıldığı "Semi-Global Matching" (SGM) yaklaşımı, eşleme işlemi sırasında tanımlanan global "cost" fonksiyonunun minimize edilmesine dayanmaktadır (Hirschmüller, 2008). SGM yaklaşımındaki "cost" fonksiyonu ile eşlenen pikseller arasındaki farklılıkların ölçülmesi yoluyla radyometrik farklılıkların ve gürültünün modellenmesi hedeflenmiştir (Hirschmüller, 2011). Bu yaklaşımdaki en büyük yenilik, her bir piksel için eşleme işleminin tek bir yönde yapılması yerine eşleme işlemine konu olan piksele komşu bütün yönlerde yapılmasıdır (Şekil 1).



Şekil 1. SGM yaklaşımında en uygun konumun bulunmasında 8 arama yönü (Hirschmüller, 2011)

Bu yeni yaklaşımın en büyük sınırlaması çok büyük hafızaya ihtiyaç duymasıdır (Hirschmüller vd., 2012). Bu sınırlamanın ortadan kaldırılması için uygun çözüm, SGM yaklaşımını esas alan yoğun görüntü eşleme işleminin birbirine paralel işlem yapan çoklu bilgisayar gruplarında yapılmasıdır. Özellikle büyük alanlardaki yoğun sayısal yüzey modeli üretimi çalışmalarında eşleme işlemini daha da hızlandırmak için grafik işlem ünitesi (GPU) de kullanılmaktadır. Uygulama aşamasında kullanılacak yazılımın da çoklu bilgisayar grupları ve GPU' ları efektif bir biçimde kullanma yeteneğine sahip olacak şekilde hazırlanması gerekmektedir. SGM yaklaşımı esas alan yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretiminde %80 boyuna ve %60 enine bindirme önerilmektedir (Hirschmüller vd., 2010). Her bir görüntü aynı kolon üzerinde kendisinden iki önceki ve kendisinden iki sonraki görüntüler ile bir üst ve bir alt kolondaki görüntüler olmak üzere toplamda 6 görüntüyle otomatik eşlenmektedir. Bu durum, uygulama aşamasında kullanılacak çoklu bilgisayar grupları ve GPU' lardan oluşan donanım ihtiyacını zorunlu hale getirmektedir.

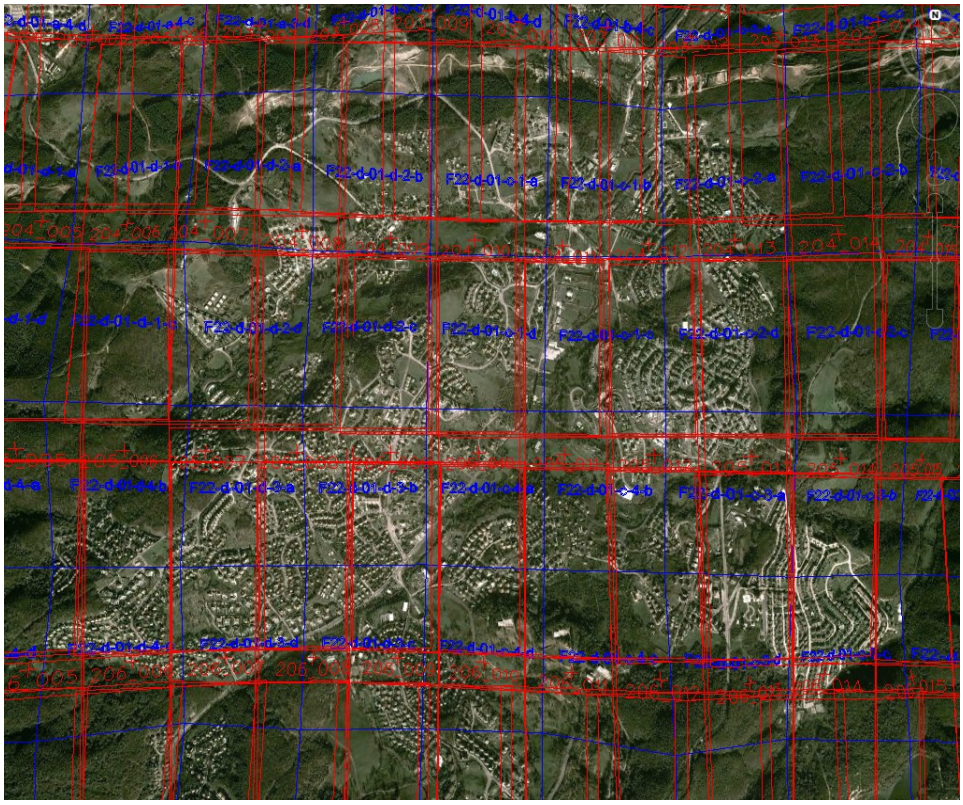
Bugün, yoğun görüntü eşleme yaklaşımını esas alan ve yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretimi yapan araştırma enstitüleri ve fotogrametrik yazılım üreticileri tarafından geliştirilen yazılımlar mevcuttur (Haala, 2013). Araştırma enstitüleri tarafından geliştirilen yazılımlara örnek olarak Alman Uzay Ajansı (DLR) tarafından geliştirilen yazılım ve Fansa IGN tarafından geliştirilen MicMac yazılımı verilebilir. Ticari yazılımlara örnek olarak ise Microsoft tarafından geliştirilen UltraMap yazılımı ve Astrium GEO-Information Services tarafından geliştirilen Pixel Factory yazılımları gösterilebilir. Bu çalışmada, yoğun görüntü eşleme algoritmalarının İstanbul test alanda 10 cm grid aralığına sahip yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli (YM) üretim performansının değerlendirilmesi amacıyla UltraMap yazılımı ve DLR'ın geliştirdiği yazılımla üretim yapılmıştır. Bu test çalışmasında kullanılan test alanı, veri seti ve performans değerlendirme yaklaşımına ilişkin ayrıntılar bundan sonraki bölümde verilmiştir.

3. YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ SAYISAL YÜZEY MODELİ ÜRETİMİ

Yoğun görüntü eşleme algoritmaları kullanılarak yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretim olanaklarının değerlendirilmesi amacıyla İstanbul'da Zekeriyaköy'e ait İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 1/1000 ölçekli harita üretimi için Eylül 2013 tarihinde çekilen sayısal hava fotoğrafları, iç ve dış yöneltme elemanları ve diğer veriler kullanılmıştır. Bu veriler kullanılarak 10 cm grid aralığına sahip yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretimi UltraMap yazılımı ve DLR'ın geliştirdiği yazılımla gerçekleştirilmiştir.

3.1 Test Alanı ve Veri Seti

Bu çalışmada, yoğun görüntü eşleme algoritmalarının performans değerlendirmesi için ormanlık alan, yerleşim alanı ve farklı eğim guruplarına sahip alanların bulunduğu, klasik görüntü eşleme uygulamalarında problemlerle karşılaşılan arazi özelliklerine sahip İstanbul, Zekeriyaköy' de bir test alanı seçilmiştir. Bu test alanına ait İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 1/1000 ölçekli harita üretimi amacı ile 11 Eylül 2013 tarihinde UltraCam Xp sayısal hava kamerası ile çekilen 10 cm yer örnekleme alanına sahip sayısal hava fotoğrafları kullanılmıştır. Test bölgesine ait %70 boyuna bindirme, %40 enine bindirmeye sahip olacak şekilde çekilen fotoğraflara ilişkin fotoğraf orta noktaları ve hava fotoğraflarının yerde kapladıkları alanlar Şekil 2'de verilmiştir. Sayısal hava kamerasının kalibrasyon parametreleri ve çekilen fotoğraflara ait fotogrametrik nirengi dengelemesi sonucunda belirlenen dış yöneltme elemanları İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen Yüksek Çözünürlüklü (10 cm grid aralıklı) YM ve Gerçek Ortofoto Üretimi Projesi kapsamında temin edilmiştir.

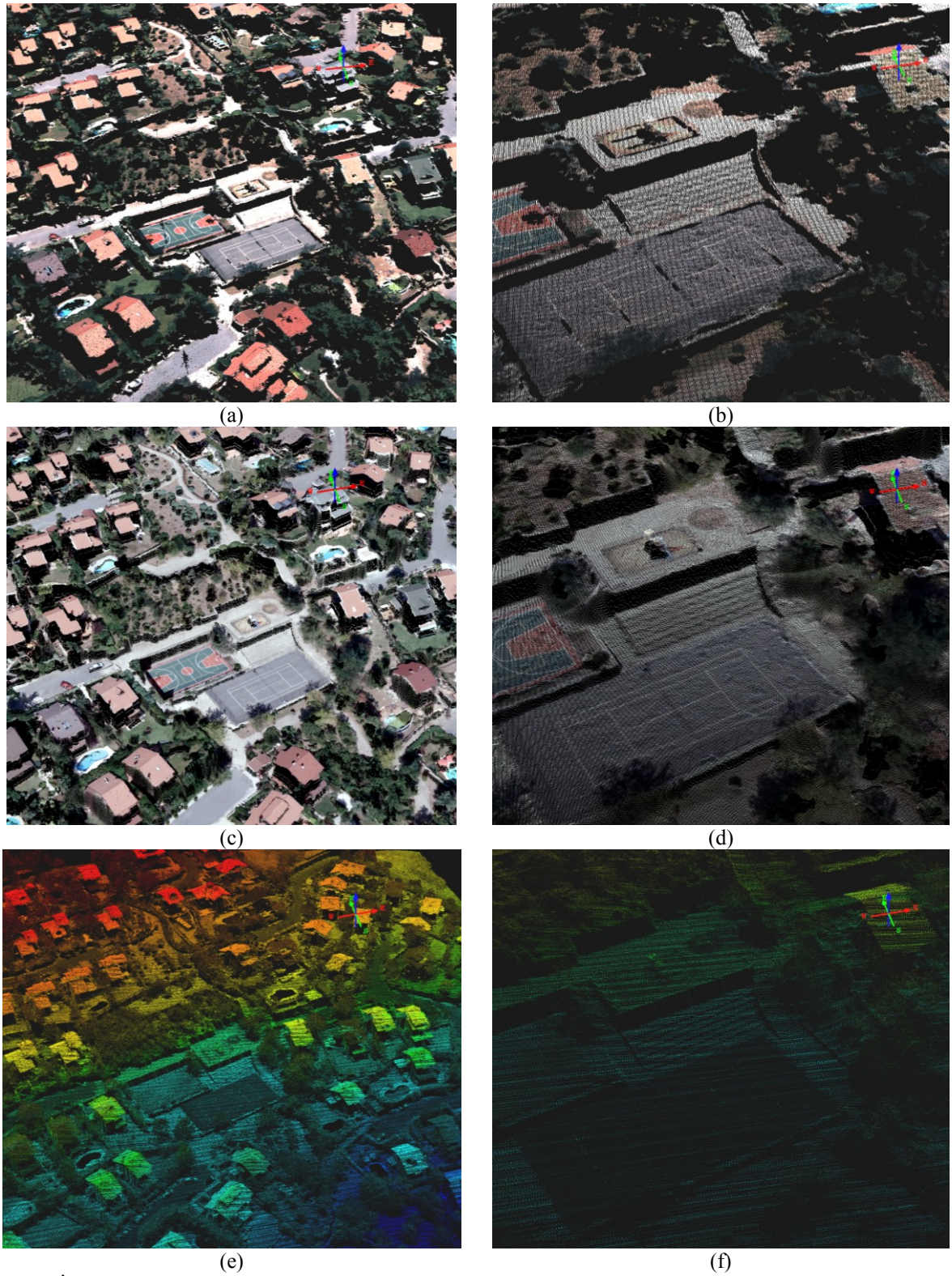


Şekil 2. İstanbul, Zekeriyaköy test alanı, fotoğraf orta noktaları ve kapladıkları alanlar

105 mm odak uzaklığı ve 6 mikronluk piksel büyüklüğüne sahip UltraCam Xp sayısal hava kamerası ile 11310x17310 pikselden oluşan görüntü kaydedilmiştir. Her bir fotoğrafa ait dış yöneltme elemanları 1/1000 ölçekli fotogrametrik harita üretim projesi kapsamında fotogrametrik nirengi yöntemi ile belirlenmiştir. UltraMap yazılımı ham görüntülere ihtiyaç duyduğu için ham görüntüler kullanılmıştır. Performans değerlendirmesi amacıyla, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilen Hava LiDAR Teknolojisiyle Sayısal Yüzey Modeli ve 3 Boyutlu Kent Modeli Projesi kapsamında 2013 yılında üretilen 16 nokta/m^2 nokta yoğunluğuna sahip sayısal yüzey modelleri referans veri olarak kullanılmıştır.

3.2 Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Bir önceki bölümde özellikleri verilen veri seti ile UltraMap yazılımı ve DLR'ın geliştirdiği yoğun görüntü eşleme yazılımı kullanılarak sayısal fotoğrafları 10 cm lik YÖA'na eşit olacak şekilde 10 cm grid aralığına sahip yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretimi gerçekleştirilmiştir. Şekil 3'te İstanbul test alanında UltraMap yazılımı (Şekil 3a, 3b) ve DLR'ın yazılımı (Şekil 3c, 3d) ile üretilen 10 cm grid aralığına sahip sayısal yüzey modeli ile referans LiDAR nokta bulutunun (Şekil 3e, 3f) perspektif görünüşleri verilmiştir.



Şekil 3. İstanbul, Zekeriyaköy test alanına ait UltraMap yazılımı (a, b), DLR'ın yazılımı (c, d) ile üretilen sayısal yüzey modeli ve LiDAR nokta bulutunun (e, f) perspektif görünüşleri

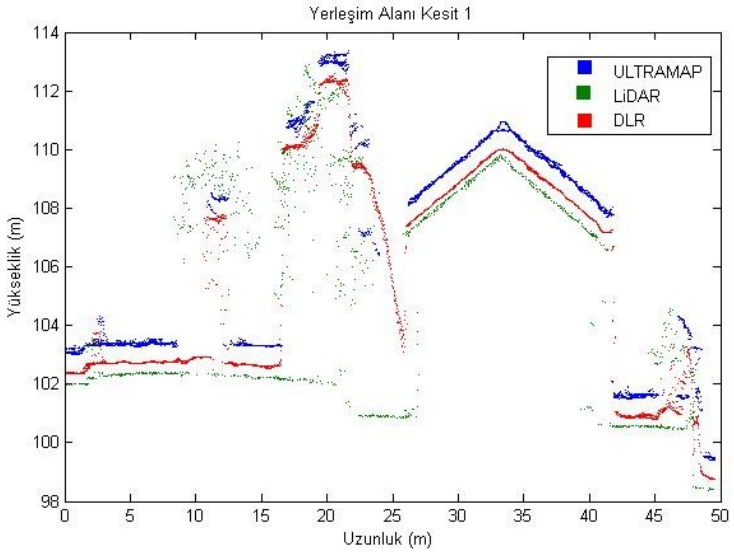
Şekil 3'te verilen test alanında tenis kortunun bulunduğu alana ait büyütülmüş perspektif görünüşler (Şekil 3b, 3d ve 3f) nokta bulutunun sıklığı ve kalitesi açısından daha iyi analiz yapma olanağı sunmaktadır. UtraMap ve DLR'ın yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modelleri LiDAR ile üretilen sayısal yüzey modelinden çok daha yoğun nokta içermektedir. Yine Şekil 3'te UtraMap ve DLR'ın yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modelleri kentsel alanlarda klasik görüntü eşleme yazılımlarının problem yaşadığı bina, ağaçlık alan ve çim alanı gibi tekrarlı yapıların bulunduğu alanlarda nokta bulutu üretimini başarıyla gerçekleştirmiştir. LiDAR ile üretilen sayısal yüzey modelinde noktaların homojen dağılmadığı fark edilmektedir. UtraMap ve DLR'ın yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modelleri karşılaştırıldığında ise, DLR yazılımı ile bina ve ağaçlara ilişkin nokta bulutunun daha detaylı olduğu Şekil 3'te görülmektedir.

3.3 Performans Değerlendirmesi

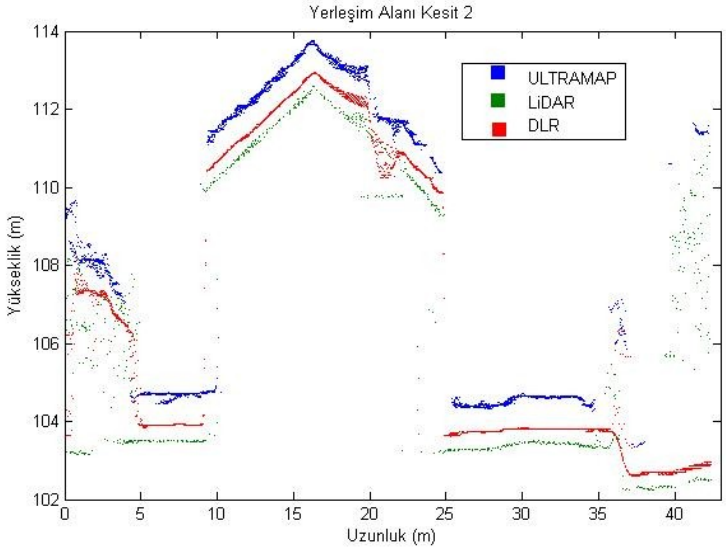
UtraMap ve DLR'ın yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modellerinin performans değerlendirmesi amacı ile LiDAR ile üretilen sayısal yüzey modeli referans olarak kullanılmıştır. Şekil 3'te verilen İstanbul, Zekeriyaköy test alanında 3 adet kesit doğrultusu belirlenmiştir. Şekil 4'te verilen bu kesit doğrultuları boyunca kesitler UltraMap ve DLR'ın yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modelleri ve LiDAR ile üretilen sayısal yüzey modelinden alınmıştır. Şekil 5'te her bir kesit doğrultusu için UltraMap ve DLR'ın yazılımı ve LiDAR ile üretilen sayısal yüzey modelinden alınan kesitler üst üste bindirilmiştir.

Şekil 4. İstanbul, Zekeriyaköy test alanında UtraMap ve DLR'ın yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modellerinin performans değerlendirmesi için alınan kesit doğrultuları

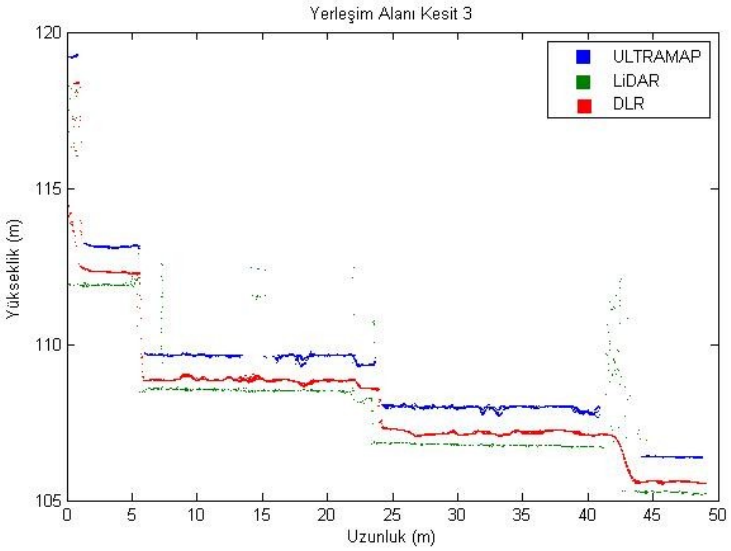
Şekil 5'de verilen kesitler incelendiğinde DLR yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modelinden alınan kesitler ile LiDAR sayısal yüzey modelinden alınan kesitlerin 3 kesit doğrultusunda da birbirine daha yakın olduğu görülmektedir. Özellikle kesitler üzerinde ağaçların bulunduğu kısımlarda LiDAR' ın sayısal yüzey modelindeki çoklu yansıma özelliği sebebiyle farklı yükseklik seviyelerindeki dağınık nokta bulutu dikkat çekmektedir. Gerek UltraMap ve gerekse DLR' ın yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modellerinde ağaçların bulunduğu kısımların tepelerinde nokta bulutu üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5. İstanbul, Zekeriyaköy test alanında 1 (a), 2 (b) ve 3 (c) nolu kesitler için UltraMap, ve DLR'ın yazılımı ve LiDAR ile üretilen sayısal yüzey modelinden alınan kesitler

Yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile üretilen nokta yoğun nokta bulutu aynı zamanda renk bilgisi de taşıdığından bu verilerle 3 boyutlu kent modelleri kolaylıkla üretilebilir. Bu amaçla İstanbul, Zekeriyaköy test alanında UltraMap yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modeli kullanılarak üretilen 3 boyutlu kent modeline ilişkin görünüş Şekil 6'da verilmiştir.

Şekil 6. Test alanına ait UltraMap yazılımıyla üretilen YM ile oluşturulan 3 boyutlu kent modelinden görünüş

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, hem ormanlık alan hem de yerleşim alanlarının bulunduğu İstanbul, Zekeriyaköy test alanına ait 11 Eylül 2013 tarihinde UltraCam Xp hava kamerası ile çekilen hava fotoğrafları, iç ve dış yöneltme elemanlarından oluşan veri seti kullanılarak yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretimi UltraMap yazılımı ve DLR'ın yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. 10 cm YÖA'na sahip sayısal fotoğraflar ile görüntüdeki her bir pikselin yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile eşlenmesi sonucunda 10 cm grid aralığına sahip yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Test alanında özellikle klasik görüntü eşleme algoritmalarının problem yaşadığı bina ve ağaçlık alan ve çim alanı tekrarlı yapıların bulunduğu alanlarda nokta bulutu sorunsuz üretilmiştir. Bu test çalışması sonucunda UltraMap yazılımı ile üretilen yüksek çözünürlüklü (100 nokta/m^2) sayısal yüzey modelleri modeli kullanılarak test alanına ilişkin 3 boyutlu kent modeli üretilmiştir. Performans değerlendirmesi amacıyla yapılan kesit kontrollerinde DLR yazılımı sonuçlarının çalışmada referans olarak kullanılan LiDAR sayısal yüzey modeline daha yakın çıktığı belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile orijinal hava fotoğrafındaki her bir piksel için 3 boyutlu nokta bulutu üretiminin başarıyla gerçekleştirilebileceğini göstermiştir. Yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile üretilen yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli ortofoto ve gerçek ortofoto üretiminde ve 3 boyutlu kent modeli üretiminde başarı ile kullanılabilir. LiDAR gibi başka bir algılama sistemine ihtiyaç kalmadan sadece fotoğraflarla yerleşim alanlarının 3 boyutlu kent modelleri yoğun görüntü eşleme yazılımları ile üretilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, İstanbul Zekeriyaköy test alanına ait 11 Eylül 2013 tarihinde UltraCam Xp hava kamerası ile çekilen hava fotoğraflarını, iç ve dış yöneltme elemanlarını ve 2013 yılında üretilen hava LiDAR teknolojisiyle 16 nokta/m^2 sayısal yüzey modellerini sağladıkları için İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne teşekkür ederiz.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli ve Gerçek Ortofoto Üretimi Projesi kapsamında bu test çalışmasına olanak sağlayan T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Fritsch, D., Pfeifer, N. & Franzen, M. (Eds.)., 2013, Proceedings of the 2nd EuroSDR workshop on High Density Image Matching for DSM Computation. EuroSDR Publication Series, No. 63.

Haala, N., 2013, The Landscape of Dense Image Matching Algorithms. In: *Fritsch, D. (Ed.): Photogrammetric Week '13*, Wichmann, Berlin/Offenbach, 271-284.

Hirschmüller, H., 2008, Stereo processing by semi-global matching and mutual information. *IEEE TPAMI 30(2)*, pp. 328–341.

Hirschmüller, H., and Tilman B., 2010, Evaluation of Digital Surface Models by Semi-Global Matching, *DGPF 2010*, 01-02 July 2010, Vienna, Austria.

Hirschmuüller, H. 2011, Semi-Global Matching – motivation, developments and applications, *In Photogrammetric Week 11, Fritsch, D. (ed)*, Wichmann, Heidelberg, pp. 173–184.

Hirschmüller H., Buder M., and Ernst I., 2012, Memory Efficient Semi-Global Matching, SPRS Annals of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume I-3, August 2012 in Melbourne, Australia.

Rotenberg K., Simard L., and P., Simard., 2013, Dense DSM Generation Using GPU, *In: Fritsch, D. (Ed.): Photogrammetric Week '13*, Wichmann, Berlin/Offenbach, 285-295.

Yastikli N, Jacobsen K, 2003, Automatic digital elevation model generation, problems and restrictions in urban areas, *Journal of Yildiz Technical University*, 2003(2): 38–46.

Yastikli N., 2007, Ortofoto Ders Notu (Basılmamış), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Yastikli N., 2013, Sayısal Arazi Modelleri Yüksek Lisans Ders Notu (Basılmamış), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yastikli N., Sefercik U. G., and Esirtgen F., 2014, Quantitative Assessment of Remotely Sensed Global Surface Models Using Various Land Classes Produced from Landsat Data in Istanbul, *Chinese Geographical Science*, Vol. 24 (3): 307-316, Published: Jun 2014.