

Farklı Uydu Görüntülerinden Yiğın Görüntü Eşleme Yöntemiyle Yüksek Çözünürlükte Sayısal Yüzey Modeli Verisi Üretimi: SPOT6 Ve PLÉIADES Uygulaması

Oktay Eker¹, Bülent Bayram², Mustafa Erdoğan¹, Temel Durğut¹, Abdullah Kayı¹, D. Zafer Şeker³

¹ Harita Genel Komutanlığı, Tıp Fakültesi Caddesi, 06590 Cebeci Çankaya Ankara.

² YTÜ, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa Kampüsü, 34220 Esenler İstanbul.

³ İTÜ, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 80626 Maslak İstanbul.

e-posta: oktayeker@yahoo.com

Geliş Tarihi: 01.02.2017 ; Kabul Tarihi: 26.07.2017

Özet

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden sayısal yüzey modeli üretimi konusu araştırmacılar açısından güncel bir konu olma özelliğini hala sürdürmektedir. Sayısal yüzey modelleri birçok farklı uygulama için temel oluşturmaktadır. Özellikle üç boyutlu kent modellerinin üretimi, zamansal değişim analizleri, afet kestirimi gibi konularda gereksinim duyulan bir veridir. Günümüzde uydu görüntüleri yüksek zamansal ve mekânsal çözünürlükte elde edilebilmektedir. Ayrıca SPOT ve PLÉIADES gibi uydular tri-stereo olanağı da sunmaktadır. Tri-stereo görüntülerinden görüntü eşleme yöntemleriyle yüksek çözünürlük ve doğrulukta sayısal yüzey modeli verilerinin elde edilebilirliğine ilişkin literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bunun yanı sıra LİDAR verileri de yüksek çözünürlük ve doğrulukta sayısal yüzey modeli üretimi amaçlı kullanılan yeni teknolojilerden birisidir. Otomatik görüntü eşleme üç boyutlu veri üretimi sürecinde vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Yiğın görüntü eşleme ile otomatik görüntü eşleme yöntemi son yıllarda önem kazanmış ve uygulama alanı bulmuştur. Yüksek çözünürlükte sayısal yükseklik modeli üretiminde LİDAR ile karşılaştırılmaktadır. Özellikle multi-stereo görüntüler otomatik nokta bulutu üretim sürecinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Bergama/İZMİR'deki LİDAR test alanında farklı geçişlerde ve zamanlarda alınmış SPOT6 ve PLÉIADES uydu görüntülerinden yiğın görüntü eşleme yöntemiyle yüksek çözünürlükte (1.5 m) sayısal yüzey modeli üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen sayısal yüzey modelleri bölgede TUSAGA-Aktif uyumlu RTK GNSS alıcısı kullanılarak ölçülen 99 adet yer kontrol noktası ve 2015 yılında BHIKPK BARKOK tarafından gerçekleştirilen LİDAR test verilerinden elde edilen sayısal yüzey modelleri ile karşılaştırılarak ürünlerin doğrulukları analiz edilmiştir.

Anahtar kelimeler

Sayısal Yüzey Modeli;
Yiğın Görüntü Eşleme;
Uydu Görüntüsü;
SPOT6; PLÉIADES.

High Resolution Digital Surface Model Generation by Dense Image Matching from Different Satellite Images:SPOT6 and PLÉIADES Implementation

Abstract

Digital surface modeling from high resolution satellite imagery continues to be an up-to-date issue in terms of researchers. Digital surface models are the basis for many different applications. In particular, production of three-dimensional city models, temporal change analysis, disaster prediction, etc. Are required. Nowadays satellite images can be obtained in high temporal and spatial resolution. It also

Keywords

Digital Surface Model; Dense Image Matching;; Satellite Image; SPOT6; PLÉIADES.

offers tri-stereo satellite capability such as SPOT and PLÉIADES. There are many studies in the literature about the availability of digital surface model data with high resolution and accuracy by image matching methods from tri-stereo images. In addition, LIDAR data is one of the new technologies used for digital surface model production in high resolution and accuracy. Automatic image matching has an indispensable preset in the three-dimensional data generation process. The automatic image matching method has been gaining importance and application area in recent years. It is compared with LIDAR in the production of high resolution digital elevation model. Especially multi-stereo images are widely used in automatic point cloud production process. In this study, a high resolution (1.5 m) digital surface model was produced from SPOT6 and PLÉIADES satellite images taken at different passes and times in Bergama / İZMİR LIDAR test area. The accuracy of the products was analyzed by comparing with the 99 ground control points measured using RTK GNSS receiver and the digital surface models obtained from the LIDAR test data conducted by BHIKPK BARKOK in 2015.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Coğrafi veri denildiği zaman arazi yüzey yükseklikleri en çok aranan veri kümesidir. Bu veriler genel olarak Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) şeklinde adlandırılmakta ve ortofoto üretimi, 3B şehir modelleri, hidrolojik modelleme, görünürlük, taşkın, su baskını analizleri gibi çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır (Fisher ve Tate, 2006). SYM verisi birçok değişik formatta sunulmasına rağmen genel olarak her biri uzayda bir noktanın yüksekliğini temsil eden çok sayıda kayıttan oluşmakta ve birçok farklı kaynaktan üretilebilmektedir. Arazi ölçmeleri, eş yükseklik eğrileri, vektör veriler, hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri, hava ve uzay radar verilerinden (yapay açıklıklı) ve lazer tarama (LIDAR) belli başlı üretim kaynakları arasında yer almaktadır.

SYM üretildiği kaynağa, yöntemine göre hatalar içermektedir. Kullanılan SYM'de bu hataların biliniyor olması SYM kullanımından kaynaklanan hataların tanımlanabilmesi açısından önem arz etmektedir.

SYM genellikle karesel, istisnai durumlarda üçgensel ve dikdörtgensel formda ve düzenli bir grid yapıdaki veri kümesinden oluşmaktadır. Yükseklik değerleri arasındaki kesin olmayan konumsal ilişki gridin boyutları ve her bir satırdaki gözlem sayısı bilindiğinden dolayı kolayca kurulabilir. SYM denildiğinde genellikle grid yapıdaki yükseklik modelleri ifade edilmektedir (Fisher and Tate, 2006).

Arazi ve su altı yüksekliklerini modellemede kullanılan en yaygın coğrafi veri modeli gridleme metodudur. Bu yöntemde arazi yüzeyi eşit dağılımlı ve belirli aralıklı nokta kümeleri ile temsil edilmektedir. Gridleme yöntemiyle yüksekliklerin

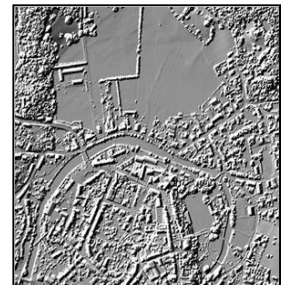
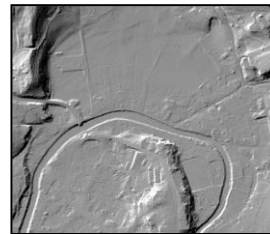
düzenli aralıklarla olmasından dolayı sadece bir noktanın yatay bir koordinata dayandırılmasıyla diğer noktaların yatay konumu belirlenebilir. Bu ise, her bir noktanın yatay geometri koordinat çiftinin açıkça belirlenmesi ihtiyacını ortadan kaldırır ve böylelikle dosya boyutları daha küçük olur. Grid, ayrıca veri işleme için oldukça kolay bir yapıdır. Grid içindeki aralıklar, modellenecek arazi topoğrafyasına göre en etkin olacak şekilde seçilir. Örnek olarak, engebeli ve kesintisi fazla olan bir arazi küçük, dar bir grid aralığına ihtiyaç duyarken yumuşak bir rölyefe sahip olan arazi ise oldukça geniş bir grid aralığına ihtiyaç duyacaktır (Federal Geographic Data Committee, 2008).

SYM, Sayısal Yüzey Modeli ve Sayısal Arazi Modeli olarak ayrılmaktadır.

Sayısal Arazi Modeli (SAM), çıplak arazi yüzeyindeki yükseklik değerlerini ifade eden sayısal yükseklik modelidir (Şekil 1 (a)).

Sayısal Yüzey Modeli (SYÜM), yeryüzünün herhangi bir bölümüne ilişkin topoğrafyayı tüm arazi ve insan yapımı detaylarıyla yansıtan 3 boyutlu bir sayısal yükseklik modelidir (Şekil 1 (b)).

SYÜM, bitki örtüsü, doğal ayrıntılar ve insan yapımı tüm nesnelerin üst yüzeyinden geçen yüksekliği modellerken, SAM ise sadece açık (çıplak) arazi yüzeyindeki yükseklik değerlerini modeller (Höhle and Potuckova, 2011).



Şekil 1.(a) Sayısal Arazi Modeli. **(b)** Sayısal Yüzey Modeli.

2. Materyal ve Metot

Otomatik görüntü eşleme üç boyutlu veri üretimi sürecinde vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Yığın görüntü eşleme yöntemi son yıllarda önem kazanmakta ve uygulama alanı bulmakta ve yüksek çözünürlük ve doğrulukta SYÜM üretimi amaçlı kullanılan LİDAR ile karşılaştırılmaktadır. Geleneksel stereo görüntü eşleme algoritmaları obje tabanlı sınıflandırmaya dayanmakta ve görüntü üzerinde bulunduğu detayı diğer görüntü çiftinde aramaktadır (Heipke, 1993). Buna karşın piksel tabanlı sınıflandırma algoritmalarında yaşanan gelişmeler (Hirschmüller,2008) sayesinde ikiden fazla görüntüden sayısal yüzey modelleri yüksek doğruluklarla üretilebilmektedir. Özellikle birden fazla örtü alanına sahip görüntüler otomatik nokta bulutu üretim sürecinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat görüntülerin semantik içeriği, radyometrik ve mekânsal çözünürlüğü, dönüklükler gibi parametreler nokta bulutu üretimini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle üretilen nokta bulutu verisinin test edilerek uyumsuz ölçülerin ayıklanması gerekmektedir. Otomatik SYÜM üretimine yönelik farklı yaklaşımlar söz konusu olmakla birlikte henüz farklı görüntülerden doğru, güvenilir veri üretimine yönelik geliştirilmiş bütünlük bir yöntem söz konusu değildir.

Çok ışınlı fotogrametri (multi-ray photogrammetry), çok fazla sayıda stereo çift oluşturabilecek şekilde yüksek bindirme oranlarında (%80-%90 ileri, %50 %60 yan bindirme) görüntülerin kullanılmasını ifade etmektedir. Yüksek bindirme oranları iç doğrulukları arttırmaktadır (Leberl vd., 2010).

Yığın görüntü eşleme; aynı alanı gören çok sayıda (yüksek bindirmeli) görüntülerden faydalanarak, bir piksel kadarküçük aralıklarda görüntü eşlemeyi ifade etmektedir. Bir stereo çifti oluşturan iki fotoğrafı baz alengeleneysel fotogrametride, sayısal yükseklik modelleri için gerçekleştirilen görüntü eşlemenin 10-20 piksel aralığında olması beklenir (Balce,1986). Bir noktaya ait 10-20 görüntü olması durumunda ise geleneksel fotogrametri kurallarına geçerli olmamaktadır. Örneğin, 10 adet bindirmeli görüntü olması durumunda, bir stereo çift içingerekli olan nokta aralığı geleneksel yöntemdeki aralığın 1/7'sine düşmektedir (Leberl

vd., 2010).

Bu durumda görüntü eşleme aralıkları 1-3 piksele düşmekte ve 10 cm yer örnekleme aralığına sahip bir görüntüde yığın görüntü eşleme ile elde edilecek 3B nokta bulutundaki yoğunluk m²de yüzlerce nokta olabilmektedir. Yığın görüntü eşleme sonucunda yüksek yoğunluğun yanı sıra yüksek doğruluklar da elde edilmektedir. Örneğin 10 cm mekânsal çözünürlüğe sahip görüntülerden, 10 cm. den daha iyidüşey doğrulukta SYÜM elde edilebilmektedir (Wiechert vd., 2012).

Görüntülerdeki kalite artışı ve yüksek bindirme oranları, yüksek doğruluk ve yoğunlukta 3B nokta bulutu elde etmeyi sağlayan otomatik görüntü eşleme algoritmalarının geliştirilmesine olanak sağlamıştır (Haala, 2011). Son zamanlardageliştirilen ve öne çıkan görüntü eşleme algoritmalarından biri de oldukça yüksek performanslı çalışan ve doğru sonuçlar veren Semi-Global Matching (SGM) metodudur. Bu yöntemde her bir piksel için yükseklik değeri hesaplanabilmekte, bu da yüksek yoğunlukta yükseklik modeli üretimine olanak sağlamaktadır (Hirschmüller, 2008). Bu metodun farklı kameralara ait görüntüler kullanılarak, farklı özellikteki arazilerde ve farklı baz yükseklik oranlarına sahip fotoğrafları da kapsayan detaylı bir analizi (Rothermel and Haala, 2011) tarafından yapılmış ve yüksek kalitede SYÜM üretimi için olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden de SYÜM üretimi konusu araştırmacılar açısından güncel bir konu olma özelliğini hala sürdürmektedir. SYÜM'leri birçok farklı uygulama için temel oluşturmaktadır. Özellikle üç boyutlu kent modellerinin üretimi, zamansal değişim analizleri, afet kestirimi gibi konularda gereksinim duyulan bir veridir. Günümüzde uydu görüntüleri yüksek zamansal ve mekânsal çözünürlükte elde edilebilmektedir. Ayrıca SPOT ve PLÉIADES gibi uydular tri-stereo olanağı da sunmaktadır. Tri-stereo görüntülerinden görüntü eşleme yöntemleriyle yüksek çözünürlük ve doğrulukta SYÜM verilerinin elde edilebilirliğine ilişkin literatürde çalışmalar bulunmaktadır.

Bu çalışmada tri-stereo özelliğinde olmayan ve farklı tarihlerde alınmış ve aynı bölgeyi kapsayan çok sayıda SPOT6 ve PLÉIADES uydu görüntülerinden yığın görüntü eşleme yöntemiyle

otomatik olarak yüksek çözünürlükte sayısal yüzey modelleri üretilerek aynı bölgedeki Yer Kontrol Noktaları(YKN) ve LİDAR verileriyle karşılaştırılarak doğrulukları analiz edilmiştir.

SPOT6 ve PLÉIADES görüntülerinin çözünürlükleri farklı olduğundan her iki uydu görüntü demetleri için iki farklı blok oluşturulmuş ve bu blokların her biri için farklı çözünürlükte SYÜM'leri üretilmiştir.

3. Bulgular

3.1. SPOT6 uydu görüntüleri kullanılarak yığın görüntü eşleme tekniğiyle SYÜM üretimi

Bergama ilçesini merkeze alacak şekilde planlanan test bölgesinin alanı yaklaşık 156 km²'dir. Bölgede 99 adet YKN TUSAGA-Aktif uyumlu RTK GNSS alıcısı kullanılarak ölçülmüştür.

YKN'lerin seçiminde arazide herhangi bir işaretleme yapılmamış, sert ve eğimin az olduğu düz zeminlerde ölçüm yapılmıştır.

Şekil 2'de görülen daire ve nokta temsili olup arazide gerçekte mevcut değildir.



Şekil 2. YKN örneği.

Test verisinin yükseklik doğruluğunu ölçmek amaçlandığı için ölçüm yapılan bölgelerde düz ve eğimsiz alanlar seçilmiştir. Çalışma bölgesi Bergama'yı (Şekil 3) kapatacak şekilde farklı tarihlerde alınmış 5 adet SPOT6 uydu görüntüsü seçilmiştir. Görüntülerin teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiş, görüntü alım geometrileri ise Şekil 4'de gösterilmiştir.

2014 yılına ait 5 adet SPOT6 uydu görüntüsü arasındaki zamansal fark nisan ayı ile ağustos ayı içerisinde değişmektedir. 4 aylık mevsimsel geçişi olan zamansal fark özellikle yeşil alanlarda otların büyümesi neticesinde hatalı eşlemelere neden olabileceği, bu süreçte yapılaşma varsa bu yapılaşma nedeniyle verinin bütünlüğünün

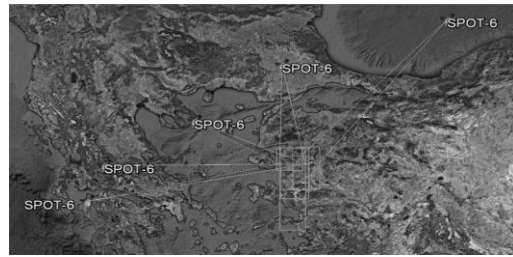
bozulacağı üretim öncesi öngörülmüştür. Uydu görüntülerinin Bergama test alanını tamamen kapatması eşlemenin her bölgede 5 uydu görüntüsünde yapılacağı ve homojen bir yapıda olacağını göstermiştir. Görüntüler, dış doğruluklarını arttırmak ve eşlemenin daha düzgün çalışmasını sağlamak amacıyla Match-AT yazılımı ile dengelenmiştir. Dengeleme için bölgeye ait 2013 tarihli, 30 cm çözünürlüklü stereo hava fotoğraflarından 4 adet YKN ölçülmüştür. Match-T yazılımı ile yığın görüntü eşleme tekniği kullanılarak 1.5 m aralıklı SYÜM üretilmiştir.



Şekil 3. Bergama çalışma bölgesi.

Tablo 1. SPOT6 uydu görüntüsü teknik özellikleri

S_Nu	Görüntü Adı	Tarihi	Çekim Açısı (derece)	Yer Örnekleme Aralığı (m)
1	201404030833069	03.04.2014	18.02	1.5
2	201404080844499	08.04.2014	10.72	1.5
3	201405230849071	23.05.2014	17.41	1.5
4	201406180849374	18.06.2014	18.35	1.5
5	201408230841400	23.08.2014	10.85	1.5



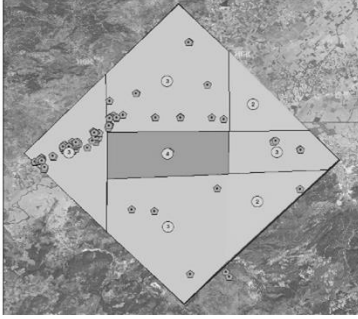
Şekil 4. SPOT6 uydu görüntülerinin alım açıları.

Uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi öncelikle LİDAR nokta bulutundan 0.5m aralıklı üretilmiş SYÜM verisi (SYML) ile farkları alınarak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğine hesaplanan farkın KOH'ı beklenildiği gibi 1-3 piksel aralığında çıkmıştır. Bölgede TUSAGA-Aktif uyumlu RTK GNSS alıcısı ile düz ve eğimsiz zeminlerde ölçülmüş 99 adet YKN'ye gelen artık hatalarda hesaplanmıştır. YKN'lere gelen artık hataların LİDAR-SYM'e göre daha düşük çıkmıştır. Bunun başlıca sebebi YKN düz ve eğimsiz alanlarda olmasına rağmen LİDAR-SYM'e verisinin tüm arazi

özelliklerini barındırmasıdır. İki ayrı kontrol veri setine ait hatalar Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. SPOT6 görüntülerinden üretilen SYM’nin geometrik doğruluk parametreleri

Referans Veri	K.O.H (metre)	O.H (metre)	Maksimum Hata (metre)
YKN	2.11	1.40	-2.74/+4.71
LİDAR SYM	4.55	-1.03	-335.29/+320.30



Şekil 5. Bergama çalışma bölgesi PLÉIADES görüntü kapsamı grafiği.

3.2. PLÉIADES uydu görüntüleri kullanılarak yığın görüntü eşleme tekniğiyle SYÜM üretimi

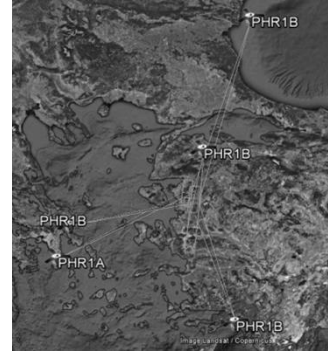
Aynı bölgenin SPOT6 uydu görüntüsünden daha yüksek çözünürlüğe sahip PLÉIADES uydu görüntülerinden de SYM’si üretilmiştir. 5 adet PLÉIADES uydu görüntüsünün test bölgesini kapattığı bölgeler Şekil 5’de gösterilmiştir. Çoğunlukla 3 uydu görüntüsü ortak alanları kapatmakta, geri kalan bölgeler ise iki veya 4 uydu görüntüsüyle kapatılmıştır.

Şekil 5’de gösterilen noktalar YKN’lerin konumlarını ifade etmektedir. 4 uydu görüntüsünün kapattığı alanda hiçbir YKN’sinin düşmemesi ve büyük çoğunluğunun 3 uydu görüntüsü ile üretilen bölgede olması bu noktalara gelecek artık hataların beklenenden fazla çıkmasına neden olmuştur. Ayrıca 5 uydu görüntüsünün gördüğü ortak bir alanın mevcut olmaması üretilen verinin doğruluğunu da etkileyeceği ön görülmüştür.

PLÉIADES uydu görüntüleri arasındaki zaman farkı incelendiğinde, 2014 yılında Ağustos ve Eylül ayında, 2015 yılı içerisinde ise Ağustos ve Aralık ayında olduğu görülmüştür. Mevsimsel farktan ziyade zamansal farkın çok olması üretilen verinin bütünlüğünün güvenilirliği konusunda soru işaretlerine neden olmuştur. PLÉIADES uydu görüntülerine ait teknik özellikler Tablo 3’de, görüntüleme geometrisi Şekil 6’da sunulmuştur.

Tablo 3. PLÉIADES uydu görüntüsü teknik özellikleri

S_Nu	Goruntu Adı	Tarihi	Çekim Açısı (derece)	Yer Örnekleme Aralığı (m)
1	201408290912110	29.08.2014	4.05	0.5
2	201409110912144	11.09.2014	4.79	0.5
3	201508030904123	03.08.2015	7.92	0.5
4	201512040907121	04.12.2015	17.64	0.5
5	201512040907335	04.12.2015	9.07	0.5



Şekil 6. PLÉIADES uydu görüntülerinin alım açıları.

Görüntüler, dış doğruluklarını arttırmak ve eşlemenin daha düzgün çalışmasını sağlamak amacıyla Match-AT yazılımı ile dengelenmiştir. Dengeleme için bölgeye ait 2013 tarihli, 30 cm çözünürlüklü stereo hava fotoğraflarından SPOT uydu görüntülerinin dengelemesinde kullanılan aynı 4 YKN ölçülmüştür. Match-T yazılımı ile yığın görüntü eşleme tekniği kullanılarak 1.5 m aralıklı SYÜM üretilmiştir. Görüntü örtü alanlarının az olması ve görüntü alım tarihleri arasındaki farklılıklar daha yüksek çözünürlükte kaliteli SYM üretimine olanak tanımamıştır.

Uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi öncelikle LİDAR nokta bulutundan 0.5m aralıklı üretilmiş SYÜM verisi (SYML) ile farkları alınarak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğine hesaplanan farkın karesel ortalama hatası (KOH) 5 piksel aralığında çıkmıştır. KOH’ın beklenenden yüksek çıkmasının sebebinin uygun olmayan alım açısı, görüntü dağılımı ve görüntüler arasındaki zamansal farkın olduğu değerlendirilmektedir. Bölgede TUSAGA-Aktif uyumlu RTK GNSS alıcısı ile düz ve eğimsiz zeminlerde ölçülmüş 99 adet YKN’ye gelen artık hatalarda hesaplanmıştır. YKN noktasına gelen artık hataların KOH’ı SYML göre daha düşük çıkmıştır. Bunun başlıca sebebi SPOT6 Uydu görüntüsünden üretilen SYM’de de karşılaşıldığı gibi YKN’lerinin düz ve eğimsiz alanlarda olmasına rağmen SYML verisinin tüm arazi özelliklerini barındırmasıdır. İki ayrı kontrol veri setine ait artık

hatalar Tablo 4’de sunulmuştur.

Tablo 4. PLÉIADES görüntülerinden üretilen SYM’nin geometrik doğruluk parametreleri

Referans Veri	K.O.H (metre)	O.H (metre)	Maksimum Hata (metre)
YKN	2.53	-0.28	-12.09/+11.9
LİDAR SYM	2.88	-1.71	-309.07/+377.57

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Bergama/İZMİR’de yer alan test alanının farklı tarihlerde ve özelliklerde alınan ve Tri-Stereo özelliğinde olmayan SPOT6 ve PLÉIADES uydu görüntülerinden yığın görüntü eşleme yöntemi kullanılarak otomatik olarak 1.5 metre aralıklı sayısal yüzey modelleri üretilmiştir.

Elde edilen sayısal yüzey modelleri; TUSAGA-Aktif uyumlu RTK GNSS alıcısı kullanılarak ölçülen 99 adet YKN ve 2015 yılında Harita Genel Komutanlığı önderliğinde BHİKPK BARKOK tarafından gerçekleştirilen LİDAR testlerinden elde edilen nokta bulutu verilerinden oluşturulan 0.5 metre aralıklı sayısal yüzey modelleri ile karşılaştırılarak doğrulukları analiz edilmiştir.

SPOT6 görüntülerinden elde edilen SYÜM’lerinin KOH’ları $\pm 2-5$ metre, PLÉIADES uydu görüntülerinden elde edilenlerin ise $\pm 2-3$ metre civarında belirlenmiştir.

Elde edilen verilerin özellikle LİDAR verisi ve hava fotoğrafı alımı yapılamadığı durumlarda SYÜM verisi olarak uygulamalarda kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

SYÜM üretiminde kullanılacak uydu görüntülerinin seçiminde, görüntü alım tarihleri arasındaki farkın fazla olmamasına ve aynı mevsim şartlarında alınmasına dikkat edilmesi durumunda görüntü eşlemenin kalitesinin artacağı sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmanın bir sonraki aşamasında farklı çözünürlüklerdeki SPOT6 ve PLÉIADES uydu görüntüleri birlikte kullanılarak SYÜM üretilen ve elde edilecek sonuçlar değerlendirilecektir.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan SPOT6 ve PLÉIADES uydu görüntülerini sağlayan İstanbul Teknik Üniversitesi Uydu Haberleşme ve Uzaktan Algılama Merkezi (UHUZAM)’ne

teşekkürü bir borç biliriz.

5. Kaynaklar

Balce A., 1986. Determination of optimum sampling interval in grid digital elevation models data acquisition. *Proceedings ISPRS Commission III Symposium, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 26(3.1), 40–55.

Fisher, P. F., and Tate, N. J., 2006. Causes and consequences of error in digital elevation models. *Progress in Physical Geography*, 30(4), 467-489.

Federal Geographic Data Committee, 2008.

Heipke, C., 1993. Performance and state-of-the-art-of digital stereo processing. *Proceeding of the Photogrammetric Week*, 173-183.

Hirschmüller, H., 2008. Stereo processing by semi-global matching and mutual information. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 30(2), 328-341

Höhle, J., and Potuckova M., 2011. Assessment of the quality of digital terrain models. *EuroSDR Official Publication*, No. 60, 12–13.

Leberl F., Irshara A., Pock T., Meixner P., Gruber M., Scholz S., and Wiechert A., 2010. Point Clouds: Lidar versus 3D Vision, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* Vol. 76, No. 10, 1123–1134.

Norbert H., 2011. Multiray photogrammetry and dense image matching, *Proceeding of the Photogrammetric Week*, 185-195.

Rothermel M., Haala N., 2011. Potential of dense matching for the generation of high quality digital elevation models, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXVIII-4/W19, ISPRS Hannover Workshop, 271-276.

Wiechert A., Gruber M., Karner K., Ponticelli M., Schachinger B., 2012. The power of multi-ray photogrammetry - Ultramap 3.0, *ASPRS 2012 Annual Conference*.