GÖKTÜRK-2 VE PLEIADES 1A GÖRÜNTÜLERİNİN KALİTESİNİN İNCELENMESİ

Ezgi Burçin GAZEL¹, Semanur SEYFELİ², Sultan KOCAMAN³ Armin Gruen⁴, Matthias Troyer⁵

¹Müh., Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Müh. Böl., Beytepe, 06800 Ankara, ezgiburcing@hotmail.com

²Müh., Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Müh. Böl., Beytepe, 06800 Ankara, sema.s.2903@gmail.com

³Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Müh. Böl., Beytepe, 06800 Ankara, sultankocaman@hacettepe.edu.tr

⁴ETH Zurich, Teorik Fizik Enstitüsü, 8093 Zürih, İsviçre, agruen@geod.baug.ethz.ch

⁵ETH Zurich, Teorik Fizik Enstitüsü, 8093 Zürih, İsviçre, troyer@phys.ethz.ch

ÖZET

Bu çalışmanın amacı Göktürk-2 görüntülerinin radyometrik ve geometrik kalitesinin, 3 boyutlu (3B) model üretme kapsamında sayısal yüzey modeli oluşturma kapasitesinin, Moorea Adası üzerinde alınmış veriler kullanılarak incelenmesidir. Benzer incelemeler yine ada üzerinde çekilmiş olan Pleiades 1A görüntüleri kullanılarak yapılmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çalışma alanı olarak seçilen Moorea Adası, pek çok araştırma grubu tarafından uzun yıllardır incelenmektedir ve 2014 yılında oluşturulan Moorea Konsorsiyumu tarafından da Ada bir araştırma laboratuvarı olarak görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında, 27 Mart 2017 tarihinde çekilmiş Göktürk-2 stereo görüntü çifti değerlendirilmiştir. Görüntüler, görüntü izinin yer kontrol noktaları (YKN) ve polinomlar kullanılarak modellenmesi yöntemi ile yöneltilmiş ve 2 piksel hassasiyet elde edilmiştir. Sayısal yüzey modeli, ortofoto ve pan-keskinleştirilmiş görüntü üretimi, ve otomatik arazi örtüsü sınıflandırma sırasında farklı sorunlar ile karşılaşmış ve bu sorunlar bu bildiride sunulmuştur. Benzer adımlar 2014 yılında çekilmiş Pleiades üçlü görüntü seti ile de gerçekleştirilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Göktürk-2, Pleiades, SYM oluşturma, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, arazi örtüsü sınıflandırma

ABSTRACT

INVESTIGATIONS ON GOKTURK-2 AND PLEIADES 1A IMAGERY

The main aim of this study is to investigate the radiometric and geometric quality of Gokturk-2 images over Moorea Island in French Polynesia and also to assess 3D processing and surface model generation capabilities. Similar processing steps have been carried out using Pleiades image triplets over the same area and comparisons have been performed between both datasets. The study area has been under investigation by several research groups for many years, and some of these efforts has been combined under an international collaboration called Moorea Idea Consortium.

Within this study, one Gokturk-2 stereopair acquired in May 2017 have been investigated for radiometric and geometric quality. The images have been georeferenced using generic polynomials with the help of ground control points and a Digital Surface Model (DSM) of the area has been produced. Several issues have been encountered during orthophoto and pan-sharpened image generation, and automatic land cover classification with Gokturk-2 images. These steps have been performed with the Pleiades triplet and the results are presented here.

Key Words: Gokturk-2, Pleiades, DSM generation, high resolution satellite imagery, land cover classification

1. GİRİŞ

İkinci Türk yer gözlem uydusu olan Göktürk-2, Çin'deki Jiquan üssünden 18 Aralık 2012 tarihinde fırlatılmıştır ve yeryüzünden 685 km yükseklikteki yörüngesinde dünyanın farklı yerlerinden görüntü almaya devam etmektedir (Atak vd., 2015). Üzerindeki kamera pankromatik (2.5 m) ve multispektral (5 m) bantlardan çizgi tarama yöntemi ile görüntüleme yapabilmekte ve hem mono nadir hem de $\pm 30^\circ$ çekim açıları ile stereo görüntü alabilmektedir. Bu çalışmada, Göktürk-2 uydusunun radyometrik ve geometrik kalitesi, stereo görüntülerden 3 boyutlu konum belirleme ve yüzey modeli oluşturma kapasitesi, ve görüntü sınıflandırma ile yüzey örtüsü belirleme olanakları Fransız Polinezyası'nda bulunan Moorea Adası üzerinde 2017 yılında alınan stereo görüntüler kullanılarak değerlendirilmiştir. Aynı ada üzerinde 2014 yılında çekilen üçlü Pleiades 1A görüntüleri aynı iş akış şeması kullanılarak işlenmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Pleiades-1A uydusu 16 Aralık 2011 tarihinde fırlatılmıştır ve 0.5 m yersel çözünürlüklü pankromatik ve 2 m yersel çözünürlüklü multispektral görüntü sağlamaktadır (Satellite Imaging Corp., 2018). Pleiades 1A görüntüleri,

Moorea Konsorsiyumu tarafından satın alınmış ve öncelikle sayısal yüzey modeli (SYM) ve sayısal arazi modeli (SAM) oluşturmak için kullanılmıştır. Moorea Konsorsiyumu, 80'den fazla araştırmacının, uluslararası araştırma kurumu ve enstitüsünün (UC Berkeley, CNRS-EPHE, ETH Zürich, Oxford Üniversitesi, UC Santa Barbara, MCR LTER, vd.) 2013 yılından itibaren bir araya gelmesi ile oluşmuştur ve Ada Dijital Ekosistem Avatarını yaratmayı hedeflemektedir (Gruen vd., 2017; www.mooreaidea.org). Avatar'ın, çeşitli disiplinler tarafından veri toplama, veri işleme ve simülasyonlar gerçekleştirme amacı ile kullanılan bir model olması düşünülmektedir.

Çalışmada, Pleiades ve Göktürk-2 görüntüleri, radyometrik kalite, yöneltme doğruluğu, otomatik SYM üretimi kalitesi, pan-keskinleştirilmiş görüntü oluşturma ve ortofoto üretimi, ve otomatik arazi örtüsü sınıflandırılması aşamaları açısından incelenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır. Bu uyduların görüntüleri farklı açılardan daha önce de farklı çalışmalarda ayrıntılı olarak incelenmiştir. Göktürk-2 görüntülerinin pan-keskinleştirmesi daha önce Kahraman ve Ertürk (2017) tarafından da İstanbul örneğinde incelenmiştir. Küpçü vd. (2014), Topan vd. (2016), Mutluoğlu ve Güven (2017) ve Kocaman vd. (2017) Göktürk-2 görüntülerinin geometrik doğruluğunu farklı test alanlarında incelemişlerdir. Pleiades görüntülerinin pan-keskinleştirmesi ise Poli vd. (2013) tarafından analiz edilmiştir. Lebègue vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada ise Pleiades görüntülerinin kalitesi ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Bu çalışmada ise özellikle Göktürk-2 görüntülerinin otomatik arazi örtüsü sınıflandırılması aşamasına kadar tüm iş akışının ne şekilde gerçekleştirilebileceği Pasifik Okyanusu'ndaki çalışma alanı üzerinde değerlendirilmiştir.

2. VERİ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada 23 Haziran 2014 tarihinde ($-11^{\circ}0', 11^{\circ}$) çekim açılarıyla alınmış Pleiades 1A üçlü görüntüleri ile 27 Mart 2017 tarihinde $\pm 30^{\circ}$ çekim açılarıyla alınmış Göktürk-2 stereo görüntülerinin radyometrik kalitesi görsel olarak incelenmiştir. Ayrıca Göktürk-2 L1 görüntü çiftinin farklı bantlarının histogramları gri değerler üzerinden analiz edilmiş ve sonuçlara Çizelge 1'de yer verilmiştir. Şekil 1'de belirtildiği gibi Göktürk-2 görüntü çiftinin sol alt bölümünde sis, belli bölgelerinde ise bulut gözlenmektedir. Ayrıca görüntü sıkıştırma kaynaklı çizgilere rastlanmıştır. Göktürk-2 görüntülerinin radyometrik kalitesi daha önce Kocaman vd. (2017) tarafından da farklı yöntemlerle incelenmiştir. Pleiades 1A görüntü setinde bulunan bazı radyometrik sorunlar Gruen vd. (2017) tarafından gündeme getirilmiş ve bu verilerden alınan bazı ekran görüntüleri Şekil 2'de sunulmuştur. Bu görüntülerin orta kısmında bir bölge bulut tabakası ile örtülmüştür. Görüntülerde piksel patlamalarına rastlanmıştır. Bu sorunlar Şekil 2'de örneklendirilmiştir. Her iki uydudan elde edilen görüntülerdeki gölgeler, altlarında yer alan detayları gizlemektedir.

Çizelge 1. Göktürk-2 görüntülerinin histogram değerleri.

	Part-1				Part-2			
	Pan	Kırmızı	Yeşil	Mavi	Pan	Kırmızı	Yeşil	Mavi
Minimum	1	113	1	2	1	1	1	1
Maksimum	2047	1129	2047	2047	2047	2047	2047	2047
Ortalama	192.21	240.07	192.49	599.48	206.77	158.77	209.33	667.26
Std. sapma	101.66	112.30	109.05	171.84	103.14	126.23	112.67	162.57

a) Bulutla kaplı alanlar

b) Sis

c) Görüntü sıkıştırma etkileri

Şekil 1. Göktürk 2 görüntülerindeki bazı sorunlar.

Göktürk-2 seviye L1 (radyometrik düzeltme yapılmış) görüntüleri, görüntü izinin polinom model kullanılarak modellenmesi yöntemiyle yöneltmiştir. Polinom derecesi bir olarak seçilmiştir. Yöneltme için ERDAS Imagine yazılımı (Hexagon Geospatial, 2018) ve toplam 12 adet yer kontrol noktası (YKN) kullanılmıştır. 7 kontrol noktası 5 sağlama noktası bölgenin Pleiades 1A görüntü setinden üretilmiş olan vektör verilerinden elde edilmiştir. Belirlenen noktalar genellikle yol kenarlarından, yerleşim yerlerindeki binaların köşelerinden ve kıyılarda bulunan

iskelelerden seçilmiş, görüntülerde işaretlenmiştir. Göktürk-2 pankromatik görüntüleri için sağlama noktaları kullanılarak yaklaşık 2 piksel (4.8 m) RMSE (XYZ) değeri elde edilmiştir.

a) Bulutla kaplı alanlar

b) Piksel patlaması

Şekil 2. Pleiades görüntülerindeki radyometrik sorunlar.

Pleiades görüntüleri ise RFM (Rational Polynomial Functions) parametre katsayılarına (RPC – Rational Polynomial Coefficients) YKN yardımıyla afin dönüşüm uygulanarak yöneltmiş ve sağlama noktalarından yaklaşık bir piksel (0.6 m) RMSE (XYZ) elde edilmiştir. Yer kontrol noktalarının nesne uzayı koordinatları yersel yöntemlerle yüksek doğrulukla ölçülmüştür (~2-4 cm). 7 kontrol noktası ve 13 sağlama noktası görüntülerde manuel olarak ölçülmüştür. Bu noktalar da genellikle görüntüde ayırt edilebilecek yol kesişimleri ve bina köşelerinden seçilmiştir. Moorea Adası Pleiades görüntülerine genel bir bakış ve YKN dağılımları Şekil 3'te verilmiştir.

a) Göktürk 2 YKN dağılımı

b) Pleiades YKN dağılımı

c) Moorea Adası Pleiades görüntülerine genel bakış

Şekil 3. Moorea Adası Pleiades görüntüsüne genel bakış ve YKN'lerin Göktürk 2 ve Pleiades görüntülerindeki dağılımı.

Her iki görüntü setinde SYM üretimi için yine ERDAS Imagine Photogrammetry yazılımı altında eATE (enhanced Automatic Terrain Extraction) modülü kullanılmıştır. eATE modülünün eşleme algoritması farklı görüntü çözünürlük seviyelerini kullanarak normalize edilmiş gri değerlere dayalı çapraz korelasyon (cross-correlation) yapmaktadır. Yani, eşleme işlemi yüksek bir görüntü piramidinden başlar. Her bir piramit seviyesinde, daha yüksek piramit üzerindeki eşleşmelerden güncellenen arazi aralığı, mevcut piramitte arama aralığını sınırlamak için kullanılır ve bir sonraki alt piramidin arazi aralığını güncellemek için mevcut piramidin sonuçlarının eşleştirilmesi kullanılır. Bu şekilde, her bir piramit düzeyinde arazi varyasyonunun belirsizliği azalır. Arama aralığı da azaltılmalıdır. Bu nedenle Göktürk-2 SYM üretimi için pencere boyutu 9 x 9 piksel, eşleme olasılığını arttırmak için y-paralaksı görüntü yöneltme doğruluğu da dikkate alınarak 5 piksel ve çıktı SYM'nin grid aralığı 2.5 metre olarak seçilmiştir. Pleiades SYM üretimi için kullanılan parametreler; pencere boyutu 5x5 piksel, y-paralaksı 1 piksel ve çıktı SYM'nin grid aralığı grid aralığı 0.6 metredir. Sonuç olarak üretilen Pleiades nokta bulutu Göktürk-2 nokta bulutundan daha yoğundur. Göktürk-2 SYM'nin özellikle eğimi yüksek olan dağlık alanlarda daha başarısız olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni özellikle stereo çekim açısının yüksek olması ile açıklanabilir. Pleiades SYM ise dağlık alanlarda da genel olarak başarılıdır ve bu hem görüntülerin üçlü (triplet) olması hem de çekim açılarının dar olması ($-11^{\circ}, 0^{\circ}, 11^{\circ}$) ve dolayısıyla görüntüler arasındaki benzerliğin yüksek olması ile açıklanabilir. Pleiades SYM'den örnekler Şekil 4'te verilmiştir.

a) Ortofoto

b) SYM

Şekil 4. Pleiades 1A görüntüsünden oluşturulan ortofoto ve SYM.

Göktürk-2 ve Pleiades 1A görüntülerinden üretilen SYM'ler CloudCompare yazılımı (Cloud Compare, 2018) ile karşılaştırılmıştır. İki yüzey modeli arasındaki farklar düzensiz nokta bulutu mesafesi yöntemi (cloud-to-cloud distance) ile hesaplanmıştır. Bu yöntemle göre üretilmiş olan nokta bulutlarından yüzey geçirilir ve bu yüzeyler arasındaki mesafeye bakılır. Nokta yoğunluğu daha fazla ve yüksek doğrulukta olduğu için referans olarak Pleiades nokta bulutu seçilmiştir. Karşılaştırma kıyıya yerleşimin olduğu ve sınıflandırma aşaması için seçilen alana uygulanmıştır. Nokta bulutları arasındaki ortalama mesafe -0.05 m, standart sapma ise 9,29 m olarak bulunmuştur. Ortalama mesafenin düşük olması, Göktürk-2 yöneltmesinin Pleiades görüntüleri kullanılarak yapılmış olmasından dolayı beklenen bir sonuçtur. Elde edilen sonuca göre topoğrafyanın engebeli olduğu bölgelerde nokta bulutları arasında yükseklik farkının fazla gözlemlenmiştir. Ancak kıyı bölgelerde nokta bulutları arasında yüksek uyum sağlanmıştır. Göktürk-2 nokta bulutu ile referans nokta bulutu arasındaki artık hatalar Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 5a yükseltinin az olduğu bölgelerde (yeşil alanlar) iki nokta bulutu verisinin örtüştüğünü göstermektedir. Şekil 5a'dan aynı zamanda Göktürk-2 stereo çiftinden otomatik oluşturulan nokta bulutunun dağılımı anlaşılabilir.

Pan-keskinleştirme, bir uydu sensöründeki yüksek çözünürlüklü pankromatik görüntü ile düşük çözünürlüklü multispektral bantların birleştirilerek yüksek çözünürlüklü renkli görüntü elde edilmesidir (Shott, 2007). Çalışmada pan-keskinleştirme işlemi için ArcGIS (Esri, 2018) yazılımı kullanılmış ve bu görüntülerden ortofoto üretimi de ERDAS Imagine yazılımında multispektral görüntünün yersel çözünürlüğünü ve aynı zamanda korunmuş spektral bilgileri geliştiren üç tane pan-keskinleştirme algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Intensity-Hue-Saturation (IHS) (Maurer, 2013), Brovey (V. Vijayaraj, 2004) ve Gram-Schmidt (Maurer, 2013) pan-keskinleştirme teknikleri kullanılmıştır. Denenen algoritmalar arasında Gram-Schmidt pan-keskinleştirme yönteminin daha doğal renkler sağladığı gözlenmiştir. Şekil 6'da ise Göktürk-2 pan-keskinleştirme sonuçları verilmiştir.

Pleiades pan-keskinleştirilmiş görüntüleri ve Pleiades SYM'si kullanılarak ERDAS Imagine Photogrammetry yazılımı ile 0.5 metrelik yersel çözünürlüğe sahip renkli ortofoto üretilmiştir. Göktürk 2 pan-keskinleştirilmiş

görüntüleri ile ortofoto üretimi başarılı sonuç vermemiş, bunun yerine orijinal pan görüntüleri ve Göktürk-2 SYM'si ile 2.5 metrelik yersel çözünürlüğe sahip pan ortofoto üretilmiştir.

a) Göktürk-2 ve Pleiades nokta bulutları arasındaki artık hatalar

b) Üst şekildeki bölgenin görüntü giydirilmiş Pleiades SYM'si

Şekil 5. Göktürk-2 ve Pleiades nokta bulutları karşılaştırma sonuçları.

Şekil 6. Göktürk-2 görüntülerine uygulanan a) Brovey dönüşümü b) IHS dönüşümü c) Gram-Schmidt dönüşümü.

Son aşamada, Trimble eCognition yazılımı (Trimble, 2018) kullanılarak arazi örtüsü sınıflandırması yapılmıştır. Göktürk-2 görüntülerinin sınıflandırılması pan ortofoto üzerinde seçilen bölgede nesne tabanlı olarak

gerçekleştirilmiştir. Segmentasyonda (bölütlenmede) kullanılan önemli parametrelerden biri ölçektir. Buna göre alanı en iyi temsil edecek şekilde ölçek belirlenmiştir. Segmentasyon sonucunda düşük ve yüksek yoğunluklu bitki örtüsü, yerleşim alanı ve su sınıfları ortaya çıkmıştır. Bölütlenmiş görüntüye en yakın komşu sınıflayıcısı uygulanmıştır. Bu yöntemde öncelikle belirlenmiş sınıflara göre eğitim verileri toplanır ve bu verilere göre kalan bütün bölütler sınıflandırılır. Sınıflandırılmış görüntü Şekil 7’deki gibidir.

Şekil 7. Göktürk-2 pan ortofotosunun nesne tabanlı sınıflandırılması.

Pleiades ortofotosunun sınıflandırılması piksel tabanlı ve nesne tabanlı olmak üzere iki farklı teknik kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Piksel tabanlı sınıflandırma, ERDAS Imagine yazılımı ile ve supervised classification (denetlenen sınıflandırma) kullanılmıştır. Eğitim verisi, görüntüdeki her bir arazi örtüsü sınıfı için seçilmiştir. Sınıfların tüm resimde uygulanmasında eğitim verisinin spektral değerleri etkilidir. Önceden geliştirilmiş eğitim veri setlerinden yararlanılarak denetimli sınıflandırma (supervised classification) yapılmıştır. "Bina", "Bitki", "Deniz", "Havaalanı", "Yol", "Gölge", "Göl", "Kumsal", "Patika" ve "Çimen" sınıfları belirlenerek ERDAS Imagine yazılımında en fazla olasılık (Maximum Likelihood) algoritmasına göre sınıflandırılmıştır. Sınıflarının doğruluk değerlendirmesi sonucunda, genel sınıflandırma doğruluğu, üreticinin ve kullanıcının doğrulukları ve kappa istatistikleri hesaplanmıştır. Kappa, hem referans hem de sınıflandırılmış veri setlerinden oluşturulan hata matrisi tablosundan hesaplanmıştır. Genel kappa istatistikleri 0.9313. Genel sınıflandırma doğruluğu % 96'dır. Nesne tabanlı sınıflandırma Trimble eCognition yazılımı (Trimble, 2018) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bölütlere ayrılmış görüntüye en yakın komşu sınıflama algoritması uygulanmış ve bölütlerden eğitim verileri toplanmıştır. Sonuçta piksel tabanlı sınıflandırma, eğitim verisinin kalitesine bağlı olduğundan, yalnızca küçük alanlarda başarılı olmuştur. Ancak nesneye tabanlı sınıflamanın başarısı özellikle geniş alanlarda yüksektir. Nesne tabanlı sınıflandırma piksel tabanlı sınıflandırmaya göre daha hızlı gerçekleşmiştir. Bunu etkileyen sebeplerden biri bölüt sayısıdır. Nesne tabanlı sınıflandırmanın daha tutarlı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Sınıflandırma sonuçlarına örnekler Şekil 8 ve 9'da verilmiştir.

Şekil 8. Havaalanı bölgesinde Pleiades sınıflandırma sonuçları.

Şekil 9. Kıyıda Pleiades sınıflandırma sonuçları.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada Moorea Adası üzerinde alınan Göktürk-2 stereo ve Pleiades 1A üçlü görüntüleri görüntü kalitesi, yöneltme ve konum belirleme doğruluğu, SYM oluşturma, pan-keskinleştirme, ortofoto oluşturma ve sınıflandırma açılarından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Görüntüler arasında çekim açıları, görüntü sayısı, yersel çözünürlük, radyometrik çözünürlük, bulutluluk oranı, yöneltme modeli ve kamera kalibrasyonu açısından önemli farklar bulunmaktadır. Burada Göktürk-2 görüntü yöneltmesi için polinomlarla iz modellemesi yapılmış ancak yazılımın esnekliğinin sınırlı olması nedeniyle parametrelere yeterince müdahale edilememiştir. Kontrol noktalarının sayısı artırılarak ve Göktürk-2 için özelleştirilmiş bir görüntü yöneltme ve self-kalibrasyon algoritması kullanılarak daha yüksek konumsal doğruluk elde edilebilir. Ancak Göktürk 2'nin pek çok uygulama için yeterli doğrulukta SYM üretiminde ve nesne çıkarımında kullanılabileceği öngörülebilir. Nokta bulutu yoğunluğu görüntü eşleme sonucuna bağlıdır. Nokta bulutuna bağlı olarak bölgeyi daha iyi temsil eden bir SYM üretilebilir. Bu sebeple, SYM için farklı parametreler kullanılabilir. Ancak SYM üretiminde özellikle dağlık bölgelerde az sayıda nokta eşlenebildiği için manuel stereo ölçüm yöntemiyle düzeltme ve eklemeler gerekmektedir.

Daha iyi bir sınıflandırma sonucuna ulaşmak için farklı seçenekler uygulanabilir. Atmosferik etkilerden arınmış görüntüler kullanılarak detaylara ulaşım kolaylaştırılabilir. Multispektral ortofoto kullanılarak sınıf sayısı artırılıp alt sınıflar da oluşturulabilir. Sınıflandırmanın doğruluğunu arttırmak amacıyla nesne tabanlı sınıflandırma için bölütleme parametreleri değiştirilebilir daha fazla eğitim verileri toplanabilir.

Göktürk-2 görüntüleri bu çalışmada olduğu gibi ulaşılması zor alanların 3B modellemesinde kullanılabilir. Mevcut yazılım olanaklarıyla yeterli sayıda kontrol noktası kullanılarak 2 piksel hassasiyetinde yöneltme sonuçları elde edilebilir. Nokta bulutunun yoğunluğu, yersel çözünürlük, radyometrik kalite ve çekim açıları ile orantılıdır. Görüntü sınıflandırması da kullanılarak yüksek doğrulukta arazi örtüsü haritaları otomatik olarak oluşturulabilir ve çeşitli projelere altlık olarak kullanılabilir. Moorea ile ilgili gelecek araştırmalar, farklı sensörler, veri işleme yöntemleri, modelleme ve entegrasyon yaklaşımları ve stratejilerini dikkate alarak ekosistem modelleme araştırmalarına önemli katkılar sağlayacaktır.

4. TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi tarafından FUA-2016-9989 kodlu proje ile desteklenmiştir. Yazarlar, Moorea IDEA Konsorsiyumu üyelerine (mooreaidea.org) katkılarından dolayı teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Atak, O., Erdoğan, M., Yılmaz, A., 2015. Göktürk-2 Uydu Görüntü Testleri. *Harita Dergisi*, Ocak, Sayı 153.

CloudCompare, 2018. Kullanıcı kılavuzu 2.1.

http://www.danielgm.net/cc/doc/qCC/Documentation_CloudCompare_version_2_1_eng.pdf [03.06.2018].

ESRI, 2018. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview> [03.06.2018].

Gruen, A., Kocaman, S., Guo, T., Ural, S., Troyer, M., 2017. DSM/DTM – Related Investigations Of The Moorea Avatar Project. *38th Asian Conference On Remote Sensing*, Ekim 23-27, Yeni Delhi, Hindistan.

Hexagon Geospatial, 2018. ERDAS Imagine. <http://www.hexagongeospatial.com/products/power-portfolio/erdas-imagine> [03.06.2018].

Kahraman, S., Ertürk, A., 2017. Comprehensive Review of Pansharpening Algorithms For Göktürk-2 Satellite Images. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Sayı IV-4/W4, 4th International GeoAdvances Workshop, 14–15 Ekim, Safranbolu, Karabük, Türkiye.

Kocaman, S., Ural, S., Karakas, G., Bakici, S., 2017. 3D Processing of Gokturk-2 Imagery. *38th Asian Conference On Remote Sensing*, Ekim 23-27, Yeni Delhi, Hindistan.

Kupcu, R., Teke, M., Çabuk, A., 2014. RASAT ve Gokturk-2 Görüntülerinin Ortorektifikasyon Başarımına Referans Ve Sayısal Yükseklik Modeli Seçiminin Etkisi. *UZAL-CBS 2014*. 14-17 Ekim, İstanbul, <http://www.uzalcbs2014.sempozyumu.net/bildiriler.php> [27.11.2015].

- Lebègue, L., Greslou, D., deLussy, F., Fourest, S., Blanchet, G., Latry, G., Lachérade, S., Delvit, J.M., Kubik, Ph., Déchoz, C., Amberg, V., Porez-Nadal, F.,** 2012. Pleiades-Hr Image Quality Commissioning. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Sayı XXXIX-B1, XXII ISPRS Congress, 25 Ağustos – 01 Eylül, Melbourne, Avustralya.
- Maurer, T.,** 2013. How to Pan-Sharpen Images Using the Gram-Schmidt Pan-Sharpen. *ISPRS Hannover Workshop*, Hannover, Almanya.
- Mutluoglu, O., Guven, M.,** 2017. Accuracy Investigation of DEM Based On Göktürk-2 Stereo Images. *SUJEST*, sayı 5, no 2, DOI: 10.15317/Scitech.2017.83.
- Poli, D., Remondino, F., Angiuli, E., Aguiaro, G.,** 2013. Evaluation of Pleiades-1A Triplet on Trento Testfield. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-1/W1, *ISPRS Hannover Workshop*, 21 – 24 Mayıs, Hannover, Almanya.
- Satellite Imaging Corp.,** 2018. <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/pleiades-1/> [03.06.2018].
- Schott, J.,** 2007. *Remote sensing: the image chain approach*. 2nd Edition, Oxford University Press.
- Topan, H., Cam, A., Oruç, M., Teke, M.** 2016. Göktürk-2 Görüntülerinin Radyometrik ve Geometrik Açidan Değerlendirilmesi. 6. *Uzaktan Algılama CBS Sempozyumu*, Adana, Türkiye.
- Trimble,** 2018. <http://www.ecognition.com/> [03.06.2018].
- Vijayaraj, V., O'Hara, C.G., Younan, N.H.,** 2004. Quality Analysis of Pansharpened Images. *IGARSS 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, AK, USA.