



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



İnsansız hava aracı ile üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile Google Earth ve HGM Küre verilerinin karşılaştırılması

Google Earth and GDM Globe comparison with Dijital Elevation Model(DEM) produced with unmanned aerial vehicle

Yazar(lar) (Author(s)): Muhammet Mustafa EROĞLU¹, Ömer Gökberk NARİN²

ORCID¹: 0000-0001-5540-2005

ORCID²: 0000-0002-9286-7749

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz(To cite to this article): Eroğlu M. M., ve Narin Ö. G., “İnsansız hava aracı ile üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile Google Earth ve HGM Küre verilerinin karşılaştırılması”, *Politeknik Dergisi*, 24(2): 545-551, (2021).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.676608

İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile Google Earth ve HGM Küre Verilerinin Karşılaştırılması

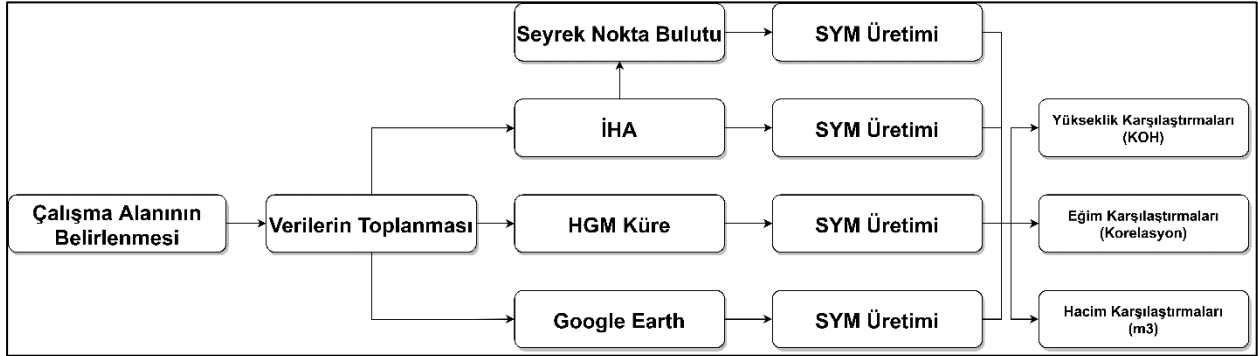
Google Earth and GDM Globe Comparison with Dijital Elevation Model(DEM) Produced with Unmanned Aerial Vehicle

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Bu çalışma SYM üretimi için erişimi ücretsiz veri kaynaklarını karşılaştırmıştır. / This study provides comparisons of free-to-access data sources for DEM production.
- ❖ Bu çalışma SYM üretimi ve veri kaynakları odaklanmıştır. / This study focused on DEM production and data sources.
- ❖ Üretilen SYM'lerin doğruluk kontrolü için İHA verisi kullanılmıştır. / UAV data was used to check the accuracy of the produced DEMs.
- ❖ SYM karşılaştırmaları hacim, yükseklik ve eğime göre yapılmıştır. / the DEM comparisons were performed based on volume, height and slope.

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Çalışma üç farklı SYM verisi eşlenik noktalar yardımı ile karşılaştırmıştır. Karşılaştırmada güvenilirlik ölçütü olarak KOH kullanılmıştır. / In the study, three different DEM data were compared with conjugate points. In comparisons, RMSE was used as an accuracy criterion.



Şekil. Çalışmanın iş akışı. / Figure. Work flow of the study.

Amaç (Aim)

HGM Küre verisinin doğruluğu araştırılmıştır. / The accuracy of GDM Globe data has been investigated.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Üretilen SYM'lerden alınan eşlenik noktalar KOH ölçütüyle karşılaştırılmıştır. / Conjugate points from the produced DEMs were compared based on the RMSE criterion.

Özgünlük (Originality)

HGM Küre verilerinin yeni olması ve daha önce bu kapsamda çalışılmamış olması. / HGM Globe data is new and has not been studied in this context before

Bulgular (Findings)

HGM Küre verilerinden üretilen SYM'nin Google Earth göre daha yüksek doğrulukta sonuçlar verdiği görülmüştür. / DEM produced from GDM Globe provides more accurate results compared to Google Earth.

Sonuç (Conclusion)

HGM Küre verisi SYM üretiminde avantaj sağlayabilir. / GDM Globe data can provide advantages in DEM production.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (Sym) ile Google Earth ve Hgm Küre Verilerinin Karşılaştırılması

Araştırma Makalesi / Research Article

Muhammet Mustafa EROĞLU, Ömer Gökberk NARİN*

Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye
(Geliş/Received : 17.01.2020; Kabul/Accepted : 04.05.2020)

ÖZ

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) yeryüzünü tanımlamak için önemli bir bileşendir. Bu sebeple birçok mesleki disiplinde farklı amaçlarla kullanılmaktadır. SYM'ler farklı mesleki disiplinlerde kullanılmasından dolayı üretim yöntemi ve çözünürlüğü farklılık göstermektedir. SYM'nin kullanılacağı alana göre zaman ve maliyet hesabının iyi yapılması gerekmektedir. Çalışma alanı olarak, Adana İli Çukurova İlçesinde ortalama eğimi %12 olan Rüzgarlı tepesi seçilmiştir. Bu çalışmada, açık erişim olarak kullanıcılara sunulan Google Earth ve Harita Genel Müdürlüğü (HGM) Küre uygulamalarından üretilen SYM'lerin doğruluğu araştırılmıştır. Üretilen SYM'lerin doğruluğunun araştırılması için İnsansız Hava Aracından (İHA) üretilen SYM referans veri olarak kullanılmıştır. Çalışma sonuçları üç farklı şekilde incelenmiştir. İlk olarak, SYM'lerden hesaplanan hacimler karşılaştırılmıştır. İHA'dan hesaplanan hacim 1,050,053.63 m³ Google Earth'den hesaplanan hacim 795,390.92 m³ ve HGM Küre'den hesaplanan hacim 959,445.60 m³ elde edilmiştir. İkinci olarak araziyi temsil edecek üç farklı doğrultu üzerinden eğimleri karşılaştırılmıştır. Eğimlerde HGM Küre'nin Google Earth'e göre daha doğru sonuçlar vermiştir. Üçüncü olarak eşlenik olarak seçilen 400 noktanın yükseklik değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada doğruluk ölçütü olarak Karesel Ortalama Hata (KOH) kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, referans olarak alınan İHA'dan üretilen SYM'ye en yakın değerleri HGM Küreden üretilen SYM benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sayısal yükseklik modeli, HGM küre, Google Earth, insansız hava aracı.

Google Earth and GDM Globe Comparison with Dijital Elevation Model(DEM) Produced with Unmanned Aerial Vehicle

ABSTRACT

The Digital Elevation Model (DEM) is an important component to describe the earth's surface. For this reason, it is used in many professional disciplines for different purposes. Production methods and resolution differ due to the use of DEMs in different professional disciplines. Time and cost should be well calculated according to the study field in which DEM is used. Rüzgarlı Hill from Cukurova district of Adana province is selected as the study area that has an average slope of %12 In this study, the accuracy of the DEMs produced from Google Earth and General Directorate of Mapping (GDM) Globe applications, which are offered to users as open access, was investigated. In order to investigate the accuracy of DEMs, the DEM produced from an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) was used as the reference data. The study results were examined in the aspects of volumes, slopes, and height values from three different DEMs. First, the volume values are obtained as follows; volume from the UAV 1,050,053.63m³, the volume from Google Earth 795,390.92m³ and the volume from GDM Globe 959,445.60m³. Secondly, the slopes were compared over three different directions to represent the terrain. On slopes, GDM Globe has more accurate results than Google Earth with respect to the UAV. Thirdly, the height values of the 400 points from the data sets chosen for comparisons. In the comparisons, Root Mean Square Error (RMSE) was used as the accuracy measure. As a result of the study, it was found that the values closest to the DEM produced from the reference UAV were similar to the DEM produced from the GDM Globe.

Keywords: Digital elevation model, GDM globe, Google Earth, unmanned aerial vehicle.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Topoğrafya, bilim dallarına yerkürenin temel verisini sağlayan bir bileşendir. Topoğrafik haritalar, üretildiği günden bugüne kadar topoğrafyanın yapısını, mekânsal dağılımını göstermede yardımcı olmuştur. 1950'li yıllarda Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kavramı ortaya çıkmıştır [1,2]. SYM, yerkürenin yüzey yüksekliğini tanımlamak için kullanılır. SYM topoğrafik

analizlerde, hidroloji ve arazi hareketlerinin modellenmesinde, arkeolojide, uydu görüntülerinin ortorektifikasyonunda, gravite anomalisi haritalarının oluşturulmasında, eğim hesaplamalarında, hassas tarım ve ormancılıkta, mühendislik ve altyapı çalışmalarında, çeşitli bilimsel çalışmalarda ve mühendislik çözümlerinde kullanılmaktadır.

SYM, jeodezik yöntemlerle (GNSS, Nivelman, Total station vb.), fotogrametri yöntemiyle (İnsansız Hava Aracı (İHA)), uzaktan algılama yardımıyla (Uydu

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : gokberknarin@aku.edu.tr

görüntüsü, yapay açıklıklı radar) ve Laser Imaging Detection and Ranging (LIDAR) tekniğiyle üretilebilmektedir.

Yöntemlerin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. SYM'nin kullanım alanındaki geniş spektrum sebebiyle istenilen çözünürlük, çalışma alanının büyüklüğü ve topoğrafik yapısı da değişmektedir. Bu sebeple kullanım alanına göre SYM üretiminin hangi amaç ve yöntemle yapılacağından önceden belirlenmesi hem zaman hem de maliyet açısından önemlidir.

Rusli vd. çalışmalarında SYM üretiminde Google Earth, SRTM90 ve Aster30 yükseklik verilerini kullanarak SYM üretmişlerdir. Üretilen SYM hem düz hem de engebeli bir alanda karşılaştırılmıştır. Google Earth'ten çıkarılan SYM'nin, SRTM 90 metrelik SYM ile düz alan için güçlü bir benzerlik gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca ASTER 30 metrelik SYM'nin Google Earth ile engebeli alan için çıkarılan SYM ile güçlü bir benzerlik gösterdiği sonucuna varmışlardır [3,4].

Yan vd. taşkın alanında yaptıkları çalışmada, SRTM verisinin hafif eğimli bölgelerde elde edilen yükseklik doğruluğu, dik eğimli alanlardan göre daha yüksek olduğu sonucunu elde etmişlerdir [5].

Hossain vd. yaptıkları çalışmada, çalışma alanındaki farklı SYM sonuçlarından ve karşılaştırmalı olarak analiz etmişlerdir. Google Earth ile elde edilen SYM'nin diğer verilere göre tatmin edici bir sonuç gösterdiği ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Özellikle de SRTM 90 ile çok güçlü benzerlik gösterdiği vurgulanmıştır. Çalışmanın Google Earth'den elde edilen yükseklik verisinin düz alanda SRTM 90 ve SRTM 30 için iyi bir alternatifi olabileceğini göstermişlerdir [6].

Khalid vd. yaptıkları çalışmada, üç farklı test alanında, açık erişimli SYM veri setinin kalitesini araştırmışlardır. Bu çalışmada SRTM, ASTER ve GMTED2010 ile üretilen SYM'lerini LIDAR ve GPS verileri ile karşılaştırmışlardır. SRTM ile üretilen SYM'nin diğer veri gruplarına göre Karesel Ortalama Hataya (KOH) göre iyi sonuç verdiği sonucuna ulaşmışlardır [7].

Mohammed vd. yaptıkları çalışmada Google Earth'ün yatay doğruluğunun yaklaşık olarak 1.80 m olduğunu belirtmişlerdir ve bu doğruluğun, orta ve küçük ölçeklerde planimetrik haritaları üretmek için başarıyla kullanılabilirliğini belirtmişlerdir [8].

Bu çalışmanın amacı, Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından 24 Ocak 2019 tarihinde ücretsiz olarak kullanıma açılmış olan Küre uygulamasından üretilecek SYM'lerin kullanılabilirliğinin araştırılmasını konu almıştır. Bu kapsamda ücretsiz olarak erişilebilen ve

SYM verilerinde üstünlüğü literatürde ispatlanmış olan Google Earth ile karşılaştırmak hedeflenmiştir. Bu kapsamda karşılaştırma için topoğrafyanın değişmediği eğimli arazi seçilmiştir.

Karşılaştırmada İHA ile üretilmiş SYM referans olarak alınmıştır. Çalışmanın farklı kullanım alanlarına hitap etmesi için eğim, hacim ve yükseklik doğruluğu ayrı ayrı test edilmiştir. Eğim kontrolü için veri grupları arasındaki ilişki, hacim hesabının doğruluğunda m³ farklarına ve yükseklik değerlerinin kontrolü için güvenilirlik ölçütü olarak KOH kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Çalışmada, Yer Kontrol Noktalarının koordinatlandırılması için TUSAGA-Aktif ağına bağlı Topcon GR-5 GNSS alıcısı kullanılmıştır. Yoğun nokta bulutu, sayısal yüzey modeli ve ortofoto üretiminde DJI Phantom 4 Pro [URL-1] İHA ile fotoğraflar elde edilmiştir. Ayrıca yüksekliklerini karşılaştıracığımız ücretsiz erişimli küre uygulamaları olan Google Earth ve HGM Küre yazılımları kullanılmıştır.

İHA ile elde edilen fotoğraflardan üretilen nokta sayısı 42.511.824 olup m²'ye 101 nokta düşmektedir. Üretilen SYM'nin yer örnekleme aralığı 9.93 cm/piksel, ortofotonun yer örnekleme aralığı ise 2.48 cm/piksel'dir. Nokta bulutundan seçilen karelej şeklinde 400 adet nokta, Google Earth ve HGM Küre uygulamalarına aktarılarak yükseklik bilgileri elde edilmiştir. Çalışmada hacim elde edilirken ortalama alan yöntemi kullanılmıştır.

$$v = \frac{F_1 + F_2 + F_{N-1} + F_N}{n} \times \Delta Z \quad (1)$$

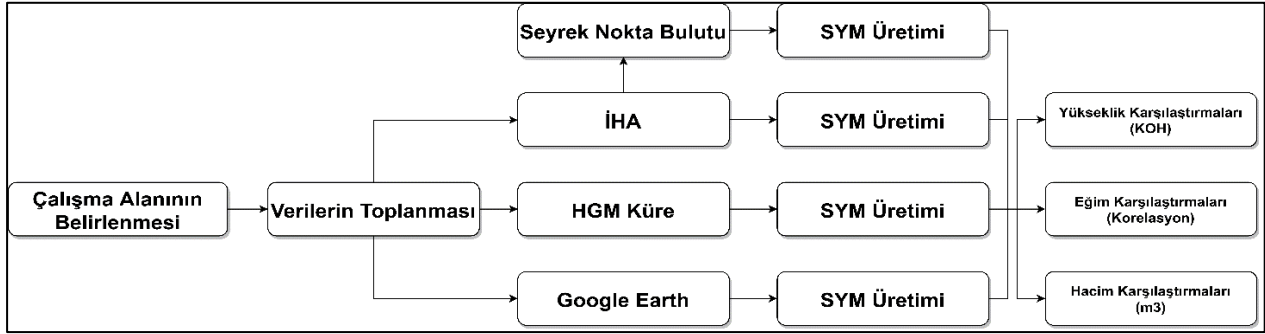
formülü ile elde edilmektedir. F1, F2, ..., FN eğrilerin belirlendiği alanlar, ΔZ yükseklik farkını göstermektedir. Elde edilen yükseklik bilgileri ile nokta bulutundan elde edilen yükseklik farkları;

$$\Delta_Z = (Z)_{GOOGLE\ EARTH, HGM\ KÜRE} - (Z)_{İHA} \quad (2)$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır. Elde edilen yükseklik bilgileri ile İHA'dan elde edilen yükseklik farklarının (Δ_Z) birbirine göre üstünlüklerini göstermek için (KOH) değerleri hesaplanarak bulunmuştur.

$$KOH = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta_Z)^2} \quad (3)$$

n, veri sayısını temsil etmektedir. Çalışmaya ait iş akış diyagramı şekil-1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma iş akışı diyagramı (Working work flow diagram)

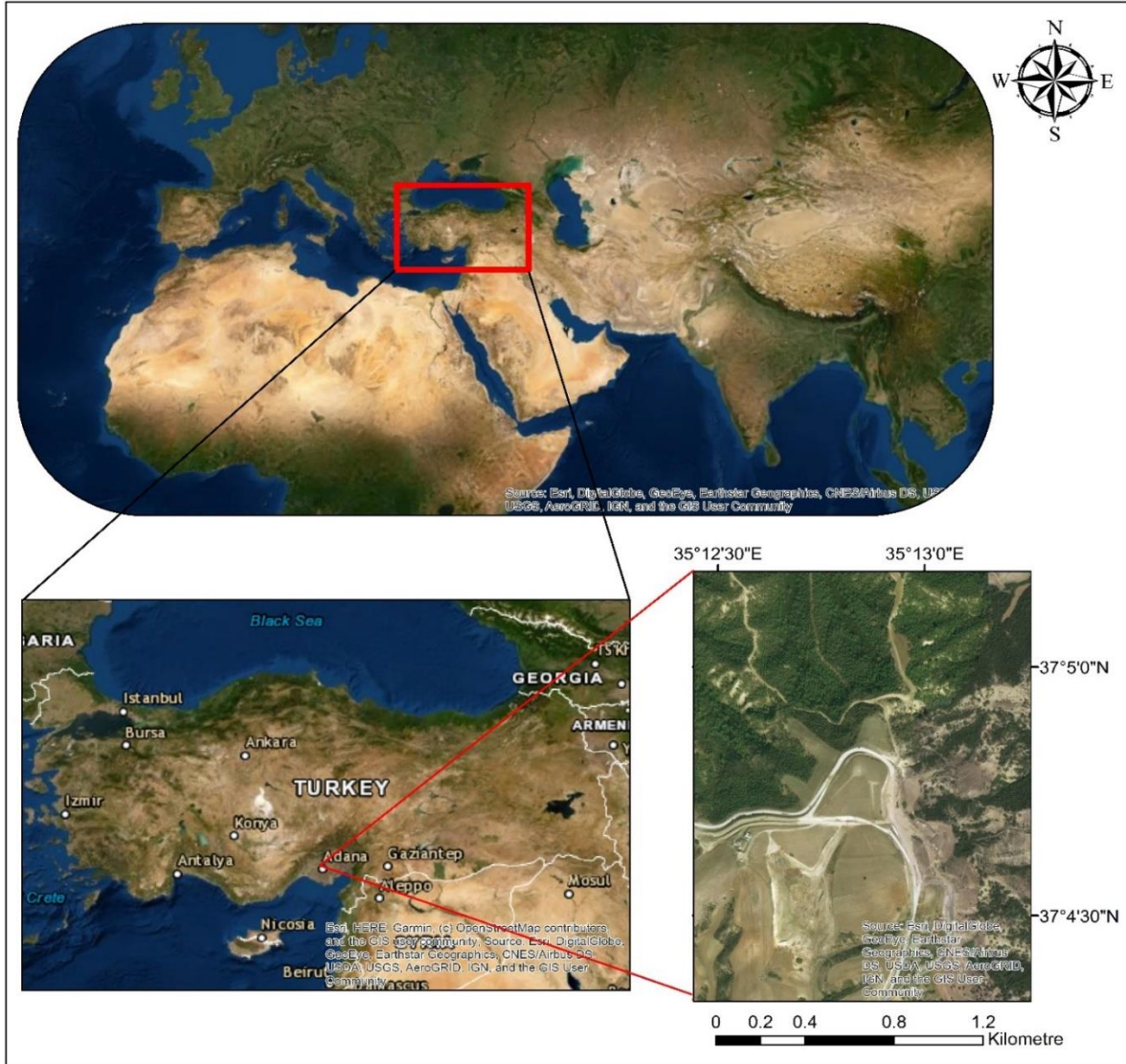
2.1 Çalışma Alanı (Study Area)

Çalışma alanı, Adana ili Çukurova ilçesinde, Seyhan Baraj Gölü'nün güneybatısında yer alan 3 hektarlık bir bölgedir (Şekil-2).

2.2 İHA ile SYM Üretimi (DEM Producing with UAV)

Haritacılık uygulamalarında veri elde yöntemlerinden birisi de İHA'dır. Personel sayısının en aza indiği, az maliyet ile çok iş yapılabilceği, erişimin güç olduğu yerlerin haritalarının üretilmesinde İHA büyük rol

oynamaktadır. Jeolojik ve meteorolojik araştırmalar, arkeolojik araştırmaların gözlemlenmesi, radyasyon seviyelerinin belirlenmesi, doğal afetlerin yönetimi, uluslararası sınır güvenliği, deformasyon analizi, yeryüzünün haritalanması ve 3 boyutlu şehir veya arazilerin modelleme gibi kullanım alanları günümüzde kullanılmaktadır [9]. Ayrıca üretilen haritalar ile Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üretilmekte ve model üzerinden hacim hesapları gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 2. Çalışma alanına ait lokasyon haritası (Location map of the study area)

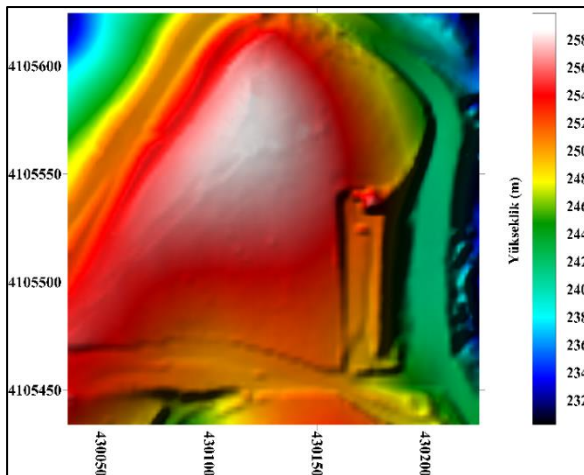
Çalışmada, araziye homojen dağılmış 5 adet Yer Kontrol Noktası (YKN), uçuş yapılmadan zemine tesis edilmiştir. Verilerin işlenmesi ve dengelemesi için kullanılacak YKN'ler, Topcon GR-5 GNSS Alıcısı ile TUSAGA-Aktif ağına bağlanılarak GRS 1980 Elipsoidi ve Türkiye Ulusal Referans Sistemi (TUREF) datumu kullanılarak koordinatlandırılmıştır.

Yoğun nokta bulutu ve sayısal yüzey modeli üretimi için kullanılacak fotoğrafların temini için 20 MP çözünürlüğe ve 8.8 mm odak uzaklığı bulunan RGB kameraya sahip DJI Phantom 4 Pro İHA kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan İHA, 1388 gr. (pil ve pervaneler dahil) ağırlığında olup, cihazın üzerinde bulunan GPS anteni yardımıyla fotoğraf orta noktasının yaklaşık koordinatları belirlenmektedir.

Veriler, 19 Mayıs 2018 tarihinde cihazın kalkış yaptığı noktadan 100 metre yükseklikte belirlenen uçuş planı ile 349 fotoğraf çekilerek tamamlanmıştır. SYM üretilen arazinin topolojik yapısında yıllar içerisinde herhangi bir değişiklik olmamıştır.

Fotogrametrik değerlendirme kısmında ortofoto Structure-from-Motion (SfM) tekniği kullanılarak üretilmiştir. SfM tekniğine göre ortofoto üretilirken, konumları farklı ama belirli bir örtüşme olan fotoğraflardaki verilerden aynı objeleri eşleştirilmeye dayalı olarak model oluşturmaktadır [10,11]. Görüntüler eşleştirildikten sonra YKN'ler programa aktarılıp fotoğraflarda işaretlenmiştir.

Görüntü eşlemesi tamamlandıktan sonra yoğun nokta bulutu oluşturulmuştur. Oluşturulan yoğun nokta bulutunda 42.511.824 nokta bulunmaktadır ve m²'ye 101 adet nokta düşmüştür. Oluşturulan yoğun nokta bulutundan SYM üretilmiştir (Şekil-3). Üretilen SYM'nin mekânsal çözünürlüğü 9.93 cm/piksel'dir.

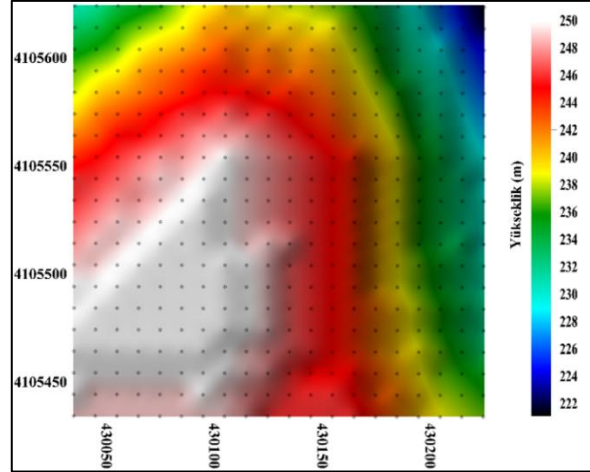


Şekil 3. İHA ile üretilmiş SYM (DEM produced with UAV)

2.3 Google Earth ile SYM üretimi (DEM Producing with Google Earth)

Sayısal haritaların ve bir servis üzerinden haritaların tasarımının yapılmasına imkân veren uygulamaların yayılması ile birlikte hem harita tasarımlarının yapılması hem de tasarlanan haritaların daha fazla kullanıcının erişimine imkân verir duruma gelmiştir [12]. Çalışma

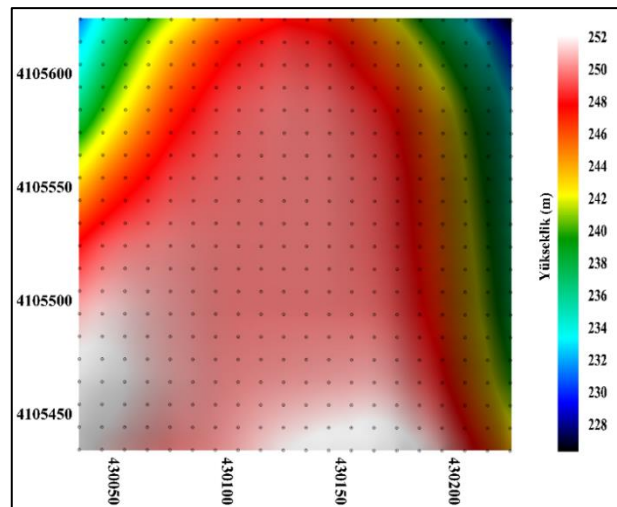
süresince kullanılacak küre uygulamalarından olan Google Earth, 11 Haziran 2001 yılında açık erişim olarak yayınlanan bir bilgisayar yazılımıdır [URL-2]. Eşlenik olarak belirlenmiş 400 adet nokta Google Earth'e aktarılmıştır. Noktalardan yükseklik bilgileri elde edilmiştir ve SYM üretilmiştir (Şekil-4).



Şekil 4. Google Earth ile üretilmiş SYM (DEM produced with Google Earth)

2.4. HGM Küre ile SYM üretimi (DEM Producing with HGM Globe)

Çalışma süresince kullanılacak diğer küre uygulaması olan HGM Küre, büyük coğrafi verileri ağ üzerinden kullanıcıya aktaran, coğrafi verileri görüntüleme ve analiz etmeye imkân veren, bir küre uygulamasıdır. HGM Küre uygulamasının kullanıcıya sunduğu kullanım kolaylığı, minimum sistem gereksinimi ile maksimum performansın alınabilmesi, sunucu-istemci mimarisi ile büyük raster ve vektör verilere ağ üzerinden erişilebilmesi, analiz ve sorgulama yeteneğine sahip olması ve ölçekli çıktı alınabilmesi HGM Küre'nin en önemli özelliklerindedir [URL-3]. Eşlenik olarak belirlenmiş 400 adet nokta HGM Küre'ye aktarılmıştır. Noktalardan yükseklik bilgileri elde edilmiştir ve SYM üretilmiştir (Şekil-5).



Şekil 5. HGM Küre ile üretilmiş SYM (DEM produced with GDM Globe)

3. BULGULAR (RESULTS)

3.1. Hacimlerin Karşılaştırılması (Comparison of Volumes)

Hacim hesaplamaları inşaat, madencilik vb. iş kollarında önemli yer tutmaktadır. Hacim hesapları klasik yöntemler (Jeodezik), fotogrametrik ve lazer tarama yöntemleri yardımıyla hesaplanabilmektedir. Ulaşımın güç olduğu yerlerde ya da hız gerektiren objelerin hacim hesabı için klasik yöntemler yetersiz kalmaktadır. Bu sebepten hacim hesaplama yöntemlerinde fotogrametrik yöntemle etkili ve hassas şekilde yapılabilmektedir [13,14]. Çalışmamızda açık erişim olarak yayınlanan çevrimiçi haritalardan elde edilen yükseklik değerleri yardımıyla hesaplanan hacimler ile fotogrametrik yöntemle üretilen hacimler karşılaştırılmıştır. Hacim hesaplanırken 1 nolu formül kullanılmıştır. Bu karşılaştırma yapılırken, İHA ile üretilen yoğun nokta bulutu yardımıyla hesaplanan hacim 1050053.63 m³ bulunmuştur. Yoğun nokta bulutu hacmi ile, seyrek nokta bulutu ile hesaplanan hacim, HGM Küreden alınan 400 nokta ile hesaplanan hacim ve Google Earth'den alınan 400 nokta ile hesaplanan hacimler karşılaştırılmıştır. Hacim hesabında zemin kotu 221 m olarak alınmıştır. Hesaplanan hacim değerleri Çizelge-1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Hacim Hesaplamaları (Volume calculations)

Referans verisi	Hacim Hesabı (m ³)	Referansa Göre Hacim Farkları (m ³)	Bağlı Hata
S. Nokta Bulutu	1028368.94	21684.6886	0.021
HGM Küre	959445.60	90608.0313	0.086
Google Earth	795390.92	254662.7044	0.243

3.2. Eğimlerin Karşılaştırılması (Comparison of Slopes)

İkinci olarak, çalışma alanında üç farklı doğrultu belirlenmiştir ve belirlenmiş olan doğrultulardan arazinin profilleri üretilmiştir (Şekil-6). İHA ile üretilen yoğun nokta bulutu ile seyrek nokta bulutu, HGM Küre ve Google Earth'den alınan doğrultular arasındaki korelasyona bakılmıştır (Çizelge-2). Korelasyonlar için yaklaşık her 1.3 m de bir 200 nokta alınmıştır.

Çizelge 2. Yoğun nokta bulutu ile seyrek nokta bulutu, HGM Küre ve Google Earth arasındaki korelasyon (Correlation between dense point cloud with sparse point cloud, GDM Globe and Google Earth)

	S. Nokta Bulutu (R ²)	HGM Küre (R ²)	Google Earth (R ²)
Profil-1	0.89947	0.84282	0.98974
Profil-2	0.93788	0.95486	0.95102
Profil-3	0.92548	0.95191	0.89577

Profil-1 için korelasyonlara bakıldığında yoğun nokta bulutuna göre en yüksek korelasyonu 0.98974 R² ile Google Earth, profil-2 için HGM Küre 0.95486 R² ile HGM Küre, profil-3 için 0.95191 R² ile HGM Kürenin verdiği görülmüştür.

3.3. Yüksekliklerin Karşılaştırılması (Comparison of Heights)

Çalışmada son olarak eşlenik olarak seçilmiş 400 noktanın yükseklik verilerinin doğruluğuna bakılmıştır. Yükseklik verisinde İHA'dan üretilen SYM'nin koordinatları referans alınmıştır. Referans yükseklik verisine göre HGM Küreden alınan yükseklik verisinin KOH Google Earth'den alınan yükseklik verisinin KOH'u daha düşük çıkmıştır (Çizelge-3).

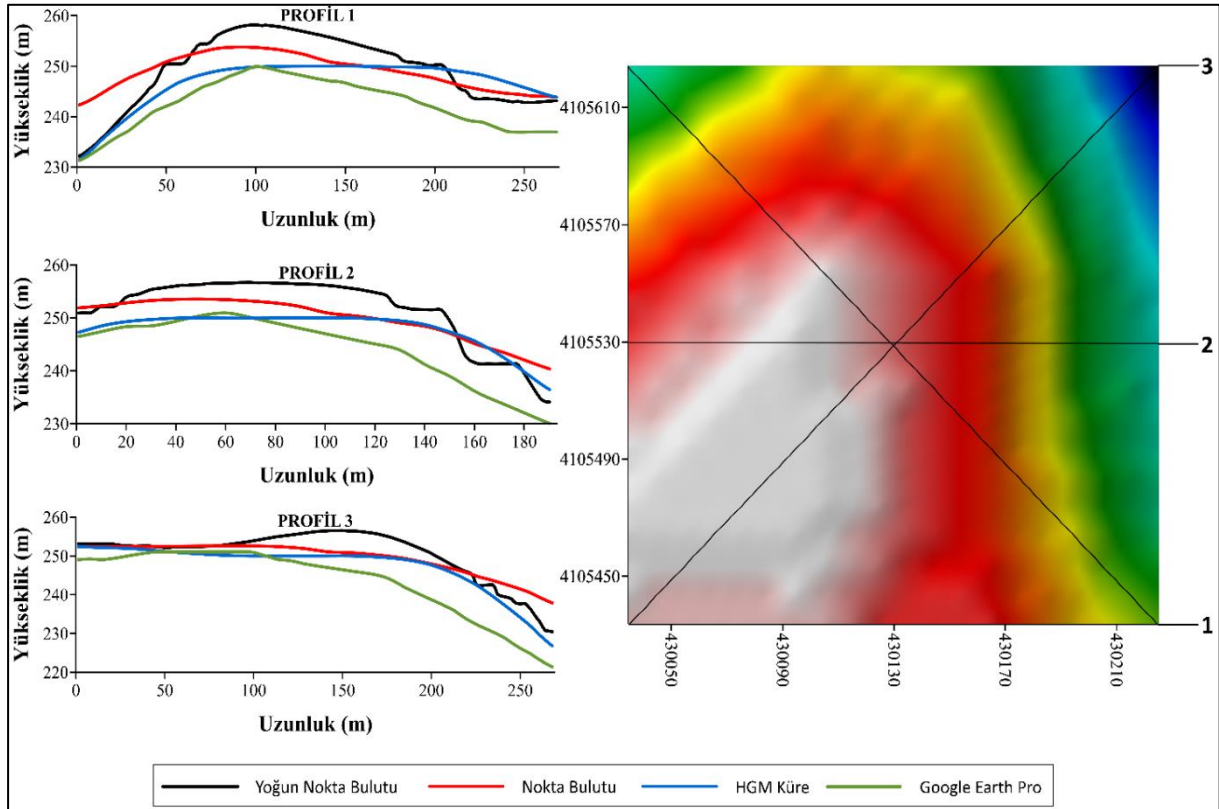
Çizelge 3. KOH sonuçları (The RMSE results)

	KOH (m)
HGM Küre	3.711947
Google Earth	4.91175

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Çalışma sonuçları İHA ile üretilen SYM'den hesaplanan veri referans alınarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucu olarak HGM Kürenin doğruluğunun Google Earth verisine göre daha yüksek çıktığı görülmüştür. HGM Küre hacim hesaplamalarında Google Earth verisine göre daha iyi sonuç vermesine rağmen hacim hesaplamalarında yüksek doğruluğa ulaşılmadığı görülmüştür. Eğim hesaplamalarında %95 korelasyonun görülmesi HGM Küre'nin eğim hesaplama işlerinde kullanılabileceğini göstermiştir. Yükseklik değerlerinin HGM Küre verisini 3.71 m hatalı olmasına rağmen Google Earth verisine göre iyi sonuç vermiştir. SYM'nin kullanılacağı işe göre referans veri olarak kullanılabilmesi görülmüştür.

Çalışmamızda, HGM tarafından geliştirilen Çalışma tek bir veri grubu üzerinde yapıldığı için farklı bölgelerde de HGM Küre'nin diğer ücretsiz erişim olarak sunulan SYM verileri ile karşılaştırılması önerilmektedir. Hava kameralarının ve uydu sensörlerinin gelişmesiyle açık erişimli haritaların doğruluklarının daha da artmasıyla hassasiyet gerektirmeyen işlemler için kullanılacak veri haline gelmişlerdir. Bu sebeple gelecek çalışmalarda farklı bölgelerde ve topoğrafyalardan veri grupları ile incelenmesi gerekmektedir.



Şekil 6. Çalışma alanından seçilmiş üç doğrultu ve bu doğrultulara ait profillerin grafikleri (Three directions selected from the study area and the graphics of the profiles of these directions)

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

İHA verilerinin temini konusunda vermiş oldukları desteklerden dolayı Havadan Harita'ya ve katkılarından dolayı Arş. Gör. Mehmet Ali UĞUR'a teşekkür ederiz.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Muhammet Mustafa EROĞLU: SYM'leri üretmiştir ve şekilleri hazırlamıştır. / Produced DEMs and prepared the figures.

Ömer Gökberk NARİN: Makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir ve sonuçlarını analiz etmiştir / Wrote the manuscript and analyse the results.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur. / There is no conflict of interest in this study.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Miller CL., Leflamme RA., "The digital terrain model-theory and application." *Photogrammetric Engineering*, 24: 433442 (1958).
- [2] Azami M., Gündoğan, R. ve Yakupoğlu T., "Farklı kaynaklardan üretilmiş sayısal yükseklik modelleri kullanılarak oyuntu erozyonunun bazı topoğrafik karakteristiklerinin belirlenmesi", *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5 (1): 9-21, (2017).
- [3] Rusli N., & Majid M. R. "Digital Elevation Model (DEM) Extraction from Google Earth: a Study in Sungai Muar Watershed." *AGSE 2012-FOSS4G-SEA*, 24-28 (2012).
- [4] Rusli N., Majid M. R., & Din A. H. M. "Google Earth's derived digital elevation model: A comparative assessment with Aster and SRTM data." *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 18 (1): 12-65, (2014).
- [5] Yan K., Di Baldassarre G., Solomatine D. P., & Schumann, G. J. P. "A review of low-cost space-borne data for flood modelling: topography, flood extent and water level." *Hydrological Processes*, 29(15): 3368-3387 (2015).
- [6] Hossain F., Akter S., Ahshan A., "Digital elevation modeling of saint martin island, bangladesh: a method based on open source google earth data." *Int. J. Adv. Res.* 6(2): 379-389 (2018)
- [7] Khalid N.F., Din A.H.M., Omar K.M.; Khanan M.F.A., Omar, A.H., Hamid A.I.A., Pa'suya M.F. "Open-source Digital Elevation Model (DEMs) Evaluation with GPS

- and LiDAR” *Data.Int. Arch. Photogram. Remote Sens.Spat. Inf. Sci.*,42: 299–306 (2016)
- [8] Mohammed N.Z., Ghazi A., Mustafa H.E. “Positional Accuracy Testing of Google Earth.” *Int. J. Multidiscip.Sci. Eng.*, 4: 6–9 (2013).
- [9] Kılınçoğlu D.B. “Farklı insansız hava araçları ile elde edilen görüntülerin otomatik fotogrametrik yöntemlerle değerlendirilmesi ve doğruluk analizi.” *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, Yüksek Lisans Tezi s.131 (2016)
- [10] Özcan O., “İnsansız Hava Aracı (İHA) ile Farklı Yüksekliklerden Üretilen Sayısal Yüzey Modellerinin (SYM) Doğruluk Analizi.” *Mühendislik ve Yer Bilimleri Dergisi*, 2(1): 1-7 (2017).
- [11] Snavely N., Seitz S. M., Szeliski R. “Modeling the world from internet photo collections” *International Journal of Computer Vision*, 80 (2): 189–210 (2007).
- [12] Doğru A.Ö., Uluğtekin N. N., Gökalp N. R., Alkoy S., Bektaş B. F., Göksel Ç., Sözen S., ”Farklı Disiplinlerle Mekansal İletişim: Epidemiyolojik Haritalar” *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 31 Ekim - 4 Kasım, Antalya, Türkiye (2011)
- [13] Henderson J., Pizarro O., Johnson-Roberson M., ve Mahon I.. Mapping submerged archaeological sites using stereo-vision photogrammetry. *International Journal of Nautical Archaeology*, 42(2): 243-256 (2013).
- [14] Kaya Y., Şenol H., Memduhoğlu A., Akça Ş., Ulukavak M., Polat N. Hacim Hesaplarında İHA Kullanımı: Osmanbey Kampüsü Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1(1): 7-10 (2019).
- URL-1 <https://www.dji.com/phantom-4-pro/info>. “İHA’ya ait bilgi” (2020)
- URL-2 https://tr.wikipedia.org/wiki/Google_Earth “Google Earth’e ait bilgi” (2020)
- URL-3 <http://kure.harita.gov.tr/Yardim/index.htm#t=Yaz%C4%B1l%C4%B1m.html>, “HGM küreye ait bilgi” (2020)