

## Nokta Bulutu Üretiminde Cep Telefonu ve DSLR Fotoğraf Makinesi Kullanımının Araştırılması

Eren Can Seyrek<sup>\*1</sup>, Ömer Gökberk Narin<sup>1</sup>, Muhammet Mustafa Eroğlu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

Yersel fotogrametri,  
Sayısal yüzey modeli,  
Nokta bulutu,  
Robotik total station.

### ÖZ

Günümüz dünyasında haritacılık artık kâğıt çıktılarından daha çok sayısal halde çevrimiçi olarak kullanıcılara sunulmaktadır. Bu da haritaları son ürün olmaktan daha çok farklı mesleki disiplinler için altlık oluşturmaktadır. Bu kapsamda 3 boyutlu modellerin hızlı ve daha ucuz şekilde oluşturulması oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında nokta bulutu üretiminde sayısal tek mercek yansımali (Digital single lens reflex-DSLR) fotoğraf makinesi (Canon EOS 1200D) ile cep telefonu kamerası (Samsung S6) karşılaştırması yapılmıştır. Çalışma alanı olarak yüksek eğimli toprak şev bir arazi seçilmiştir. Bu kapsamda 4 farklı model üretilmiştir ve bu modeller hem yer kontrol noktalarıyla hem de robotik total station ile üretilmiş nokta bulutu ile test edilmiştir. Fotoğraf makinesi ile üretilmiş modellerde daha yoğun nokta bulutları elde edilmiştir. Ayrıca modeller için Karesel Ortalama Hata (KOH) hesabı gerçekleştirilmiştir. Bu testlerin sonucunda en düşük KOH değeri fotoğraf makinesi ile oluşturulan Model 1 için X, Y ve Z'de sırasıyla  $\pm 2.11$  mm,  $\pm 1.78$  mm,  $\pm 1.00$  mm olarak; en düşük KOH değeri cep telefonu ile oluşturulan Model 3 için X, Y ve Z'de sırasıyla  $\pm 22.90$  mm,  $\pm 33.18$  mm,  $\pm 18.53$  mm olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre cep telefonu kamerası ile elde edilen modeller daha kötü sonuçlar verse de maliyet açısından düşünüldüğünde çalışmalarda cep telefonu kameraları da tercih edilebilir.

## Investigation of Cell Phone and DSLR Camera Usage in Point Cloud Generation

### Keywords

Terrestrial  
photogrammetry,  
Digital surface model,  
Point cloud,  
Robotic total station.

### ABSTRACT

In today's world, maps are now offered to users online in digital form rather than paper printouts. Instead of being a finished product, the maps serve as a foundation for various professional disciplines. In this context, it is critical to produce 3D models more quickly and at a lower cost. Within the scope of this study, a comparison of a DSLR camera (Canon EOS 1200D) and mobile phone (Samsung Galaxy S6) was made in point cloud generation. A high sloped cut slope was chosen as the study area. Based on this framework, 4 different models were produced and these models were tested both with ground control points and with point cloud produced by robotic total station. The dense point clouds created using the Canon EOS 1200D DSLR camera were found to be denser than those created with a mobile phone. In addition, models were tested by calculating Root Mean Squared Error (RMSE). As a result of these tests, the best resulting model is the Model 1 obtained with Canon EOS 1200 DSLR, which has  $\pm 2.11$  mm,  $\pm 1.78$  mm,  $\pm 1.00$  mm in RMSE in X, Y, and Z axes, while the worst resulting model is the Model 3 obtained with Samsung Galaxy S6, which has  $\pm 22.90$  mm,  $\pm 33.18$  mm, and  $\pm 18.53$  mm RMSE in X, Y, and Z axes. According to these results, although the models obtained with the mobile phone camera give worse results, when considering the cost, mobile phone cameras can also be preferred.

\* Sorumlu Yazar (\*Corresponding Author)

(ecseyrek@aku.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-1300-4898  
(gokberknarin@aku.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-9286-7749  
(mustafa.eroglu177@gmail.com) ORCID ID 0000-0001-5540-2005

Kaynak Göster (APA) / Cite this;

Seyrek, E. C., Narin, Ö. G. & Eroğlu, M. M. (2022). Sayısal Yüzey Modeli Üretiminde Cep Telefonu ve DSLR Fotoğraf Makinesi Kullanımının Araştırılması. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 4(1), 23-29

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda gelişen teknolojiler ile verilerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aracılığıyla 3 boyutlu (3B) şekilde sunulması önem kazanmıştır. Dünya üzerindeki objelerin sayısal olarak bilgisayar ortamında sunulması için öncelikli olarak topoğrafyanın (tabii ve suni ayrıntıların tamamı) hatasız şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Harita Mühendisliğinin birincil amaçlarından birisi olan topoğrafyanın belirlenmesi işlemi, yıllar içerisinde birçok farklı cihaz, ölçme yöntemi ve metot ile yapılmıştır. Optik algılayıcıların ve fotoğraf makinelerinin icadı ile birlikte fotogrametrik yöntemler ortaya çıkmıştır ve Sayısal Yüzey Modelleri (SYM) elde etmek daha hızlı ve basit hale gelmiştir. Özellikle dijital fotoğraf makinelerinin yaygınlaşması sayesinde veri toplama süreci basitleşmiş olup Hareket Tabanlı Yapısal Algılama (Structure-from-Motion - SfM) metodu ile kamera kalibrasyonu parametreleri ve fotoğrafın konumu bilinmeksizin nokta bulutu üretebilme kabiliyeti arazi hazırlık ve arazi çalışmalarını oldukça hızlandırmıştır [1-4].

Thoeni ve arkadaşları [3] 2014 yılında yaptıkları çalışmada çeşitli fotoğraf makineleri ve yersel lazer tarayıcıyla elde edilen 3 boyutlu modelleri kıyaslamışlardır. Çalışma kapsamında GoPro Hero 1080, iPhone 4S, Panasonic Lumix LX5, Panasonic Lumix ZS20 ve Canon EOS 7D dijital fotoğraf makineleri verileri kullanılarak Agisoft Photoscan yazılımı ile yoğun nokta bulutları üretilmiş ve elde edilen nokta bulutları FARO Focus 3D yersel lazer tarayıcı verisiyle kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda DSLR fotoğraf makineleri yerine mobil telefonların ve kompakt kameraların iyi bir çekim planı dahilinde kullanılabilirliğini ifade etmişlerdir. Niederheiser ve arkadaşları [4] 2016 yılında yaptıkları çalışmada farklı yazılımlar ve donanımların karşılaştırılması ile SYM oluşturmadaki performansları karşılaştırılmıştır. Çalışma alanı olarak yaklaşık 60 m<sup>2</sup> büyüklüğünde, bitki örtüsü kaplı yüksek eğimli kayalık yapıya sahip bir alan seçmişlerdir. Çalışmalarında donanım olarak, Canon 5D, Konica KD-310Z, GoPro Hero3+ Black Edition, Nikon D3000 kameralarını ve LG-D331 marka akıllı cep telefonu, yazılım olarak, Agisoft PhotoScan Pro, Pix4D, Visual SFM, SURE ve MicMac kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda donanımlardan elde edilen görüntüler ile tüm yazılımların paketleriyle hesaplanabileceği belirtmişlerdir. Ayrıca oluşturulan profillerin çok benzer oldukları sonucuna varmışlardır. Canon 5D ve Nikon D3000 markalı fotoğraf makinelerinin en iyi nokta bulutu ürettiğini ama donanımın pahalı olması sebebiyle akıllı telefon kamerası ve nispeten daha ucuz olan Konica markalı fotoğraf makinesinin de doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Yılmaztürk ve Gürbak [5] 2018 yılında yaptıkları iki aşamalı çalışmada öncelikle olarak farklı cep telefonu kameralarının (Htc Sensation XE, Apple iPhone 5, Samsung Galaxy S4) ve fotoğraf makinasının (Canon ixus 960 IS) 3B test alanı üzerinde kalibrasyonları gerçekleştirmişlerdir. Ardından ilk test alanında en

iyi sonucu veren Samsung Galaxy S4 cep telefonu ile tarihi bir kümbeti modellemişlerdir. Çalışmanın sonucunda cep telefonu kameralarının fotogrametrik çalışmalarında kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Yakar ve Bilgi [6] 2019 yılında mobil telefonların kültürel mirasın korunması kapsamında kullanılabilirliği üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada III. Ahmet çeşmesini modellenmişlerdir. Çalışmada donanım olarak Samsung A5 marka cep telefonu kullanmışlardır. Doğruluk analizi arazi çalışmalarında elde ettikleri 44 tane uzunluğu üretilen model ile karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucunda modelin hassasiyetini  $\pm 2.56$  cm olarak bulmuşlardır. Çalışmanın sonucunda kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında cep telefonlarının iyi bir alternatif olabileceğini belirtmişlerdir. Constantino ve arkadaşları [7] 2020 yılında yaptıkları çalışmada akıllı telefonlarla çekilmiş görüntülerden üretilen nokta bulutlarının kültürel mirasların dokümantasyon çalışmalarındaki kullanımını araştırmışlardır. Çalışmada Huawei P20 Lite, iPhone X, Redmi Note 7 ve Nikon D3300 (10 mm ve 18 mm lens ile olmak üzere) ile elde edilen görüntülerden üretilmiş nokta bulutlarını yersel lazer tarayıcıyla elde edilen nokta bulutu ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda başta Huawei P20 Lite olmak üzere cep telefonlarının yüksek doğruluk sağladığı sonucuna ulaşmışlardır.

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında farklı cep telefonlarının benzer sonuçlar verdiğini profesyonel kameralar için iyi daha ucuz bir alternatif olacağı belirtilmiştir. Çalışmalardaki doğruluk analizleri genelde modellerin üretim doğruluklarının karşılaştırılmasına ve birbirleri arasındaki ilişkilere bakıldığı görülmektedir.

Bu çalışmada sayısal tek mercek yansımali (Digital Single Lens Reflex-DSLR) kamera ve cep telefonu kamerasının SfM süreciyle yoğun nokta bulutu üretimindeki performansının kıyaslanması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda çalışma alanı yüksek eğim içeren toprak bir şev belirlenmiştir. Çalışma kapsamında Canon EOS 1200D marka DSLR fotoğraf makinesi ve Samsung Galaxy S6 cep telefonu kamerası kullanılarak alanın bindirmeli görüntüleri elde edilmiştir. Görüntüler kullanılarak 4 farklı model üretilmiştir. Ayrıca çalışma alanının yüzeyi robotik total station ile 5 cm grid aralığı kullanarak taranmış ve elde edilen veri baz alınarak modellerin doğruluğu analiz edilmiştir.

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Ekipman ve Arazi Çalışması

Çalışma sürecinde detay ölçümü ve yüzey taraması için Spectra Focus 35 robotik total station; fotogrametrik görüntülerin elde edilmesi için Canon EOS 1200D DSLR kamera ve Canon EF-50mm f/1.8 II marka sabit odak uzaklığına sahip lens ile Samsung Galaxy S6 cep telefonu kullanılmıştır. Kullanılan cihazların görselleri Şekil 1'de yer almaktadır. Robotik total station cihazının teknik özellikleri Tablo

1’de, fotoğraf makinelerinin özellikleri ise Tablo 2’de verilmiştir.

Üç aşamadan oluşan ve Şekil 2’de iş akış şeması verilen arazi çalışmasının ilk aşamasında kontrol noktalarının ölçümü için gerekli olan poligonlar Stonex S8N marka GNSS alıcıyla TUSAGA-Aktif servisi kullanılarak tesis edilmiştir. Şev yüzeyinde yer kontrol noktası (YKN) ve denetleme noktası (DN) olarak kullanılmak üzere yerleştirilen 20 adet kâğıt hedefin koordinatlarının ölçümü Spectra Focus 35 marka robotik total station kullanılarak reflektörsüz okuma şeklinde gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 1.** Canon EOS 1200D DSLR fotoğraf makinesi, Samsung Galaxy S6 cep telefonu ve Spectra Focus 35 robotik total station

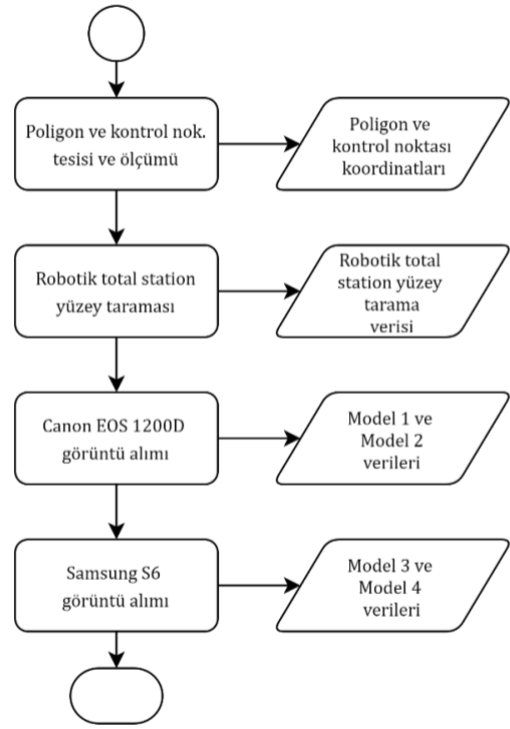
**Tablo 1.** Spectra Focus 35 robotik total station teknik özellikleri [8]

Özellik	Değer
Açı hassasiyeti	1"   2"   3"   5"
Mesafe hassasiyeti (<300m)	3 mm + 2 ppm
Reflektörlü okuma mesafesi (Tek prizma – üçlü prizma)	4000 m – 7000 m

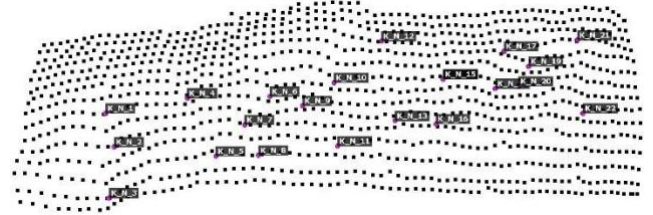
**Tablo 2.** Kameraların teknik özellikleri

Özellik	Canon 1200D + EF 50mm	Samsung Galaxy S6
Sensör boyutu (µm)	4.4	1.09
Çözünürlük (piksel)	5184 × 3456	5312 × 2988
Odak uzaklığı (mm)	50	4.3
Diyafram açıklığı	f/1.8	f/1.9

Arazide gerçekleştirilen çalışmanın ikinci aşamasında robotik total station kullanılarak yüzey taraması gerçekleştirilmiştir. Tarama için belirlenen nokta mesafesi 5 cm’dir. İşlem sonucunda fotogrametrik süreçle elde edilen seyrek nokta bulutlarının kıyaslanması için referans yüzeyi oluşturacak olan ve 1113 noktadan oluşan bir yüzey taraması (Şekil 3) elde edilmiştir.



**Şekil 2.** Arazi çalışması iş akış şeması



**Şekil 3.** Robotik total station ile elde edilen kontrol noktaları ve yüzey taraması

Arazide gerçekleştirilen çalışmanın üçüncü aşamasında fotogrametrik görüntülerin elde edilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Fotoğraf makinelerinin ve bindirme miktarlarının kıyaslanması amacıyla 4 farklı çekim gerçekleştirilmiştir (Tablo 3). Bindirme oranlarının kesin olarak hesaplanmadığı çalışmada belirli bir ölçü planı yapılmamış olup görüntülerin tamamı jeo-referanssız olarak elde edilmiştir. Canon EOS 1200D ile gerçekleştirilen çekimlerde kullanılan sabit odak uzaklığına sahip lensin yapısı gereği oluşan alan derinliği etkisinden kaçınmak için diyafram değeri f/14 olarak ayarlanmıştır.

**Tablo 3.** Çekim modellerine ait bilgiler.

Model No	Fotoğraf Makinesi	Görüntü Sayısı
1	Canon EOS 1200D	13
2	Canon EOS 1200D	46
3	Samsung Galaxy S6	27
4	Samsung Galaxy S6	26

## 2.2. Verilerin değerlendirilmesi

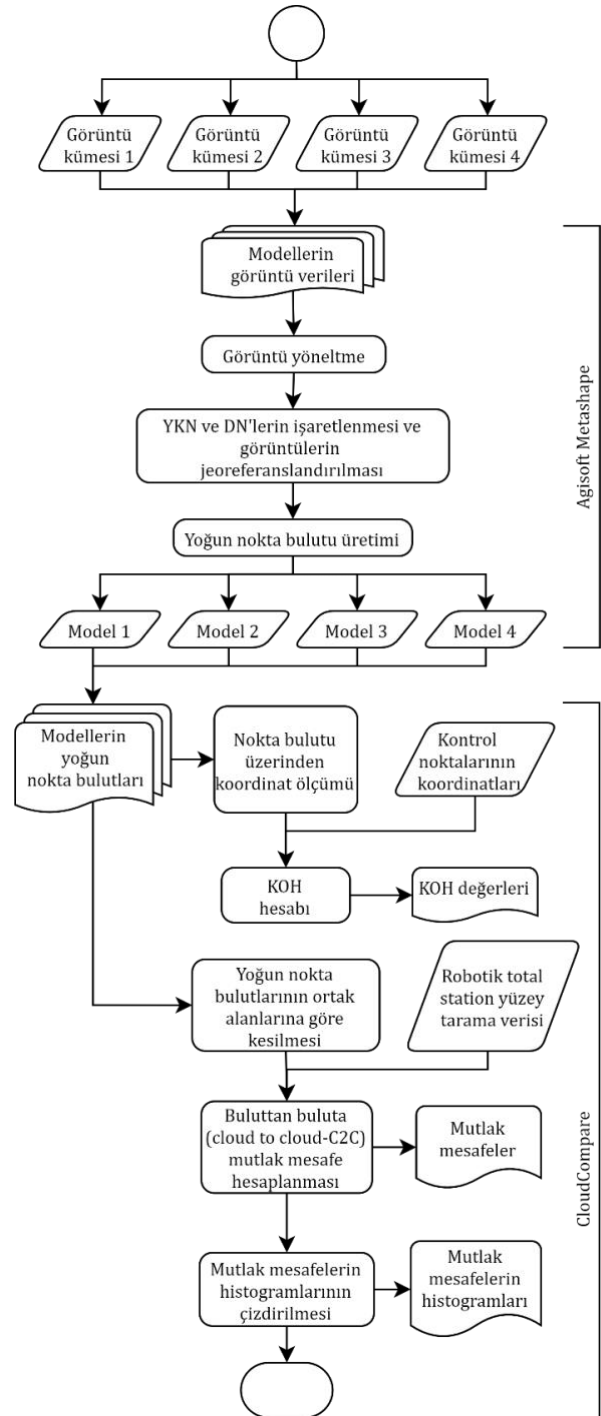
Çalışmada elde edilen dijital görüntülerin değerlendirilmesi ve analizi için iş akış şeması Şekil 4'te gösterilmiştir. Verilerin fotogrametrik olarak değerlendirilmesi için Agisoft Metashape yazılımının 1.7.6 sürümü kullanılmıştır. Metashape yazılımı temelde SfM sürecini kullanan ticari bir yazılımdır. Metashape SfM süreci iki ana bileşen içerir: (1) eşlenik nokta algılama ve görüntüler arasında eşleştirme kullanarak kamera konumunu ve yönünü hesaplayarak görüntü hizalamak; (2) stereo eşleştirmeden hesaplanan derinlik haritalarını kullanarak yoğun nokta bulutu oluşturmaktır [9]. Çalışmada görüntülerin yönlendirilmesi ile seyrek nokta bulutu oluşturulması ve ardından yoğun nokta bulutu oluşturulması işlemleri AMD Ryzen 7 4800H işlemci, Nvidia GTX 1650TI ekran kartı (40 CUDA hesaplama birimi) ve 16 GB bellek içeren bir bilgisayarla gerçekleştirilmiştir. Her model için ilk aşamada görüntülerin sıralı çekilmesi sebebiyle, eşlenik noktaların birbiriyle ardışık dosya isimlerine sahip görüntülerde aranmasını sağlayan sıralı (sequential) ön seçim ayarı [10] etkinleştirilip yüksek (high) doğruluk modunda görüntü yönlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemin ardından her model için modelde yer alan kâğıt hedeflerin işaretlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. İşaretlenen hedeflerden Tablo 4'te numaraları ve koordinatları yer alan hedefler YKN olarak; geriye kalan hedefler ise DN olarak kullanılmıştır. Seyrek nokta bulutlarının YKN'lere göre optimize edilmesi işleminin ardından (Şekil 5) her model için yüksek (high) doğruluk modunda yoğun nokta bulutları üretilmiştir.

**Tablo 4.** YKN koordinatları (ITRF96-TM30; EPSG::5254)

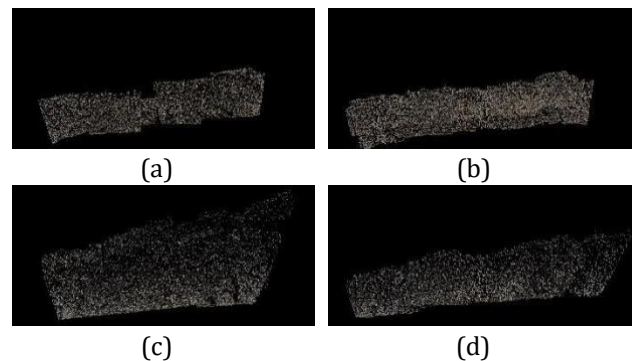
Nokta No	Sağa	Yukarı	Yükseklik
K_N_2	546690.452	4295816.175	1046.382
K_N_4	546691.784	4295816.971	1046.882
K_N_7	546692.843	4295816.846	1046.269
K_N_11	546694.668	4295816.593	1045.929
K_N_15	546696.753	4295817.530	1046.857
K_N_16	546696.621	4295816.942	1046.192
K_N_20	546698.232	4295817.398	1046.792

Fotogrametrik işlemler sonucunda üretilen raporlardan elde edilen kamera konumlarını ve bindirme miktarlarını gösteren grafikler Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6a'dan görüleceği üzere Model 1 için bindirme oranları düşük olduğu görülürken, Şekil 6d'de Model 4'ün en yüksek bindirme oranına sahip olduğu görülmektedir.

Fotogrametrik işlem süreçlerinin sonucunda üretilen raporlardan elde edilen bilgilerin geri kalan kısmı Tablo 5'te verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere Model 2 en fazla görüntüye sahip olmasının yanında üretilen seyrek nokta bulutları arasında en fazla noktaya sahip olan modeldir.

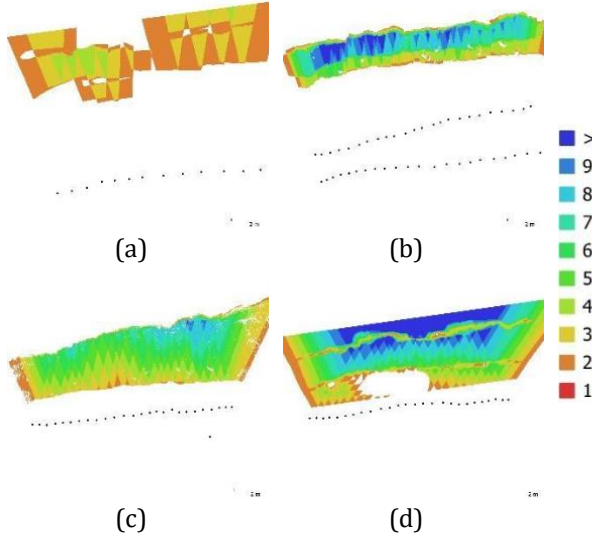


**Şekil 4.** Verilerin değerlendirilmesi işlemlerinin iş akışı şeması



**Şekil 5.** (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3 ve (d) Model 4'ten üretilen seyrek nokta bulutları





**Şekil 6.** (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3 ve (d) Model 4 için kamera konumları ve görüntü bindirmeleri

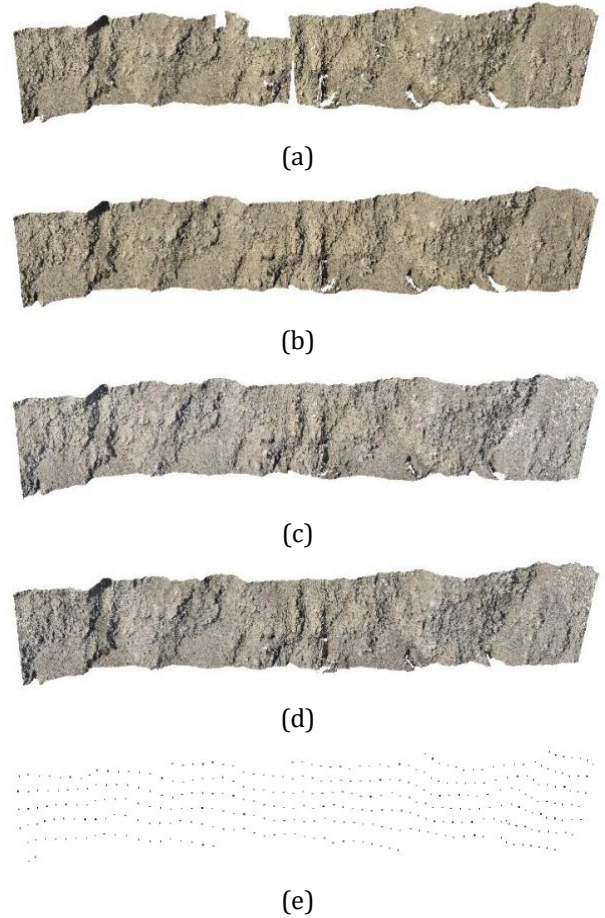
Agisoft Metashape yazılımı tarafından hesaplanan Karesel Ortalama Hata (KOH) miktarları incelendiğinde (Tablo 5), hem YKN hem de DN için hesaplanan KOH değerlerinin, en düşük sayıda fotoğrafa ve bindirme miktarına sahip olan Model 1 için hesaplandığı görülmüştür. Buna karşın Samsung Galaxy S6 cep telefonunun kamerasıyla elde edilen görüntülerden elde edilen Model 3 ve Model 4'ün daha yüksek KOH miktarına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Görüntü yöneltme süreleri incelendiğinde Model 1'in en kısa sürede tamamlandığı; Model 4'ün ise en uzun sürede tamamlandığı görülmektedir.

**Tablo 5.** Agisoft Metashape rapor sonuçları (Kalın yazılar ilgili parametredeki en iyi sonucu belirtmektedir.)

Parametre	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Görüntü sayısı	13	<b>46</b>	27	26
YKN sayısı	7	7	7	7
DN sayısı	13	12	14	13
Seyrek nokta bulutu nokta sayısı	21829	<b>39458</b>	29595	23987
YKN KOH ( $\pm$ mm)	X	<b>1.38</b>	2.32	11.35
	Y	<b>0.64</b>	4.61	15.90
	Z	<b>0.62</b>	1.20	7.29
	$\Sigma$	<b>1.64</b>	5.29	20.85
DN KOH ( $\pm$ mm)	X	<b>2.34</b>	4.83	21.57
	Y	<b>1.97</b>	9.47	41.35
	Z	<b>1.22</b>	1.97	11.36
	$\Sigma$	<b>3.30</b>	10.82	48.00
Görüntü yöneltme süresi (saniye)	<b>4</b>	9	8	11

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma kapsamında üretilen modeller, görüntülerin kapsadığı alanların değişkenlik göstermesi ve modelin üretim sürecinde eşlenik noktaların tespitindeki farklılıklar gibi sebeplerden dolayı birbirinden farklı sınırlara sahiptir. Bu sebeple modellerin doğruluk analizi yapılmadan önce üretilen yoğun nokta bulutları ve robotik total station verisinin kesişim bölgesi tespit edilip verilerin tamamı CloudCompare yazılımı kullanılarak kesilmiştir. İşlem sonrasında elde edilen yoğun nokta bulutları ve robotik total station verisi Şekil 7'de gösterilmiştir. Görüntü bindirmelerinin daha yüksek olduğu alanlarda nokta bulutlarında herhangi bir boşluk oluşmamıştır. Bu bağlamda oluşturulan tüm modeller için iyi bir sonuç elde edildiği söylenebilir. DSLR fotoğraf makinesi verisiyle elde edilen Model 2, aynı alan için en yüksek nokta sayısına sahiptir. Yoğun nokta bulutundaki nokta yoğunluğu, model üretiminde kullanılan görüntülerin çözünürlüğüyle doğrudan ilişkilidir. Modellenen alanda engebinin çok olduğu yerlerde detayların daha iyi modellenmesi için yoğun nokta bulutlarına ihtiyaç vardır. Elde edilen sonuçlar neticesinde Canon EOS 1200D DSLR fotoğraf makinesi ile elde edilen modellerin daha yüksek kalitede model oluşturduğu söylenebilir.

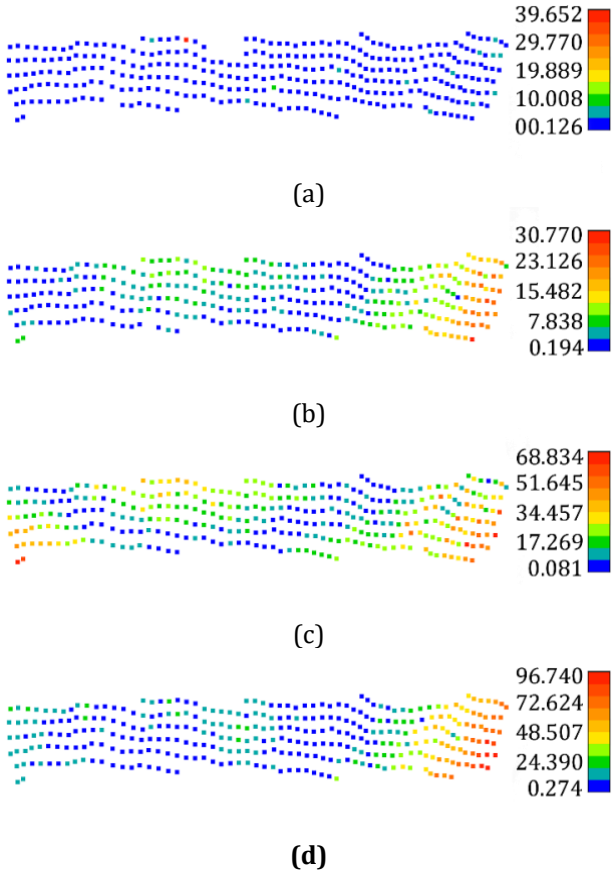


**Şekil 7.** (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3 ve (d) Model 4'ten üretilen yoğun nokta bulutları ile (e) aynı bölgenin yüzey taraması

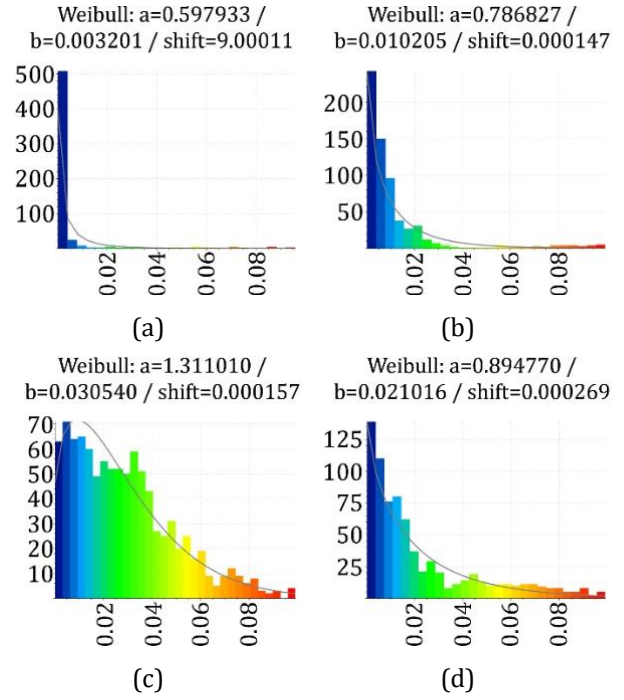
Çalışma bölgesinde alana 26 adet kontrol noktası tesis edilmiştir (Şekil 3). SfM sürecinde bu noktaların 7 tanesi YKN olarak (Tablo 4), geriye kalan noktaları ise DN olarak kullanılmıştır. DN'lerin koordinatları ile modellerin yoğun nokta bulutları üzerinden yapılan ölçüler kullanılarak KOH değerleri hesaplanmıştır (Tablo 6) Tablodaki kalın yazılan değerler en küçük hata miktarını ifade etmektedir. Elde edilen KOH değerleri incelendiğinde en iyi sonucu Model 1'in verdiği görülmektedir. Modeller için hesaplanan KOH değerleri genel olarak incelendiğinde tüm modeller için hataların  $\pm 3$  cm'yi aşmadığı görülmektedir. Bu doğrultuda çalışma sonuçlarının literatürdeki diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlarla örtüştüğü söylenebilir [3].

**Tablo 6.** Ölçülen noktalardan hesaplanan KOH değerleri

Model No	Ölçülen Nokta Sayısı	KOH <sub>X</sub> (mm)	KOH <sub>Y</sub> (mm)	KOH <sub>Z</sub> (mm)
1	19	<b>2.11</b>	<b>1.78</b>	<b>1.00</b>
2	19	4.48	8.12	2.01
3	19	11.69	29.04	9.60
4	19	22.90	33.18	18.53



**Şekil 8.** Robotik total station ile elde edilen yüzey ile (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3 ve (d) Model 4'ün yoğun nokta bulutları arasında hesaplanan mesafeler



**Şekil 9.** Robotik total station ile elde edilen yüzey ile (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3 ve (d) Model 4'ün yoğun nokta bulutları arasında hesaplanan mesafelerin histogramları ve Weibull dağılım eğrileri (Düşey eksen nokta sayısını, yatay eksen ise metre biriminde mutlak uzaklığı temsil etmektedir)

Çalışmada ayrıca CloudCompare yazılımı kullanılarak Robotik total station ile 5 cm grid aralığında tarama sonucu elde edilen noktalar ile modellerden elde edilen noktalar arasındaki mutlak mesafeler buluttan buluta (cloud-to-cloud) analiz yöntemiyle karşılaştırılmıştır (Şekil 8). Canon EOS 1200D DSLR fotoğraf makinesi ile üretilmiş modellerde daha çok dış kısımlarda yoğunlaştığı görülürken Samsung Galaxy S6 marka cep telefonu ile oluşturulan modellerde hataların her alanda olduğu görülmektedir. Özellikle Model 3'te hatanın yoğun bir şekilde orta alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 8c). Hatanın büyüklükleri her ne kadar 5 cm'yi geçmiyor olsa da bu kapsamda değerlendirildiğinde Canon EOS 1200D DSLR fotoğraf makinesinin daha yüksek doğruluğa sahip olduğu görülmektedir.

Robotik total station yüzey taraması ile modellerin yoğun nokta bulutları arasındaki mutlak mesafelerin histogramları Şekil 9'da gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde Model 1 için hata miktarının dağılımının 0.01 m altında yoğunlaştığı görülmektedir. Özellikle Model 3 için hata dağılımının 0-0.05 m arasında eşit oranda dağıldığı görülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada yoğun nokta bulutu üretiminde DSLR fotoğraf makinesi ile cep telefonu verilerinin doğrulukları çeşitli analizler yapılarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada üretilen ve değerlendirilen tüm modeller aynı parametreler ve aynı metotlar kullanılarak üretilmiştir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yersel fotogrametri, tarihi alanların dokümantasyonu, mimari çalışmalar ve obje modellemesi gibi farklı disiplin ve alanlarda popüler ve sık kullanılır hale gelmiştir. Bununla birlikte arazi eğimi yüksek, detayın çok olduğu ve küçük alanların modellenmesinde arazilerde de yersel fotogrametri kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında üretilen tüm modellerin birkaç santimetre hassasiyetinde sonuçlar verdiği, özellikle DSLR fotoğraf makinesi ile elde edilen verilerin daha yoğun nokta bulutuna sahip olduğu ve daha yüksek doğruluğa sahip olduğu görülmüştür. Ancak DSLR fotoğraf makinelerinin ve çalışmaya uygun olarak seçilecek kamera lenslerinin satın alma maliyetleri yüksektir. Bu durumun aksine akıllı telefonlar günümüzde kullanıcılar tarafından daha ulaşılabilir ve uygun maliyetli bir alternatif olup, günümüzde dünyada 4.5 milyardan fazla cep telefonu olduğu tahmin edilmektedir. Bu perspektiften düşünüldüğünde, yüksek hassasiyet gerektirmeyen çalışmalarda cep telefonları SfM süreciyle yoğun nokta bulutu üretimi için iyi bir alternatiftir. Gelecek çalışmalarda yeni nesil LiDAR sensörleri bulunan cep telefonlarının performansının değerlendirilmesi yapılması planlanmaktadır.

#### Yazarların Katkısı

**Eren Can Seyrek** (Literatür Taraması, Fotogrametrik işlem adımları, Sonuçların çıkarılması, Makale yazımı);

**Ömer Gökberk Narin** (Kurgu, Arazi Çalışması, Sonuçların yorumlanması, Makale yazımı)

**Muhammet Mustafa Eroğlu** (Arazi Çalışması)

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### KAYNAKÇA

- [1] Ullman, S. (1979). The interpretation of structure from motion. Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences, 203(1153), 405-426.
- [2] Brown, M. & Lowe, D. G. (2005). Unsupervised 3D object recognition and reconstruction in unordered datasets. In Fifth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling (3DIM'05), 56-63.
- [3] Thoeni, K., Giacomini, A., Murtagh, R. & Kniest, E. (2014). A comparison of multi-view 3D reconstruction of a rock wall using several cameras and a laser scanner. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40(5), 573.
- [4] Niederheiser, R., Mokroš, M., Lange, J., Petschko, H., Prasicek, G. & Elberink, S. O. (2016). Deriving 3D point clouds from terrestrial photographs-Comparison of different sensors and software. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 41.
- [5] Yılmaztürk, F. & Gürbak, A. E. (2018). Yakın resim fotogrametrisinde cep telefonu kameralarının kullanımının araştırılması. *Harita Dergisi*. 159, 44-51.
- [6] Yakar, İ. & Bilgi, S. (2019). Mobil telefonlar kullanılarak elde edilen 3 boyutlu modellerin kültürel mirasın korunması kapsamında kullanılabilirliği: III. Ahmet Çeşmesi Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1(1), 25-29.
- [7] Costantino, D., Pepe, M. & Alfio, V. S. (2020). Point Cloud accuracy of Smartphone Images: Applications in Cultural Heritage Environment. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(4).
- [8] Trimble (2022). Spectra Focus 35 catalog. <https://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-880116/SG-FOCUS35-Br-v14-web.pdf>, Erişim Tarihi:25/03/2022.
- [9] Tinkham, W. T. & Swayze, N. C. (2021). Influence of Agisoft Metashape parameters on UAS structure from motion individual tree detection from canopy height models. *Forests*, 12(2), 250.
- [10] Agisoft (2021). Agisoft Metashape Pro 1.7 Manual. [https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro\\_1\\_7\\_en.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_7_en.pdf), Erişim Tarihi:27/03/2022.

