

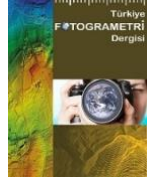
PAPER DETAILS

TITLE: İnsan Yüzünün 3 Boyutlu Modellenmesinde Akıllı Telefonların Kullanılması

AUTHORS: Doga Fidan, Ali Ulvi

PAGES: 1-7

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3848959>



İnsan Yüzünün 3 Boyutlu Modellenmesinde Akıllı Telefonların Kullanılması

Doğa Fidan ^{1*}, Ali Ulvi ¹

^{1*} Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalı, 33110, Mersin, Türkiye;
(dogafidan.61@gmail.com, aliulvi@mersin.edu.tr)



*Sorumlu Yazar:
dogafidan.61@gmail.com

Araştırma Makalesi

Ahntı: Fidan, D., Ulvi, A. (2024). İnsan Yüzünün 3 Boyutlu Modellenmesinde Akıllı Telefonların Kullanılması. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 6(1), 01-07.

Geliş : 04.04.2024
Revize : 25.05.2024
Kabul : 22.05.2024
Yayınlama : 30.06.2024

Özet

Metrik fotoğraf makinelerinin ve fotogrametrik kamera lenslerinin satın alma maliyetleri oldukça yüksektir. Bunun aksine akıllı telefonlar, kullanıcılar tarafından kolay ulaşılabilir ve uygun maliyetli bir veri toplama imkânı sağlamaktadır. Bu doğrultuda akıllı telefonlar, fotogrametriyle bütünleştirildiğinde 3B modelleme süreçlerine esneklik sağlamak, düşük maliyetli bir çözüm sunmaktadır. SfM (Structure from Motion), fotogrametrik görüntü eşleştirme yöntemi olarak bilinmekte, nesnelerin yapısal özelliklerini analiz etmek ve 3B modeller oluşturmak için kullanılmaktadır. Çalışmada tüketici sınıfı bir dijital kamera kullanılarak elde edilen fotoğraf kümelerinden minimum iş yüküyle gerçekçi ve dijital 3B yüz modelinin üretilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada, iPhone 14 Pro Max akıllı telefon kullanılarak insan yüzüne ait veriler toplanmıştır. Veriler bir iş bilgisayarında 3Dsurvey yazılımında modellenmiştir. Uygulama sonunda insan yüzünün gerçekçi 3B modeli elde edilmiştir. Elde edilen 3B modelin gerçekçiliğinin, fotoğraf çekim ortamının ışık koşullarına, çekim açısına ve bindirme miktarına, hedef nesnenin hareketsizliğine, arka plan ve çevresel faktörlere bağlı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: 3 boyutlu modelleme, akıllı telefonlar, SfM, 3 boyutlu ölçüm.

The Use of Smartphones in 3D Modeling of Human Face

*Corresponding Author:
yarendgd1@gmail.com

Research Article

Citation: Fidan, D., Ulvi, A. (2024). The Use of Smartphones in 3D Modeling of Human Face. *Turkish Journal of Photogrammetry*, 6(1), 01-07 (in Turkish).

Received : 04.04.2024
Revised : 25.05.2024
Accepted : 22.05.2024
Published : 30.06.2024

Abstract

The purchase costs of metric cameras and photogrammetric camera lenses are quite high. In contrast, smartphones provide an easily accessible and cost-effective data collection opportunity for users. In this regard, smartphones, when integrated with photogrammetry, provide flexibility to 3D modeling processes and offer a low-cost solution. SfM (Structure from Motion) is known as a photogrammetric image matching method and is used to analyze the structural properties of objects and create 3D models. The aim of the study is to produce a realistic and digital 3D face model with minimum workload from photo sets obtained using a consumer-grade digital camera. In this study, human face data was collected using an iPhone 14 Pro Max smartphone. The data were modeled in 3Dsurvey software on a work computer. At the end of the application, a realistic 3D model of the human face was obtained. It was found that the realism of the 3D model depends on the lighting conditions of the photo shooting environment, the shooting angle and the amount of overlay, the immobility of the target object, background and environmental factors.

Keywords: 3-dimensional modeling, smartphones, SfM, 3-dimensional survey,

1. Giriş

İnsan vücudunun 3B (üç boyutlu) modellenmesi, modern teknolojinin gelişimiyle birlikte birçok sektörde önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir [25]. Yüz modelleri, film endüstrisinden oyun geliştirmeye kozmetikten, güvenliğe, sanattan tıbbi uygulamalara kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır [14, 18].

İnsan yüzünün 3B modellenmesi, yüzün detay özelliklerinin yanı sıra veri toplama sırasında meydana gelen yer değiştirmeler nedeniyle karmaşık bir hal almaktadır [2]. Günümüzde fotogrametri, yüzey verisi toplama için uygun maliyetli, etkili, kolayca elde edilebilen ve çok yönlü bir tekniktir [23]. Bu teknik genellikle lazer tarama gibi daha pahalı ve daha zahmetli diğer araçlara kıyasla çeşitli çalışma şartlarında eşdeğer düzeyde ayrıntıyı sağlamaktadır [5, 6, 7]. Fotogrametri tekniği, fotoğrafların içerdikleri perspektif ve geometrik bilgileri kullanarak, 3B uzayda nesnelerin konumlarını ve şekillerini belirlenmesi esasına dayanmaktadır [3, 15, 16]. Hedef objenin insan olduğu uygulamalarda fotogrametri gibi teknolojilerin kullanımı, nesnenin detaylı ve kolay bir şekilde modellenmesine olanak tanımaktadır [1].

Fotogrametri yöntemi akıllı telefon kameraları gibi donanımlarla da uygulanabilmektedir. Akıllı telefonlar hızlı ve düşük bütçeli çözümler sunmalarıyla bu alanda dikkat çekmektedir [17]. Gelişen teknolojiyle beraber akıllı telefonlarda görüntüleme teknikleri birçok alanda kullanılmakta ve telefon kameralarının çözünürlüğü her geçen yıl artmaktadır [1, 4, 13]. Akıllı telefonlar yüksek çözünürlüklü kameraları sayesinde, kullanıcıların kolaylıkla bindirmeli ve çoklu görüntüler elde etmesini ve bu görüntülerden 3B modeller oluşturmasını sağlamaktadır [9]. Ayrıca, mobil uygulamalar ve yazılımlar sayesinde, kullanıcılar 3B modelleme süreçlerini doğrudan akıllı telefonları üzerinden de gerçekleştirebilmektedir [11, 19, 24].

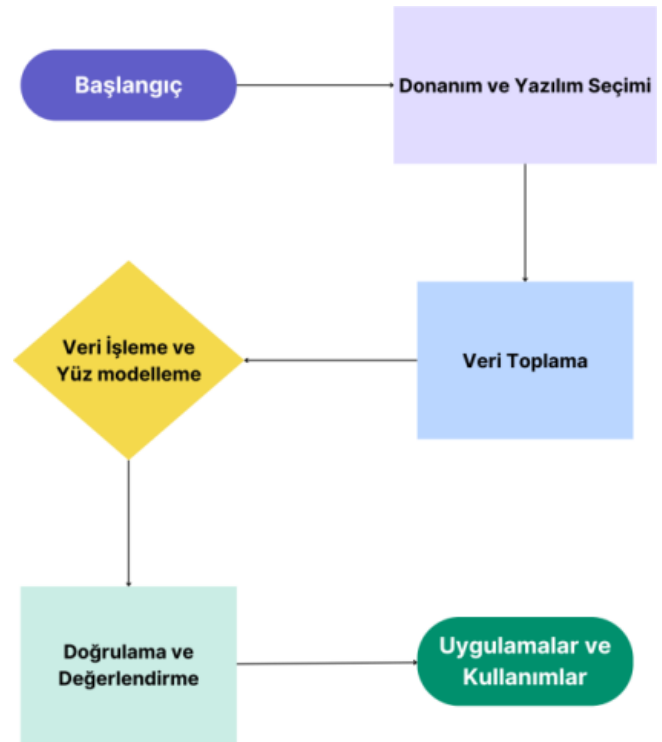
Fotogrametride "SfM", "Structure from Motion" (Hareketten Yapı) yöntemi, 2 boyutlu (2B) stereo görüntü tekniğini kullanarak algılayıcı sensörün hareketiyle oluşan farklı görüntülerdeki ortak ve örtüşen noktalarının tespitinin yapılması yoluyla nesnelerin 3B modellerin elde edilmesini sağlayan fotogrametrik bir görüntü eşleştirme algoritmasıdır [20]. Bu süreçte, SfM eşlenik nokta algılama ve görüntüler arasında eşleştirme tekniklerini kullanarak fotoğraf çekimi esnasında kamera konumunu ve yönünü hesaplamakta ardından stereo eşleştirme sonucu elde edilen derinlik haritalarını kullanarak yoğun nokta bulutu oluşturmaktadır [8].

Bu çalışmada, fotogrametri ve akıllı telefon tabanlı yaklaşımların birlikte kullanımının 3B yüz modelleme sürecindeki rolleri vurgulanmaktadır. Çalışmada

fotoğraflar iPhone 14 Pro Max akıllı telefon kullanılarak toplanmıştır. Elde edilen fotoğraflar 3Dsurye modelleme ve görselleştirme yazılımında işlenmiş ve 3B yüz modeli oluşturulmuştur. Bu çalışmanın sonuçları, mobil cihazların kullanımının taşınabilirlik, düşük maliyet ve yaygınlık gibi avantajlarını öne çıkararak insan vücudunun 3B modellenmesi uygulamalarında gelecekteki araştırmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada akıllı telefon donanımının seçimi yapılmış, ardından fotoğraflar çekilmiştir. Son aşamada ise dijital görüntülerin değerlendirilmesi ve 3B modellenmesi gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Fotoğraflar iPhone 14 Pro Max akıllı telefon kullanılarak elde edilmiştir. 3B modelleme yazılımı olarak 3Dsurye yazılımı kullanılmıştır. 3Dsurye yazılımı çeşitli görüntü işleme ve modelleme algoritmalarını içermekte ve nokta bulutları oluşturmak, yüzey modelleme yapmak ve 3B modelleri analiz etmek için sıklıkla kullanılan bir yazılımdır.

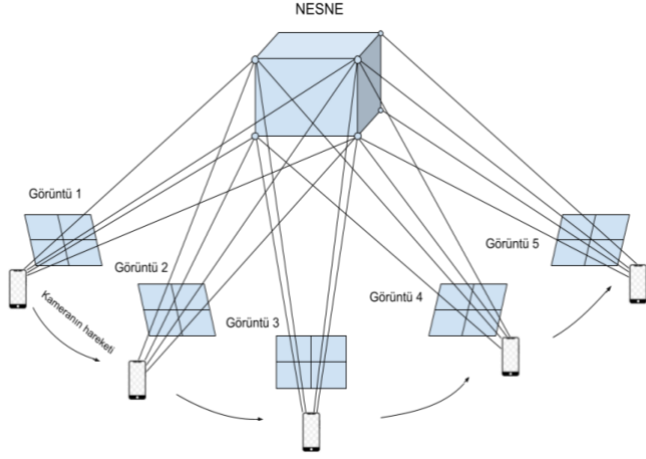


Şekil 1. İş akışı

2.1. Structure from Motion (SfM)

SfM, gerçek dünyaya ait yüzeyleri ya da nesneleri 3B yapılandırmaya olanak sağlayan bir görüntü işleme tekniğidir [8, 20]. SfM, genel olarak fotogrametrik bir görüntü eşleştirme yöntemi olarak bilinmekte, nesnelerin yapısal özelliklerini analiz etmek ve 3B modeller oluşturmak için kullanılmaktadır [12]. Bu

yöntemde, algılayıcı sensörün hedef nesnenin etrafında hareketiyle farklı kamera açılarından fotoğraflar çekilmektedir. Daha sonra fotoğraflardaki nesnenin ortak ayrıntı noktaları tespit edilmekte ve nesnelerin 3B modellerinin elde edilmesi sağlanmaktadır [10]. SfM yöntemi Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. SfM yöntemi

Geleneksel fotogrametrik yöntemlerde algılayıcı merceğin konumunun bilinmesini gerekmektedir. Buna karşılık SfM yöntemi, birden fazla örtüşen görüntüdeki eşleşen özelliklere bağlı olarak fotoğrafın koordinatları, kameranın konumu ve nesnenin geometrisini aynı anda ve otomatik olarak çözmektedir [22]. SfM yönteminde 3B bilgiler, kamera konumu, kamera kalibrasyonu veya nesnedeki incelenen ayrıntı referans noktaları gibi bilgilere gerek kalmadan elde edilmektedir [8, 10]. Bu sayede SfM yöntemiyle, yüksek derecede uzmanlık gerektiren teknik uygulamalar kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Bu yöntem havadan ve karadan fotogrametri uygulamaları için ucuz ve pratik bir çözüm sunmaktadır [21].

Bu çalışmada fotoğrafların çekilmesinde iPhone 14 Pro Max’in gelişmiş kamera özellikleri kullanılmıştır. Kullanılan akıllı telefon Şekil 3’te verilmiştir. Kullanılan akıllı telefonun teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

2.2. Uygulama

Uygulama esnasında 3B modelin eksiksiz bir şekilde oluşturulması için, tüm fotoğrafların hedef objeyi tamamen kapsamasına dikkat edilmiştir. Çalışmada fotoğraflar bindirmeli olarak elde çekilmiştir. Bindirmeli fotoğraf çekimi, iç yönlendiricisi bilinmeyen ya da kalibre edilmemiş bir kamera kullanılan uygulamalarda, 3B modelin doğruluğunu artırmaya yardımcı olmaktadır. Manuel olarak çekilen fotoğrafların kamera pozisyonlarının belirlenmesinde bir ölçü düzeni planı yapılmamıştır.

Ardışık olarak çekilen fotoğraflar arasında bindirme oranı kesin bir değer olarak hesaplanmamış olmakla birlikte en az %85-90’lık bir oranda örtüşme yakalamaya dikkat edilmiştir. Distorsiyon hatası giderilmiş fotoğraf örnekleri Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 3. iPhone 14 Pro Max akıllı telefon

Tablo 1. iPhone 14 Pro Max akıllı telefon özellikleri

Kamera
Sensör modeli: Sony IMX714
Ana kamera sayısı:3
48 MP Ana Kamera: 24 mm, f/1.78 diyafram,
12 MP Arka kamera 2x
Lens düzeltme (Ultra Geniş)
Otomatik görüntü stabilizasyonu
Seri çekim modu
Çekilebilen görüntü biçimleri: HEIF, JPEG ve DNG
Odak uzaklık: 35 mm
Piksel Boyutu 1,40 x 1,40 µm
Görüntü çözünürlüğü: 4032 x 3024 piksel
Boyut ve Ağırlık
Genişlik: 77,6 mm
Uzunluk: 160,7 mm
Derinlik: 7,85 mm
Ağırlık: 240 gram
6.7 inç (diagonal) tam ekran OLED
Ekran
460 ppi yoğunlukta 1290 x 2796 piksel çözünürlük
Kapasite
128 GB



Şekil 4. Bindirmeli olarak çekilen fotoğraflar

Görüntülerin tamamı jeo-referanssız olarak elde edilmiştir. Fotoğraflar çekilirken mobil telefonun seri çekim özelliği aktif edilmiş ve toplamda bindirmeli olarak 462 adet fotoğraf çekilmiştir. Fotoğrafların çekilmesi işlemi yaklaşık 1 dakika kadar sürmüştür. Fotoğrafların çekim mesafesi yaklaşık olarak 40 cm ve 80 cm arasında değişmektedir. Fotoğrafların hedef objenin bütün detaylarını içerecek şekilde farklı açılardan ve farklı mesafelerden çekilmesine dikkat edilmiştir.

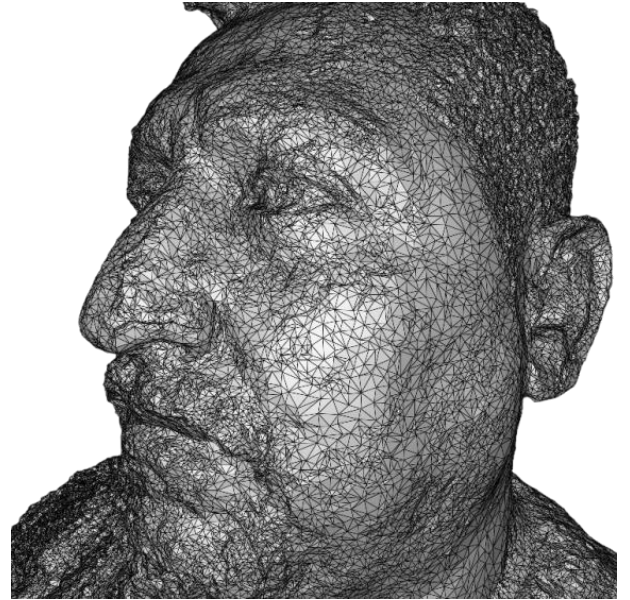
Fotogrametrik verilerin değerlendirilmesinde 3Dsurvey yazılımının 2.17 sürümü kullanılmıştır. Bu yazılımda kamera kalibrasyonları otomatik bir şekilde gerçekleştirildiğinden veri işleme aşamasında bu durum zaman tasarrufu sağlamaktadır.

Fotoğrafların birleştirilmesiyle 2,2 milyon noktadan oluşan bütüncül ve yoğun nokta bulutu elde edilmiştir. Gürültülü ve alakasız noktalar temizlendikten sonra 1,2 milyon nokta elde edilmiştir (Şekil 5). Ardından bu noktalar kullanılarak 423.708 adet üçgensel yüzey üretilmiştir (Şekil 6). Ardından nokta bulutu ve katı (mesh) model oluşturulmuş ve çekilen fotoğraflar bu modele giydirilmiştir. Son olarak yüksek çözünürlüğe sahip 3B model elde edilmiştir (Şekil 7 ve 8).

3B model elde etme süreci Intel i7 6500U CPU 2.50GHz işlemcisi, Nvidia 940 ekran kartı ve 16 GB belleği bulunan bir iş bilgisayarı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Nokta bulutu



Şekil 6.Üçgen modeller



Şekil 7. 3B model



Şekil 8. 3B model

3. Bulgular

Fotoğraflar ile 3B yüz modelleme sürecinde veri toplama aşaması önemli bir adımdır. Detaylı gerçekçi ve başarılı bir sonuç elde etmek için bu süreç dikkatle planlanmalıdır. Fotoğrafların çekildiği ortamın ışık koşulları, sonuçların kalitesini doğrudan etkilemektedir. Mümkünse, homojen ve yumuşak bir ışık kaynağı kullanılmalı ve aşırı parlak veya koyu alanlardan kaçınılmalıdır. Ayrıca güneş ışığının yönü ve yoğunluğu da dikkate alınmalıdır. Bunun nedeni yüzün bütün ayrıntı noktalarına gelen ışığı homojen bir şekilde dağıtmaktır. Fotoğrafların çekimi ofis ortamında gerçekleştirilmiş ve hedef odanın tam orta noktasında konumlandırılmıştır.

Fotoğrafların geniş ve dar açılardan, yan ve ön pozlardan çekilmesi, modelin doğru ve gerçekçi bir şekilde oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Bu noktada fotoğrafların birbirine bağlanabileceği ve birlikte hizalanabileceği noktalar belirlenmelidir. Bu noktalar genellikle insan yüzündeki belirgin özellikler, gözler, burun ve ağız çevresi gibi alanlar olmaktadır. Ayrıca, fotoğrafların bindirme oranı dikkatle ayarlanmalıdır. Yeterli bindirme oranı, fotoğrafların doğru hizalanmasını ve modellemenin keskin detaylarına erişimi sağlamaktadır.

Bununla birlikte arka plan ve ortam kontrolü yapılmalıdır. Fotoğrafların arka planı ve çevresel unsurların kontrol edilmesi, modelleme sürecinde istenmeyen gürültüyü azaltmaktadır. Dikkat dağıtıcı arka planlar yerine, mümkünse basit ve tek renkli bir arka plan tercih edilmelidir. Ayrıca, çekim yapılan

ortamın stabil ve sessiz olması, kameranın titremesini ve bulanıklığı önlemektedir.

Fotoğraflar çekilirken modelin kafa titreşim hareketlerini minimum seviyede tutmasına özen gösterilmiştir. Nitekim vücudunun modellenmesinde insan vücudunun statik olmayan yapısından ve tarama işlemi sırasında küçük hareketler, nefes alma, göz kırpması gibi yer değiştirmelerin meydana gelmesinden dolayı 3B modelde hatalar meydana gelebilmektedir. Bu gibi hataları önlemek için veri toplanırken, tarama nesnesinin hareketsiz kalması ve dolayısıyla da tarama süresinin mümkün olduğu kadar kısa olması gerekmektedir.

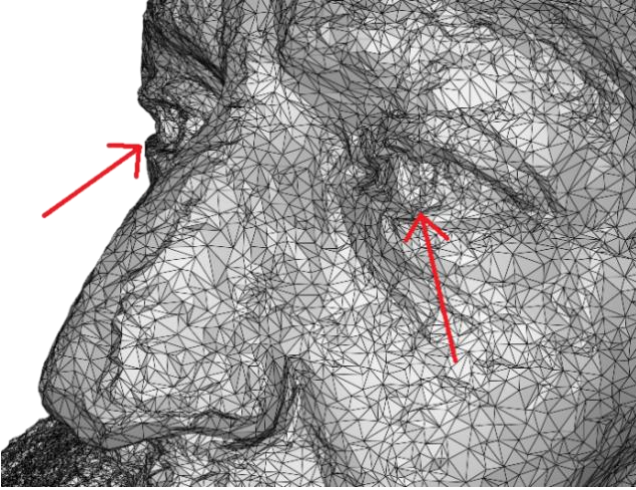
Saçlar ve kıllar çok fazla ince ayrıntı içerdiğinden 3B modelin bu kısımlardaki etkinliği yetersiz kalmaktadır. Bu gibi ince detaylar, genellikle yüksek çözünürlük gerektirdiğinden düşük çözünürlükteki nokta bulutları bu bölgeleri eksik veya bulanık olarak temsil edebilmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. 3B modelde saç detayları

Ayrıca göz içi bölgesi oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir ve çok ince detaylar içermektedir. Gözbebeği, iris, göz çukuru, göz küresi gibi detayların, doğru bir şekilde modellenmesinde ışık ve gölge efektlerinin yanı sıra yansımaları da göz önünde bulundurmak gereklidir. Bu noktada göz küresi, bir optik mercek gibi davranmakta ve ışığı kırarak görüntünün retina üzerinde odaklanmasına neden olmaktadır. Gözlerin modellenmesinde dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise, gözlerin genellikle hareketli olmasıdır, göz

hareketleri, doğru veri elde edilmesini engellemektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Gözlerin 3B modellenmesi

4. Sonuçlar

Akıllı telefonların düşük maliyetli ve yüksek performanslı görüntü verileri elde etmedeki potansiyeli gün geçtikçe artmaktadır. Tüketici sınıfı akıllı telefonların donanımları yüksek kaliteli kameralarla donatıldığından akıllı telefon kameraları 3B modellemede uygun maliyetli ve yeterli seviyede hassasiyete çözümler sağlayabilmektedir.

3B yüzey modellerini yeniden oluşturmak için üst üste binen görüntüleri kullanan SfM, birçok disiplinde değerli bir araştırma yöntemi haline gelmiştir. Bu görüntüler optik kameralar ve lazer tarama sistemleriyle toplanabildiği gibi standart tüketici sınıfı kameralarla da toplanabilmekte, bu da SfM yöntemini 3B modelleme alanında düşük maliyetli bir araç haline getirmektedir. Yüksek hassasiyet gerektirmeyen çalışmalarda akıllı cep telefonlarıyla ve SfM yöntemi yoğun nokta bulutu üretimi için iyi bir alternatif olabilmektedir.

Bu bağlamda, insan bedeninin 3B olarak modellenmesi çalışmalarında mobil telefonlar, kolay erişilebilirliği ve kullanımının kolaylığı göz önünde bulundurularak alternatif bir araç olarak değerlendirilebilmektedir. Mobil telefonların geniş kullanıcı kitlelerine ulaşabilmesi ve kullanımının uzmanlık gerektirmemesi, her seviyedeki kullanıcı için 3B modellerin elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu çalışmada düşük maliyetli yersel fotogrametrik yöntemlerin kullanımıyla, dijital veri elde etme araçlarının çeşitlenmesi ve gelişmesiyle birlikte, hızlı ve gerçekçi modellerin üretilebileceği gözlemlenmiştir.

Çalışmadaki bulgular, medikal görüntüleme, biyometrik tanıma, sanal gerçeklik ve benzeri alanlarda 3B yüz tarama teknolojilerinin daha yaygın olarak kullanılmasında katkıda bulunacaktır.

Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye olan katkıları eşittir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- [1] Akan, B., Akan, E., Şahan, A. O., & Kalak, M. (2021). Evaluation of 3D Face-Scan images obtained by stereophotogrammetry and smartphone camera. *International orthodontics*, 19(4), 669-678.
- [2] Alagha, M. A., Ayoub, A., Morley, S., & Ju, X. (2022). Objective grading facial paralysis severity using a dynamic 3D stereo photogrammetry imaging system. *Optics and Lasers in Engineering*, 150, 106876.
- [3] Alptekin, A., Fidan, Ş., Karabacak, A., Çelik, M. Ö., & Yakar, M. (2019). Üçayak Örenyeri'nin yersel lazer tarayıcı kullanılarak modellenmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 1(1), 16-20.
- [4] Barbero-García, I., Lerma, J. L., & Mora-Navarro, G. (2020). Fully automatic smartphone-based photogrammetric 3D modelling of infant's heads for cranial deformation analysis. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 166, 268-277.
- [5] Fidan, D., & Fidan, Ş. (2021). Yersel Lazer Tarama Teknolojileriyle Oluşturulan 3B Modellerin Akıllı Kent Uygulamalarında Kullanımı: Mersin Süslü Çeşme Örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 48-57.
- [6] Fidan, Ş., & Ulvi, A., (2022). Tarsus Aziz Pavlus kilisesinin yersel lazer tarama teknikleri ile üç boyutlu modelinin oluşturularak sanal gerçekliğe hazırlamanın değerlendirilmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(2), 60-70.
- [7] Fidan, Ş., Ulvi, A., Yiğit, A. Y., Hamal, S. N. G., & Yakar, M. (2023). Combination of Terrestrial Laser Scanning and Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry for Heritage Building Information Modeling: A Case Study of Tarsus St. Paul Church. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 89(12), 753-760.
- [8] Iglhaut, J., Cabo, C., Puliti, S., Piermattei, L., O'Connor, J., & Rosette, J. (2019). Structure

- from motion photogrammetry in forestry: A review. *Current Forestry Reports*, 5, 155-168.
- [9] Kaya, Y., & Temel, D. (2022). Cep Telefonu Kameralarından Elde Edilen Görüntüler ile Kültürel Miras Eserlerinin Modellenmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 4(1), 17-22.
- [10] Lauria, G., Sineo, L., & Ficarra, S. (2022). A detailed method for creating digital 3D models of human crania: an example of close-range photogrammetry based on the use of structure-from-motion (SfM) in virtual anthropology. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 14(3), 42.
- [11] Matuzevičius, D., & Serackis, A. (2021). Three-dimensional human head reconstruction using smartphone-based close-range video photogrammetry. *Applied Sciences*, 12(1), 229.
- [12] Sefercik, U. G., Tanrukulu, F., & Aatalay, C. (2020). SfM tabanlı yeni nesil görüntü eşleştirme yazılımlarının fotogrametrik 3B modelleme potansiyellerinin karşılaştırması. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2(2), 39-45.
- [13] Seyrek, E. C., Narin, Ö. G., & Eroğlu, M. M. (2022). Nokta Bulutu Üretiminde Cep Telefonu ve DSLR Fotoğraf Makinesi Kullanımının Araştırılması. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 4(1), 23-29.
- [14] Statham, W. (2020). Use of photogrammetry in video games: a historical overview. *Games and Culture*, 15(3), 289-307.
- [15] Ulvi, A. (2021). Documentation, Three-Dimensional (3D) Modelling and visualization of cultural heritage by using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry and terrestrial laser scanners. *International Journal of Remote Sensing*, 42(6), 1994-2021.
- [16] Ulvi, A., & Yiğit, A. Y. (2020). 3D Modelling of Kayseri Tekgoz Bridge. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2(1), 29-32.
- [17] Ulvi, A., Yiğit, A. Y., & Yakar, M. (2023). Modeling of ancient period Sarcophagus with close-range photogrammetry. *Intercontinental Geoinformation Days*, 6, 317-320.
- [18] Uzun, S. D., HAMAL, S. N. G., & Fidan, Ş. (2022). Elde Taşınabilir Lazer Tarayıcılar ile İnsan Yüzünün Modellenerek Güzellik ve Bakım Sektöründe Kullanımının Değerlendirilmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1), 17-20.
- [19] Van Lint, L., Christiaens, L., Stroo, V., Bila, M., Willaert, R., Sun, Y., & Van Dessel, J. (2023). Accuracy comparison of 3D face scans obtained by portable stereophotogrammetry and smartphone applications. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 43(5), 550-560.
- [20] Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., & Reynolds, J. M. (2012). 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314.
- [21] Yiğit, A. Y., & Uysal, M. (2021). Tarihi eserlerin 3B modellenmesi ve artırılmış gerçeklik ile görselleştirilmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 1032-1043.
- [22] Yiğit, A. Y., & Uysal, M. (2023). Dijital ikizlerin geliştirilmesinde fotogrametrinin kullanımı ve artırılmış gerçeklik ile görselleştirilmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(4), 1-1.
- [23] Yiğit, A. Y., Ulvi, A., & VAROL, F. (2020). Artırılmış Gerçeklik Uygulaması ile Kültürel Mirasın 3 Boyutlu Belgelenmesi: Özbekistan Chashma-Ayub Türbesi Örneği. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, 8(4), 3155-3172.
- [24] Yılmaztürk, F., & Gürbak, A. E. (2018). Yakın resim fotogrametrisinde cep telefonu kameralarının kullanımının araştırılması. *Harita Dergisi*, 159, 44-51.
- [25] Zeraatkar, M., & Khalili, K. (2020). A fast and low-cost human body 3D scanner using 100 cameras. *Journal of Imaging*, 6(4), 21.



© Author(s) 2024.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>