

SFM TEKNİĞİ İLE 3B OBJE MODELLENMESİNDE KULLANILAN TİCARİ VE AÇIK-KAYNAK KODLU YAZILIMLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

B. Sarıtürk^a*, D. Z. Şeker^a

^a İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak İstanbul, Türkiye – (sariturkb, seker)@itu.edu.tr

Anahtar Sözcükler: Yakın Resim Fotogrametrisi, 3B Modelleme, Hareket ile Nesne Oluşturma, Açık-Kaynak Kodlu Yazılım

ÖZET:

Hareket ile Nesne Oluşturma-Structure From Motion (SFM); özellikle son yıllarda kullanımı artan, yüksek çözünürlüklü veri kümeleri üzerinde çalışmayı mümkün kılan, devrimsel nitelikte, düşük maliyetli ve kullanıcı dostu bir fotogrametri tekniğidir. SFM, sıralı bir dizi olarak çekilmiş iki boyutlu (2B) görüntüler kullanılarak üç boyutlu (3B) yapıların (arazi, binalar, yeryüzü şekilleri vb.) dijital modellerinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu teknik, insanların ve diğer canlıların çevrelerindeki 3B dünyayı, göz içindeki retina tabakasında oluşan 2B görüntülerden algılamasına karşılık gelmektedir. Geleneksel fotogrametrik teknikler, geometrik model oluşturabilmek için, kamera ve yer kontrol noktalarının 3B konum ve dönüklük bilgilerine gereksinim duyarlar. SFM yönteminde ise model geometrisi ve kamera pozisyon bilgisi aynı anda ve otomatik olarak çözülür. Görüntüler arasında ilişki kurulabilmesi için, görüntüde algılanan köşeler vb. özelliklerin, bir görüntüden diğerine izlenmesi gereklidir. Özelliklerin zaman içinde izledikleri rota daha sonrasında özelliklerin 3B konumu ve kamera hareketinin tahmininde kullanılır. Bu çalışmada, 3B model oluşturmak için SFM tekniğini kullanan bir ticari ve üç tane açık-kaynak kodlu yazılım karşılaştırılmıştır. Modelleneyecek objenin çekilen fotoğrafları kullanılarak, ticari bir yazılım olan Agisoft PhotoScan ve açık-kaynak kodlu yazılımlar olan VisualSFM ile MeshLab kullanılarak oluşturulan 3B modeller karşılaştırılmış ve bu yazılımların performansları hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Aynı veriler kullanılarak farklı yazılımlar ile elde edilen 3B modellerin karşılaştırılması, açık-kaynak kodlu bir yazılım olan CloudCompare yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

KEY WORDS: Close-Range Photogrammetry, 3D Modeling, Structure From Motion, Open-Source Software

ABSTRACT:

Structure From Motion (SFM); is a revolutionary, low-cost and user-friendly photogrammetric technique that makes it possible to work on high resolution data sets. SFM provides the creation of digital models of 3D structures (land, buildings, earth shapes etc.) using 2D images taken as a series of sequences. This technique corresponds to the perception of the 3D world around people and other living things from 2D images formed in the retina layer in the eye. Conventional photogrammetric techniques require 3D position and orientation information of the camera and ground control points to create a geometric model. In the SFM method, the model geometry and camera position information are solved automatically and simultaneously. In order to be able to relate images, features must be viewed from one image to another. The route that the properties follow over time is used later in the prediction of the 3D position of the features and camera movement. In this study, one commercial and three open-source software using SFM technology were compared to create a 3D model. Using photos of the object to be modeled, commercial software Agisoft PhotoScan and open-source software VisualSFM and Meshlab were compared with 3D models created using them to evaluate their performance. Comparisons of 3D models obtained with different software using the same data were made with the help of CloudCompare, an open-source software.

1. GİRİŞ

Günümüzde fotogrametrik yöntemlerle üç boyutlu (3B) modelleme birçok alanda kullanılmaktadır. Çok geniş alanlardan çok küçük objelere kadar 3B model oluşturmak mümkündür. Oluşturulan modellerden sadece görsel veriler değil geometrik veriler de elde etmek mümkündür (Atik ve diğerleri, 2016).

Son 20 yılda oldukça gelişen “resimlerden 3B model üretme” ve “yerel öznelilikler” gibi bazı bilgisayarla görü tekniklerinin, lokalizasyon için kullanımı yeni bir ivme kazanmıştır. Bilgisayar ile görüdeki gelişmeler, 3B model üretimi için farklı yaklaşımların kullanılmasına sebep olmaktadır bunlardan en sık olarak kullanılan Hareket ile Nesne Oluşturma-Structure From Motion (SFM) yöntemidir. Bu yöntemdeki amaç yeniden oluşturmaya dayanmakta olduğu için haritalama için değil daha

çok 3B görselleştirme için kullanılmaktadır (Seren ve Demirel, 2016).

SFM, yer bilimlerinde hızla popüler hale gelen, dijital görüntülerden topografik bilgi elde etmeye yarayan bir tekniktir (Morgan ve Brogan, 2016). Özellikle son yıllarda kullanımı artan SFM, yüksek çözünürlüklü veri kümeleri üzerinde çalışmayı mümkün kılan, düşük maliyetli ve kullanıcı dostu bir fotogrametri tekniğidir. Sıralı bir dizi olarak çekilmiş iki boyutlu (2B) görüntüler kullanılarak 3B yapıların dijital modellerinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu yöntemdeki amaç yeniden oluşturmaya dayanmakta olduğu için haritalama için değil, daha çok 3B görselleştirme için kullanılmaktadır. Bu çalışmada; yakın resim fotogrametrisi ve SFM tekniğini kullanan ticari ve açık-kaynak kodlu yazılımlar kullanılarak 3B model elde edilmesi ve karşılaştırma analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma

kapsamında, Vatikan'da bulunan Aziz Petrus Meydanı'nın biblosu modellenmiştir. Objenin farklı açılardan 121 adet fotoğrafı çekilmiştir. Çekilen fotoğraflar kullanılarak, ticari bir yazılım olan Agisoft PhotoScan ve açık-kaynak kodlu yazılımlar olan VisualSFM ile MeshLab yardımıyla oluşturulan 3B modeller karşılaştırılarak bu yazılımların performansları hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Aynı veriler kullanılarak farklı yazılımlar ile elde edilen 3B modeller, açık-kaynak kodlu bir yazılım olan CloudCompare yardımıyla karşılaştırılmıştır.

2. UYGULAMA

Bu çalışmada, farklı açılardan fotoğrafları çekilen Aziz Petrus Meydanı biblosu modellenmiştir (Şekil 1). SFM tekniğini kullanan ticari ve açık-kaynak kodlu yazılımlar yardımıyla oluşturulan 3B modeller, başka bir açık-kaynak kodlu yazılım kullanılarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. Aziz Petrus Meydanı biblosu

2.1 Veri Toplama

3B modelleme için objenin farklı açılardan toplam 121 adet fotoğrafı çekilmiştir. Çekim işlemi, 8 megapiksel kameraya sahip Apple iPhone 6 akıllı telefon ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Yeterli çözünürlüğe sahip dijital kameralı taşınabilir cihazların piyasaya sürülmesi, fotogrametri çalışan kişilerin teknik işlerde kabul edilebilir bir hassasiyette 3B modeller elde etmek için bu cihazları kullanmayı düşünmelerine imkân vermiştir (Hernán-Pérez ve diğerleri, 2013).

SFM tekniğinde, model geometrisi ve kamera pozisyon bilgisi aynı anda ve otomatik olarak çözüldüğünden ayrıca kamera kalibrasyonu işlemine gerek kalmamaktadır.



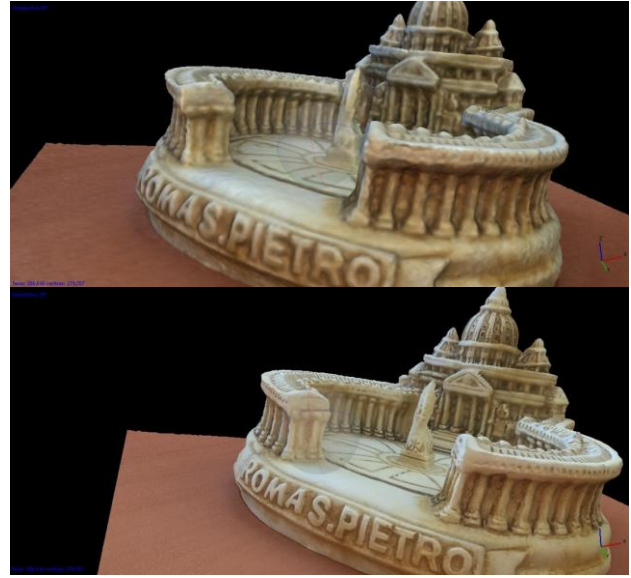
Şekil 2. Apple iPhone 6 kamera özellikleri

2.2 3B Modellerin Oluşturulması ve Karşılaştırılması

2.2.1 Agisoft PhotoScan: Agisoft PhotoScan, hareketsiz görüntülerden profesyonel kalitede 3B modeller üreten resim temelli bir modelleme yazılımıdır. Bu çalışmada ticari yazılım olarak Agisoft PhotoScan kullanılmıştır.

Kullanılacak fotoğraflar yazılıma aktararak eşleştirilmiş ve bu fotoğraflardan nokta bulutu oluşturulmuştur. Gereksiz noktaların elenmesi işleminden sonra yoğun nokta bulutu oluşturulmuştur.

Son bir eleme işleminin ardından mesh (katı) model üretilmiş ve doku oluşturularak bu modele giydirilerek objenin 3B modeli tam olarak oluşturulmuştur (Şekil 3). Son olarak oluşturulan model, CloudCompare yazılımına aktarılabilir şekilde, "obj" ve "ply" formatlarında dışa aktarılmıştır.

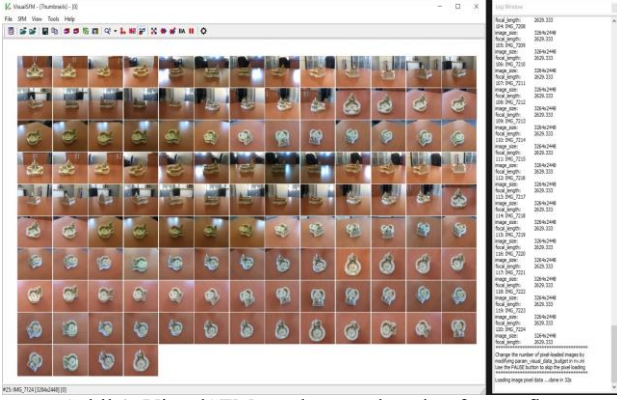


Şekil 3. Mesh model ve doku giydirilmiş model

2.2.2 VisualSFM-Meshlab: VisualSFM, SFM tekniğini kullanarak görüntülerden objelerin 3B modellerinin üretimi için Changchang Wu tarafından geliştirilmiş açık-kaynak kodlu bir yazılımdır. Yazılım, CMVS/PMVS gibi başka açık-kaynak kodlu araçların da çalışmasına olanak tanımaktadır (Wu, 2011).

VisualSFM kullanılarak görüntülerden objelerin yeniden oluşturulması işlemi görüntüler arasındaki korelasyon araştırma (eşleştirme), demet dengelemesi ve seyrekleştirilmiş nokta bulutu oluşturma ile buna bağlı olarak yoğun nokta bulutunun elde etme adımlarını içermektedir (Demirel, Şeker, 2015).

Öncelikli olarak, Agisoft Photoscan ile benzer şekilde, kullanılacak olan fotoğraflar yazılıma aktarılmıştır ve kendi aralarında eşleştirilmiştir (Şekil 4). Bu işlem, SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) algoritması kullanılarak fotoğraf çiftleri arasında ortak detayların bulunması prensibine dayanmaktadır.

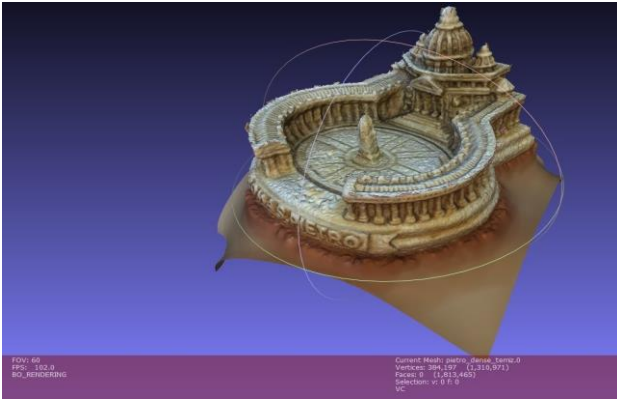


Şekil 3. VisualSFM yazılımına aktarılan fotoğraflar

Sonraki aşamada, bu fotoğraflar kullanılarak yaklaşık 20000 noktadan oluşan bir nokta bulutu oluşturulmuştur. VisualSFM kullanılarak gerçekleştirilen son aşama olarak ise, elde edilen bu nokta bulutundan yoğun nokta bulutu oluşturulmuştur. Objeye ile alakasız, istenmeyen noktaların elenmesinden sonra model “nvm” ve “ply” formatlarında kaydedilmiştir.

Kaydedilen model, mesh ve doku oluşturma işlemi için Meshlab yazılımına aktarılmıştır. Meshlab, özgür ve açık-kaynak kodlu bir katı model işleme yazılımıdır. Elde edilmiş olan nokta bulutları yazılıma aktararak mesh ve doku oluşturma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir (Cignoni ve diğerleri, 2008).

VisualSFM ile oluşturulan model Meshlab yazılımına aktarıldıktan sonra “Poisson Surface Reconstruction” yöntemi uygulanarak yüzeyleri yeniden oluşturulmuş ve mesh model elde edilmiştir (Şekil 5). Poisson Surface Reconstruction metodu, yönlendirilmiş nokta bulutlarından sıkı yüzeyler oluşturmaktadır (Kazhdan, 2013).



Şekil 5. Poisson surface reconstruction yöntemi ile oluşturulan mesh model

Yüzey oluşturma işlemi ve oluşan fazlalık yüzeylerin temizlenmesinden sonra son işlem olarak doku oluşturmaya geçilmiştir. Modeli oluşturan, eşleştirilmiş fotoğraflar kullanılarak doku dosyası oluşturulmuş ve modele giydirilmiştir (Şekil 6). Son olarak, modelin son hali CloudCompare yazılımına aktarılabilmesi amacıyla “obj” ve “ply” formatlarında kaydedilmiştir.

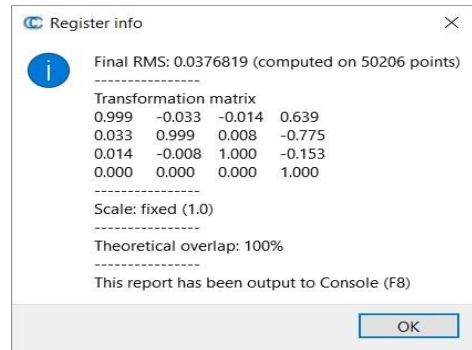


Şekil 6. Doku giydirilmiş model

2.2.3 CloudCompare: CloudCompare, açık-kaynak kodlu, 3B nokta bulutu ve üçgenlenmiş katı model düzenleme ve işleme yazılımıdır. Temelinde, yoğun 3B nokta bulutları arasında karşılaştırma yapabilmek için tasarlanmıştır. Bu çalışma kapsamında da, oluşturulan iki farklı modelin karşılaştırılması amacıyla kullanılmıştır.

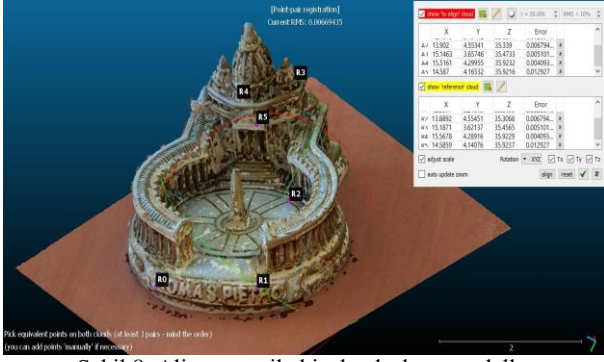
İlk olarak, Agisoft PhotoScan ve VisualSFM-Meshlab ile oluşturulan modeller CloudCompare yazılımına aktarılmıştır. İki modelin ölçükleri farklı olduğundan, öncelikli olarak bu modeller aynı ölçeğe getirilmiştir. Aralarındaki ölçek faktörü, obje üzerinde seçilen iki nokta arasındaki mesafenin her iki modelde de ölçülmesi sonucunda elde edilmiş ve küçük boyutlu modele uygulanmıştır.

Sonraki işlem olarak, farklı konumlarda bulunan bu modeller ICP (Iterative Closest Point) algoritmasını kullanan “Cloud Registration” aracı ile hizalanmışlardır. Agisoft PhotoScan ile oluşturulan model referans olarak seçilerek konumu sabitlenmiş, diğer model bu referansa göre hizalanmıştır. “Cloud Registration” işlemi sonucunda elde edilen karesel ortalama hata ve dönme matrisi elemanları Şekil 7’de görülmektedir.

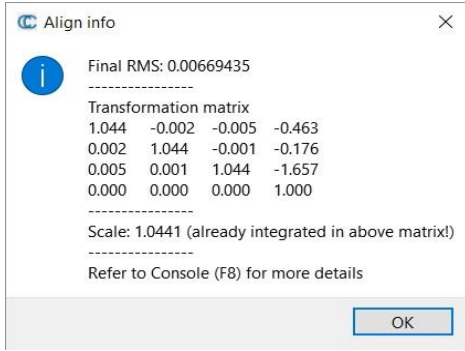


Şekil 7. Cloud Registration sonucu RMS değeri ve dönme matrisi elemanları

Daha hassas bir hizalama işlemi için, modeller üzerinden ortak noktalar seçilerek “Align” aracı ile bir hizalama işlemi daha gerçekleştirilmiştir. ICP işlemi ile benzer şekilde, Agisoft PhotoScan ile oluşturulan model referans seçilerek her model üzerinde beşer adet ortak nokta işaretlenmiştir (Şekil 8). “Align” işlemi sonucunda elde edilen karesel ortalama hata ve dönme matrisi elemanları Şekil 9’da görülmektedir.

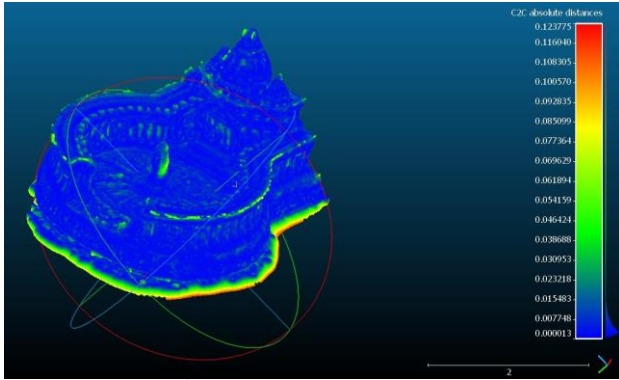


Şekil 8. Align aracı ile hizalandırılmış modeller



Şekil 9. Align işlemi sonucu RMS değeri ve dönme matrisi elemanları

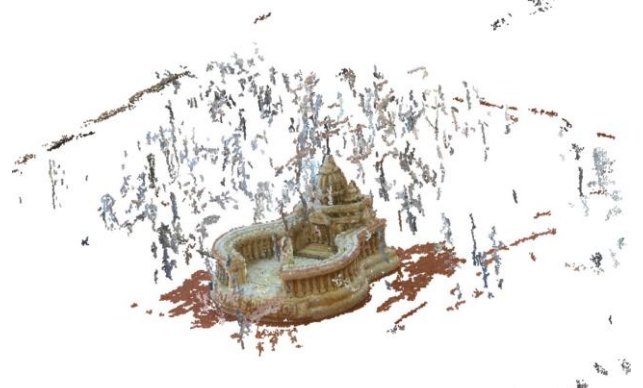
Son aşama olarak, iki model "Cloud/Cloud Distance" aracı ile karşılaştırılmıştır. Bu araç yardımı ile modelleri oluşturan noktalar arası uzaklıklar hesaplanarak iki modelin birbirlerine olan mesafeleri/uyumları hesaplanmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. İki modelin birbirine olan mesafeleri

3. SONUÇLAR

VisualSFM ile gerçekleştirilen nokta bulutu oluşturma işlemleri sırasında, model ile alakasız çok sayıda nokta oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 11). Bu noktalar, sonuç modelin doğruluğunu olumsuz yönde etkileyebileceğinden temizlenmesi gerekmektedir. Bu da model oluşturma sırasında işlem fazlalığını beraberinde getirmektedir.



Şekil 11. VisualSFM'de yoğun modelde oluşan ilgisiz noktalar

Kolaylık ve işlem süreleri göz önünde bulundurulduğu zaman, Agisoft PhotoScan'ın daha başarılı bir performans gösterdiği görülmektedir. Modelleme işlemlerinde şekil doğruluğu önemli bir yer kaplamaktadır. Bu konuda değerlendirildiklerinde, Agisoft PhotoScan yazılımının bir adım daha önde olduğu, fakat açık-kaynak kodlu yazılımların da güçlü birer alternatif olarak kullanılabilirliği görülmektedir. Yapılacak çalışmanın amacına bağlı olarak, her iki seçenek de değerlendirmeye alınabilecek seviyededir.

KAYNAKLAR

- Atik M. E., Ünlüer S., Duran Z., Çelik M. F., 2016. Yersel Fotogrametrik Yöntem İle Yersel Lazer Taramanın Karşılaştırılması ve Doğruluk Analizi, 6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2016), 5-7 Ekim 2016, Adana.
- Cignoni, P., Callieri, M., Corsini, M., Dellepiane, M., Ganovelli, F., & Ranzuglia, G., 2008. Meshlab: An Open-Source Mesh Processing Tool. In Eurographics Italian Chapter Conference (Vol. 2008, pp. 129-136).
- Demirel, H., Şeker, D. Z., 2015. Fotogrametrik Açık Kaynak Kodlu Yazılımlar: Yeni Bir Dönem, TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2015 / Konya.
- Hernán-Pérez, A. S., Domínguez, M. G., González, C. R., Martín, A. P., 2013. Using iPhone Camera in Photomodeler for the 3D Survey of a Sculpture as Practice for Architecture's Students. Procedia Computer Science, 25, 345-347.
- Kazhdan M., Hoppe H., 2013. Screened Poisson Surface Reconstruction. ACM Transactions on Graphics (TOG), 32(3), 29.
- Morgan, J. A., Brogan, D. J., 2016. How to VisualSFM, Department of Civil & Environmental Engineering Colorado State University Fort Collins, Colorado.
- Seren, A. M., Demirel, H., 2016. Açık Alanda Bulunan Büyük Objelerin 3 Boyutlu Modellemesi: Güncel Geomatik Mühendisliği Yöntemlerinin Karşılaştırılması, 8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 19-21 Ekim 2016, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Wu, C., 2011. VisualSFM: A Visual Structure from Motion System. <http://ccwu.me/vsfm/>