

Hava Lidar ve fotoğraflardan kentsel alanların digital ikizinin oluşturulması ve karşılaştırılması

Cihan Altuntaş^{1*}

^{1*}Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita, Konya, Türkiye (caltuntas@ktun.edu.tr) (ORCID: 0000-0002-5754-2068)

Özet – Arazi topoğrafyası ve ilişkili detayların nokta bulutu şeklinde sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarılması çok sayıda uygulamada vazgeçilmez hale gelmiştir. Araziye ilişkin her türlü planlama, akıllı şehir uygulamaları ve diğer hizmetler için bu sayısal verilerden yararlanılır. Hava Lidar ve fotogrametri geniş alanların kısa sürede sayısallaştırılması için yaygın ölçme teknikleridir. Hava lidar sisteminde belirli bir açı artışı ile yönlendirilen lazer ışınları ile tarama yapılarak nokta bulutu ölçülür. Fotogrametrik nokta bulutu yöntemi teknik bilgi gerektirmez ve düşük maliyetlidir. Konumsal verilerin entegrasyonu için elde edilen nokta bulutu ölçülerinin jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmesi gerekir. Bu çalışmada Lidar ve fotogrametrik yöntem ile kentsel alanların 3B modellemesi yapılmıştır. Nokta bulutu verileri uçuş esnasındaki konum bilgileri ile jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Lidar, fotogrametri, nokta bulutu, jeodezik koordinat, kentsel alan modelleme

Atıf: Altuntaş, C. (2023). Hava Lidar ve fotoğraflardan kentsel alanların digital ikizinin oluşturulması ve karşılaştırılması. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 7(1): 15-19.

Digital twin generation and comparison from aerial Lidar and images in urban area

Extended Abstract

Research Problem/Questions – For the integration of spatial data, the obtained point cloud measurements need to be registered to the geodetic coordinate system. In this study, 3D modeling of urban areas was made with Lidar and photogrammetric method.

Short Literature Review – Lidar measurements are in the form of a point cloud that represents the measuring surface with its actual dimensions. Integration of measurements into the common geodetic coordinate system is done either using the ground control points (GCP) or with flight data at the time of measurement [1]. Using a ground control points improves accuracy, but has a high workload cost. Geodetic coordinating with direct flight data provides adequately accurate geodetic coordinating for many applications [2].

Methodology – To be able to use the lidar point cloud for mapping, it must be registered to a geodetic coordinate system. The registration to the geodetic coordinate system is done by three methods: GCP, flight data and data processing. Coordinating is easily done with GNSS data during flight. It uses direct georeferencing, global navigation satellite systems (GNSS) and inertial measurement unit (IMU). The GNSS records the position (XYZ coordinates) and the IMU records the rotation, tilt, yaw angles around the axis at the time of recording. These parameters are combined and each measured Lidar point is converted directly into the georeference system. The lidar point cloud is precisely georeferenced with minimal processing. Direct georeferencing is currently the most widely used method for LiDAR point cloud data. Geodetic coordinates of the photogrammetric point cloud are easily done using the camera projection center coordinates recorded by GPS during flight. This process is a fast and efficient method for geodetic coordinating of the photogrammetric point cloud.

Results and Conclusions – Different types of land cover can affect point accuracy. However, there was no significant difference between Lidar and photogrammetric point cloud in this study.

Keywords – Lidar, photogrammetry, point cloud, geodetic coordinate, urban area modelling

Citation: Altuntaş, C. (2023). Digital twin generation and comparison from aerial Lidar and image in urban area. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 7(1): 15-19.

I. GİRİŞ

Araziye ilişki her türlü görüntüleme ve planlamada nokta bulutu ölçme tekniklerinden yararlanır. Hava Lidar ve fotogrametri yöntemleri ile kentsel alanların haritalanması ve modellenmesi kısa sürede yüksek doğrulukla yapılabilir.

Lidar ölçüleri, ölçme yüzeyini gerçek boyutları ile temsil eden nokta bulutu şeklindedir. Ölçülerin yaygın jeodezik koordinat sistemine entegrasyonu ya kontrol noktası kullanılarak ya da ölçme anındaki uçuş verileri ile yapılır [1]. Kontrol noktası kullanmak doğruluğu artırır ancak iş yükü maliyeti yüksektir. Doğrudan uçuş verileri ile jeodezik koordinatlandırma pek çok uygulama için yeterli doğrulukta jeodezik koordinatlandırma sağlar [2].

Lidar nokta bulutunun segmentasyonu ile kentsel alandaki değişim belirlenebilir [3]. Kentsel alandaki bitki türleri ve yapısı Lidar ölçmelerinden tespit edilebilir [4]. Bitki türleri tespitinde lidar ve fotogrametri birlikte de kullanılmıştır [5]. Ek olarak Lidar tarafından sağlanan 3B geometrik veriler kentsel yeşil altyapıyı korumaya da yardımcı olmaktadır [6]. Lidar yansımaya değerinden yüzeyin material özelliği hakkında bilgi edinilebilir. Örneğin yüzeyin kuru ve ıslak olması durumunda yansımaya değerlerinin farklı olacaktır. Bu durum yüzeylerin ayırt edilmesini sağlar [7].

Fotogrametrik görüntülerden oluşturulan nokta bulutu verisinin ölçeklendirilmesi ve jeodezik koordinatlandırma uçuş esnasındaki kamera konumları ile doğrudan gerçekleştirilebilir. Diğer yandan Lidar nokta bulutu koordinatları ile de ölçeklendirme ve koordinatlandırma yapılabilir. Bu çalışmada kentsel alan modellemesinde Lidar ve fotogrametrik (SfM) nokta bulutu yöntemleri araştırılmıştır. Elde edilen nokta bulutlarının jeodezik koordinat sistemine dönüşümü yapılarak farklı arazi örtüsü türleri için karşılaştırma yapılmıştır.

II. MATERIAL VE METHOD

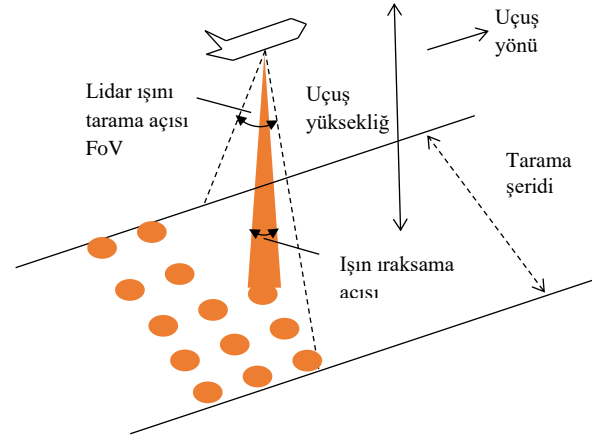
A. Hava Lidar

Lidar ölçmelerinde temel prensip ölçülen noktanın mesafesi ile ölçü ışını doğrultusunun belirlenmesi ve dönen ışının taşıdığı bilginin dijital kodlara dönüştürülerek kaydedilmesidir. Ölçüler alet merkezli lokal bir koordinat sisteminde ifade edilir. Işın kaynağının ölçme noktasına olan mesafesi ışının uçuş süresi ile hesaplanır. Mesafe, bilinen ışık hızı ve uçuş süresi kullanılarak doğrudan ya da dolaylı olarak hesaplanır. Işın doğrultusu, tanımlı referans sisteminin yatay ve düşey düzlemleri ile yapılan açılarla ifade edilir. 3B nokta koordinatlarının elde edildiği bu sistem 3B Lidar olarak ifade edilir.

Ölçme yüzeyinin renk ve materyal yapısı dönen ışının yansımaya şiddetini etkiler. Yansıtma oranı yüksek yüzeyler daha uzak mesafelerden ölçülebilir. Tarama noktalarının 3B konum doğruluğu büyük oranda ıraksama açısı, dönen ışının şiddeti ve aletin açı ölçme hassasiyeti ile ilişkilidir.

Lidar nokta bulutunu haritalamada kullanabilmek için jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmesi gerekir. Jeodezik koordinat sistemine dönüşümü YKN, uçuş verileri ve veri işleme olmak üzere üç yöntem ile yapılır. YKN uçuş alanında düz yüzeyler üzerine tesis edilir ve koordinatları yersel yöntemlerle ölçülür. Maliyetli ve zaman alıcı bir yöntemdir. Uçuş esnasındaki GNSS verileri ile koordinatlandırma kolayca yapılır. Doğrudan coğrafi referanslama, küresel navigasyon uydu sistemleri (GNSS) ve atalet ölçüm birimi (IMU) kullanır. GNSS, konumu (XYZ

koordinatları) kaydeder ve IMU, kayıt anında eksen etrafında dönme, eğim, sapma açılarını kaydeder. Bu parametreler birleştirilir ve ölçülen her Lidar noktası doğrudan coğrafi referans sistemine dönüştürülür. Lidar nokta bulutu en az işlem ile hassas bir şekilde coğrafi referanslandırılır. Doğrudan coğrafi referanslama, LiDAR nokta bulutu verileri için günümüzde en yaygın kullanılan yöntemdir. Veri işlemeye dayalı yöntem ölçülen nokta bulutunun daha önceden jeodezik koordinatlandırılmış nokta bulutu koordinat sistemine dönüşümü şeklinde uygulanır.



Şekil 1. Hava 3D Lidar tarama

B. Fotogrametrik Nokta Bulutu

SfM aynı örtü alanına ait farklı açılardan çekilmiş parlaklık, ölçek ve dönüklükleri farklı görüntülerin otomatik eşleştirilmesi ile kamera ve eşlenik nokta koordinatlarının tanımlı bir koordinat sisteminde ifade edilmesini içerir. Bu işlemler için kamera kalibrasyonu gerekmez. Kamera kalibrasyon parametreleri ve nokta koordinatları iteratif olarak hesaplanır.

SfM algoritması ile fotogrametrik nokta bulutu dört adımda oluşturulur. İlk adımda, görüntü özellik noktaları bulunur. İkinci adımda, özellik noktaları karakteristik değişmez özellikleriyle tanımlanır. Tanımlayıcı, özellik noktalarını 128 boyutlu uzayda temsil eder. Üçüncü adımda tüm görüntüler arasındaki benzer özellik noktaları eşleştirilir ve dördüncü adımda ışın demetleri dengelemesi ile görüntülerin göreceli konumları tahmin edilir. Eşleştirme sonuçları genellikle seyrek nokta bulutudur ve bunlar daha sonra ek eşleşmelerle yoğun nokta bulutuna dönüştürülür. Ticari fotogrametri yazılımları, kullanıcıların eşleşen özellik noktalarının sayısını kısıtlamasına olanak tanır. Bu sayede çoklu görüntü eşleştirme, bilgisayar kapasitesini zorlamaz. Eşleşen tüm özellik noktaları için 3B uzamsal koordinatlar, lokal referans koordinat sistemine göre elde edilir [8]. Nokta bulutunun ölçeklendirilmesi gerçek obje üzerindeki benzer ölçü yapmayı sağlar. Ölçeklendirme ve coğrafi referanslamanın kontrol noktasına dayalı olarak yapılması zaman ve maliyet alıcı bir işlemdir. Bunun yerine doğrudan uçuş anında GPS ile kaydedilen kamera çekim merkezi koordinatları kullanılarak jeodezik koordinatlandırma yapılır. Bu işlem fotogrametrik nokta bulutunun jeodezik koordinatlandırılması için hızlı ve etkili bir yöntemdir.

C. Verilerin Elde Edilmesi

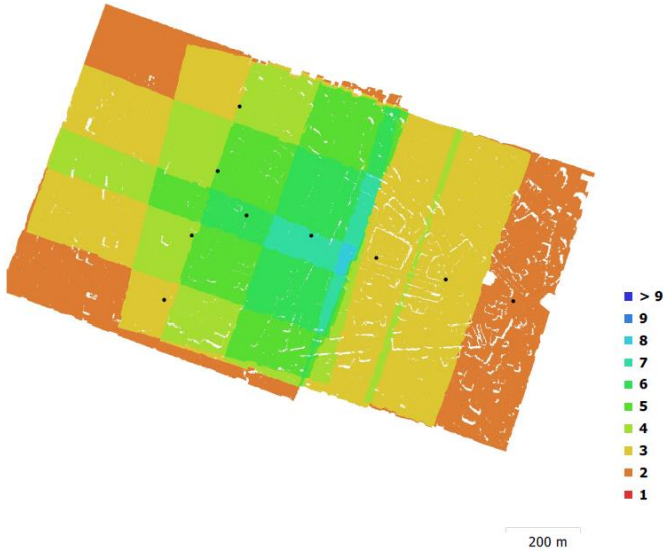
Çalışma alanı Konya ili, Kulu ilçesi merkezinde 1.11km² lik bir alandır ve denizden yüksekliği ortalama 1000m dir (Şekil 2). Lidar tarama ortalama 841m yükseklikten 2-3 nokta/m² yoğunluk ile yapılmıştır. Lidar ölçüsü yapılırken aynı anda fotogrametrik değerlendirme için hava fotoğrafları da çekilmiştir. Fotoğraf çekimi anında kamera çekim merkezinin GPS koordinatları da kaydedilmiştir. Fotoğraflar 24 bit derinliğinde ve 10625-14204 pixel çözünürlüktedir. Ölçme alanına ait dokuz fotoğraf kaydedilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı

III. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Fotoğraflardan nokta bulutu Agisoft yazılımı ile üretilmiştir. Nokta bulutu "medium" özelliği ile oluşturulmuştur. Fotoğraflardan oluşturulan nokta bulutu verisinin ölçeklendirilmesi kamera çekim merkezlerinin GPS koordinatları koordinatları ile yapılmıştır. Elde edilen nokta bulutu Lidar nokta bulutu ile karşılaştırılarak farklı yüzey örtülü alanlar için doğruluk değerlendirme yapılmıştır.

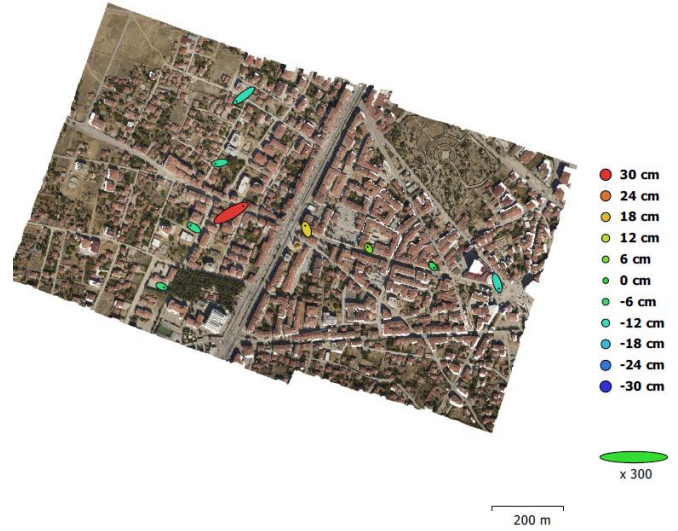


Şekil 3. Kamera konumları ve bindirmeli alanlar.

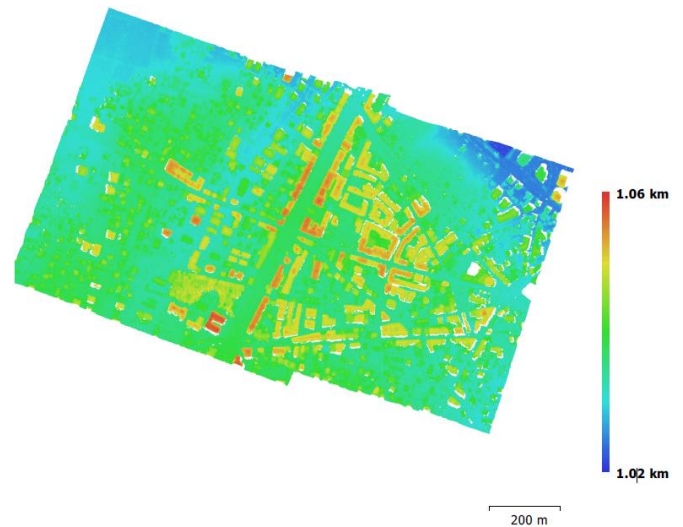
Tablo 1. Kamera konumları ve ortalama hataları [Units are cm]

X error	Y error	Z error	XY error	Toplam hata
9.7351	7.2215	13.5528	12.1211	18.1825

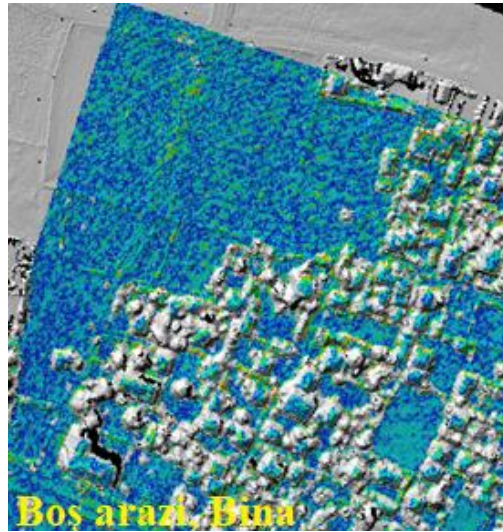
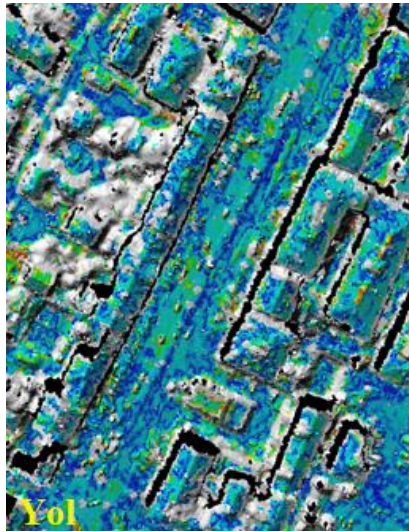
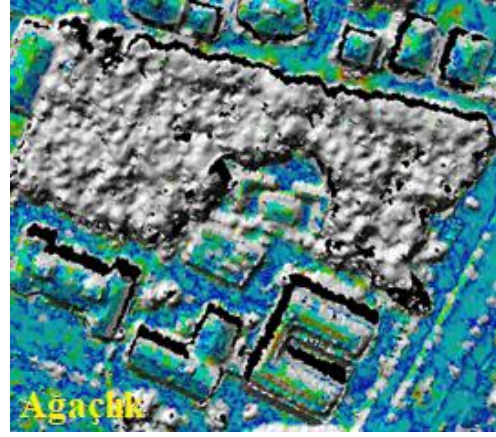
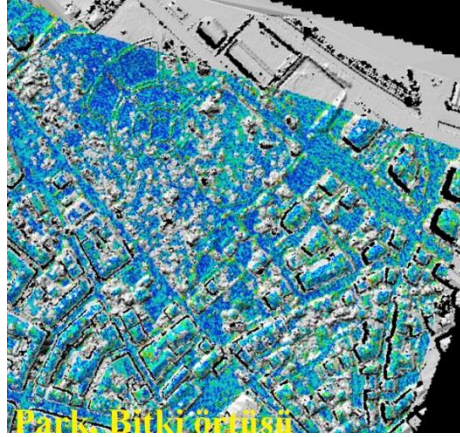
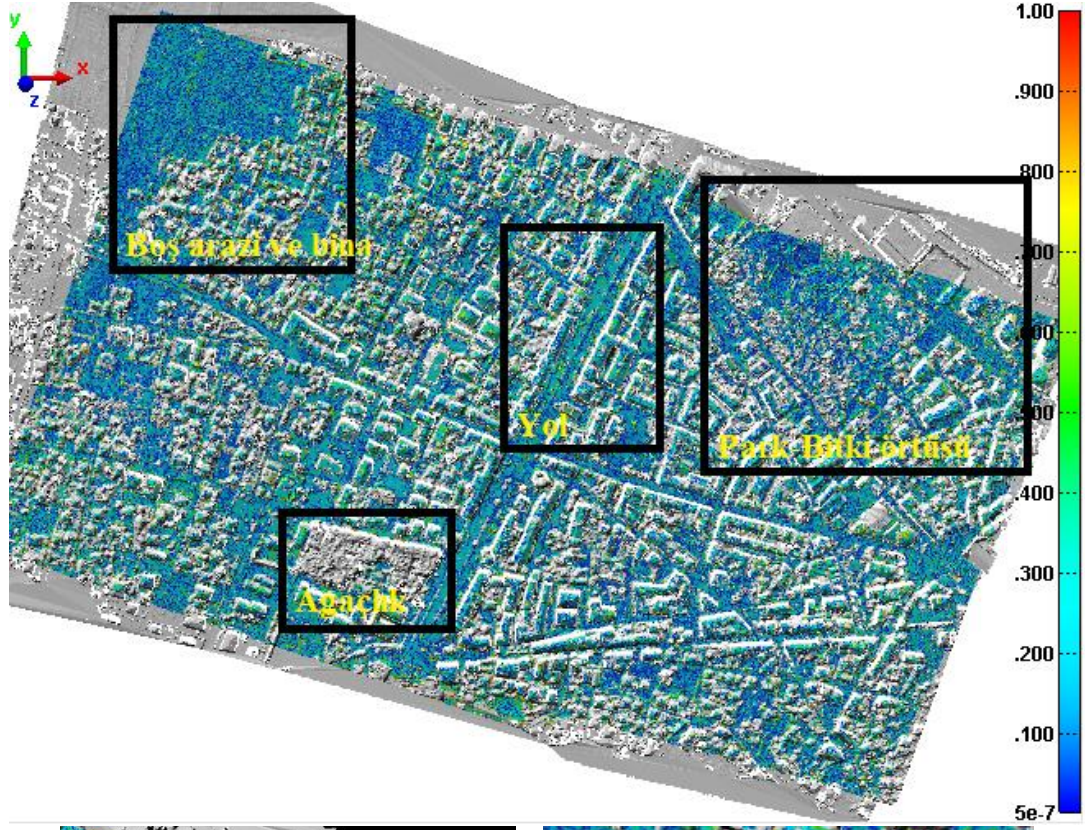
Fotogrametrik nokta bulutu dokuz fotoğrafın ortak görüntü alanından üretilmiştir. Kamera çekim merkezleri ve fotoğraflar arası bindirmeli alanlar Şekil 3 de verilmiştir. Seyrek nokta bulutu 13831 nokta içermektedir. Bağlantı noktalarının ortalama projeksiyon sayısı 2.65 tir. Bağlantı noktalarının resim düzlemine geri projeksiyonunda ortalama hata ise 1.74 pixel dir. Işın demetleri dengelemesinden sonra kamera çekim merkezlerindeki ortalama hatalar Tablo 1 de ve hata elipsi büyüklükleri Şekil 4 de verilmiştir. "Medium" seçeneği ile üretilen yoğun nokta bulutu 6273511 nokta içermektedir. Yoğun nokta bulutundan elde edilen sayısal yükseklik modeli bina yükseklikleri de dikkate alındığında çalışma alanında ortalama 50m kot değişimini göstermektedir (Şekil 5). Farklı örtü tiplerine sahip arazilerde Lidar ve fotogrametrik nokta bulutlarının doğrulukları etkilenebilir. Bunu tespit etmek için Lidar ve fotogrametrik nokta bulutları karşılaştırılmıştır (Şekil 6).



Şekil 4. Kamera çekim merkezi konum hataları.



Şekil 5. SfM nokta bulutu sayısal yükseklik modeli



Şekil 6. Lidar ve SfM nokta bulutu karşılaştırması

IV.SONUÇ

Lidar aktif bir ölçme tekniğidir. Tarama noktalarının koordinatları ile birlikte yansıma değerleride kaydedilir. Noktaların renklendirilmesi kamera görüntüleri ile yapılır. Hava Lidar ölçülerinde doğruluk uçuş yüksekliği, ışın iraksama açısı ve yansıma şiddeti gibi değerlere bağlıdır. Ölçme doğruluğu yatayda 20cm düzeyde 10cm civarındadır ve topoğrafik ölçmeler için yeterli doğruluğu sağlar. Fotogrametrik nokta bulutu ölçü doğruluğu temelde piksel boyutları ve uçuş yüksekliği ile ilgilidir. Farklı arazi örtüsü türleri nokta doğruluğunu etkileyebilir. Ancak bu çalışmada Lidar ve fotogrametrik nokta bulutu arasında önemli bir fark görülmemiştir. Kentsel alan modellemede her iki yöntem birlikte yada ayrı olarak kullanılabilir..

KAYNAKLAR

- [1] N. Haala, M. Kölle, M. Cramer, D. Laupheimer and F. Zimmermann, "Hybrid georeferencing of images and LiDAR data for UAV-based point cloud collection at millimetre accuracy," *ISPRS Open Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 4, 100014, 2022.
- [2] Y. Zhang and X. Shen, "Direct georeferencing of airborne LiDAR data in national coordinates," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 84, pp. 43-51, 2013.
- [3] A. Fekete and M. Cserep, "Tree segmentation and change detection of large urban areas based on airborne LiDAR," *Computers & Geosciences*, vol. 156, 104900, 2021.
- [4] K.Z. Kulawik, K. Skoczylas, P. Weżyk, J. Teller, A. Mustafa and H. Omrani, "Monitoring of urban forests using 3D spatial indices based on LiDAR point clouds and voxel approach," *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 65, 127324, 2021.
- [5] K.Z. Kulawik, P. Hawrylo, P. Wezyk, P. Matczak, P. Przewozna, A. Inglot and K. Maczka, "Improving methods to calculate the loss of ecosystem services provided by urban trees using LiDAR and aerial orthophotos," *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 63, 127195, 2021.
- [6] J.F.F. Alvarado and S.F. Rodriguez, "3D environmental urban BIM using LiDAR data for visualisation on Google Earth," *Automation in Construction*, vol. 138, 104251, 2022.
- [7] J. Jin, J. Verbeugt, L.D. Sloover, C. Stal, G. Deruyter, A.L. Montreuil, S. Vos, P.D. Maeyer and A.D. Wulf, "Support vector regression for high-resolution beach surface moisture estimation from terrestrial LiDAR intensity data," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 102, 102458, 2021.
- [8] S.I. Granshaw, "Structure from motion: Origins and Originality," *The Photogrammetric Record*, vol. 33, no. 161, pp. 6-10, 2018.