

DIJİTAL İKİZ – YBM ENTEGRASYONU İÇİN GÜNCEL ÖRNEKLER: METRUK BİNA MODELLEMESİ VE DEPREM SONRASI DEFORMASYON TESPİTİ ÇALIŞMALARI

Can Ekin YILDIZ¹, Fatih AYMERGEN²

¹ESC Mühendislik A.Ş., Adana, ekin.yildiz@escmuhendislik.com.tr
²ESC Mühendislik A.Ş., Adana, fatih.aymergen@escmuhendislik.com.tr

ÖZET

Mobil Haritalama; uygun maliyet, hız ve ergonomi gibi özellikleri ile son yıllarda daha fazla tercih edilen ve LiDAR teknolojisini kullanan bir mekansal veri toplama yöntemidir. LiDAR tabanlı modelleme yöntemleri yüksek hassasiyet ve güvenilirlik sağladığından, yer bilimlerinden şehir planlamaya, mühendislik faaliyetlerden sosyal bilimlere, yerel yönetimlerden sağlık sektörüne kadar birçok alanda mobil haritalama ile veri elde etme çalışmaları yürütülmektedir. Günümüzün en önemli unsurlarından biri olan 3 boyutlu şehir modelleme çalışmalarında sıklıkla kendine yer bulmaktadır. Mobil Haritalamanın bir ürünü olan Dijital İkiz teknolojisi hem birbirinden farklı platformlar ile entegre bir şekilde çalışabilmesi hemde yüksek hassasiyet içeren veriler ile gerçeğe yakın öngörüler yapabilmesi gibi özellikleri ile teknoloji dünyasında kendisine yer edinmektedir.

Yapı Bilgi Modellemesi kelimelerinin İngilizce karşılıklarının kısaltılması ile oluşturulan BIM (YBM) ise mühendislik, mimarlık ve inşaat sektörlerinde kullanılan bir dijital modelleme sürecidir.

Bu çalışmada ESC Mühendislik A.Ş. bünyesinde gerçekleştirilmiş ve LiDAR-Dijital İkiz-YBM bütünleşmesi için örnek teşkil edebilecek iki proje açıklanmaya çalışılmıştır.

Metruk Bina Modellemesi Projesi olarak adlandırılan projede, metruk durumda bulunan 8 katlı bir binanın ve çevresinin SLAM algoritmali mobil haritalama cihazı ile taranması sonucu elde edilen nokta bulutu verisinden, bina ve çevresi ile ilgili bir modelleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada dikkat çeken noktalar; veri hassasiyeti ve dijital ikiz verilerinin binanın gerçek hali ile olan hassas benzerliğidir. Bu hassasiyet sayesinde hem bina hemde çevresini içerecek gerçekçi bir 3B modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

Akaryakıt Tankı Projesi olarak adlandırılan projede ise, bir akaryakıt tankının iç kısmının SLAM algoritmali mobil haritalama cihazı ile taranması, taşıyıcı sistem parçalarının nokta bulutu verisi ile 3B modellenmesi ve daha önceki tarama verileriyle karşılaştırılarak durum raporu hazırlanması amaçlanmıştır. Farklı dönemlerde gerçekleştirilmiş mobil haritalama verileri karşılaştırılmış ve 6 Şubat Kahramanmaraş depremlerinin, akaryakıt tankındaki taşıyıcı elemanlarda yaptığı deformasyon ölçülmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, deprem öncesinde ve sonrasında yapılan tarama verilerinden elde edilen nokta bulutu verileri YBM ortamında 3B olarak modellenmiş ve analizi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: 3B modelleme, afet sonrası deformasyon, dijital ikiz, mobil haritalama, YBM

CURRENT EXAMPLES FOR DIGITAL TWIN - BIM INTEGRATION: DERELICT BUILDING MODELLING AND POST-EARTHQUAKE DEFORMATION DETECTION STUDIES

ABSTRACT

Mobile Mapping is a spatial data collection method that has become increasingly preferred in recent years due to its features such as cost-effectiveness, speed, and ergonomics, and it uses LiDAR technology. Since LiDAR-based modeling methods provide high precision and reliability, mobile mapping data collection efforts are being conducted across various fields, from geosciences to urban planning, engineering activities to social sciences, local governments to the healthcare sector. It is frequently utilized in one of today's most important areas—3D city modeling studies. Digital Twin technology, a product of mobile mapping, has secured its place in the world of technology due to its ability to work in an integrated manner with different platforms and its capacity to make highly accurate, real-world-like predictions based on precise data. BIM (Building Information Modelling) is a digital modelling process used in engineering, architecture and construction sectors. In this study paper, two projects carried out by ESC Engineering Inc. that can serve as an example for LiDAR-Digital Twin-ICM integration are described. In the project titled "Abandoned Building Modeling Project," a modeling study was conducted for an 8-story abandoned building and its surroundings, based on point cloud data obtained from scanning the building and its environment using a mobile mapping device equipped with the SLAM algorithm. Noteworthy aspects of this project include data accuracy and the precise resemblance of the digital twin data to the building's real state. Thanks to this precision, a realistic 3D modeling study, encompassing both the building and its surroundings, was completed. In the project called Fuel Tank Project, it was aimed to scan the interior of a fuel tank with a mobile mapping device with SLAM algorithm, 3D modelling of the load-bearing elements with point cloud data and observing the change by comparing with previous scan data. Mobile mapping data collected at different periods were compared, and the deformation caused. by the February 6 Kahramanmaraş earthquakes on the load-bearing elements of the fuel tank was

measured. For this purpose, the point cloud data obtained from scans conducted before and after the earthquake were modeled in 3D within the GIS environment, and the analysis was carried out.

Keywords: 3D modeling, BIM, digital twin, mobile mapping, post-disaster deformation

1. GİRİŞ

Mobil Haritalama; LiDAR teknolojisini kullanan bir mekansal veri toplama yöntemidir. LiDAR tabanlı modelleme yöntemleri yüksek hassasiyet ve güvenilirlik sağladığından, yer bilimlerinden şehir planlamaya, mühendislik faaliyetlerden sosyal bilimlere, yerel yönetimlerden sağlık sektörüne kadar birçok alanda mobil haritalama ile veri elde etme çalışmaları yürütülmektedir.

Son yirmi yıl içerisinde teknolojinin hızlı ilerlemesine ve sektörel bazda yaygınlaşmasına istinaden artan rekabetin de bir sonucu olarak, lazer tarama yöntemleri ilerlemiş ve maliyetler nispeten düşmüştür (Zeybek, 2024). Literatürde genel olarak, lazer haritalamayı ifade etmesi için kullanılan LiDAR terimi (Killinger, 2014; Zeybek, 2024), bu çalışmada biraz daha genelleştirilerek Mobil Haritalama şeklinde kullanılmaktadır.

Günümüzde yersel, mobil ve havasal olarak üç sınıfa ayrılan tarama yöntemleri (Sevgen ve Karsli, 2020; Zeybek, 2021; Suleymanoglu ve ark., 2024; Zeybek, 2024) içerisinde mobil haritalama; uygun maliyet, hız ve ergonomi gibi özellikleri ile son yıllarda daha fazla tercih edilen bir yöntem olarak dikkat çekmektedir.

Genel olarak bu sistemler, otomobiller, trenler, botlar gibi hareketli araçlara monte edilen entegre sistemlerdir (Toschi ve ark., 2015; Kuçak ve ark., 2020) ancak mobil haritalama teknolojisi, son yıllarda hızla gelişen teknolojiye ayak uydurarak giyilebilir ve el ile taşınabilir lazer sistemlerini de geliştirmiş ve bu konseptlerin sunduğu ergonomi ile daha fazla alanda kullanılabilir olmasını sağlamıştır.

Mobil haritalama sistemleri; LiDAR, IMU ve GNSS sistemleri ile kameraları bir arada kullanır. Bu sistemlerin tümü, üç boyutlu (3B) koordinat sisteminde nokta bulutunu oluşturmak için birlikte çalışır. 3B modelleme için yüksek doğruluk ve yeterli nokta bulutu verisi elde etmek çok önemlidir (Kuçak ve ark., 2020).

Mobil haritalamanın bir ürünü olan Dijital İkiz ise fiziki bir nesnenin, cismin veya sistemin dijital ortamda oluşturulmuş sanal bir kopyasıdır (Erturan ve Ergin, 2018; Aynacı, 2020; Bengü ve Fidancan, 2021). Hem birbirinden farklı platformlar ile entegre bir şekilde çalışabilmesi hem de yüksek hassasiyet içeren veriler ile gerçeğe yakın öngörüler yapabilmesi gibi özellikleri ile teknoloji dünyasında kendisine yer edinmektedir.

Mobil haritalama sistemleri tarafından toplanan nokta bulutları, üç boyutlu geometrinin yanı sıra yoğunluk gibi diğer özellikleride sağlar ve bu nedenle dijital ikizler için yaygın bir veri kaynağı oluşturur (Soilan ve ark., 2021; Mi ve ark., 2024).

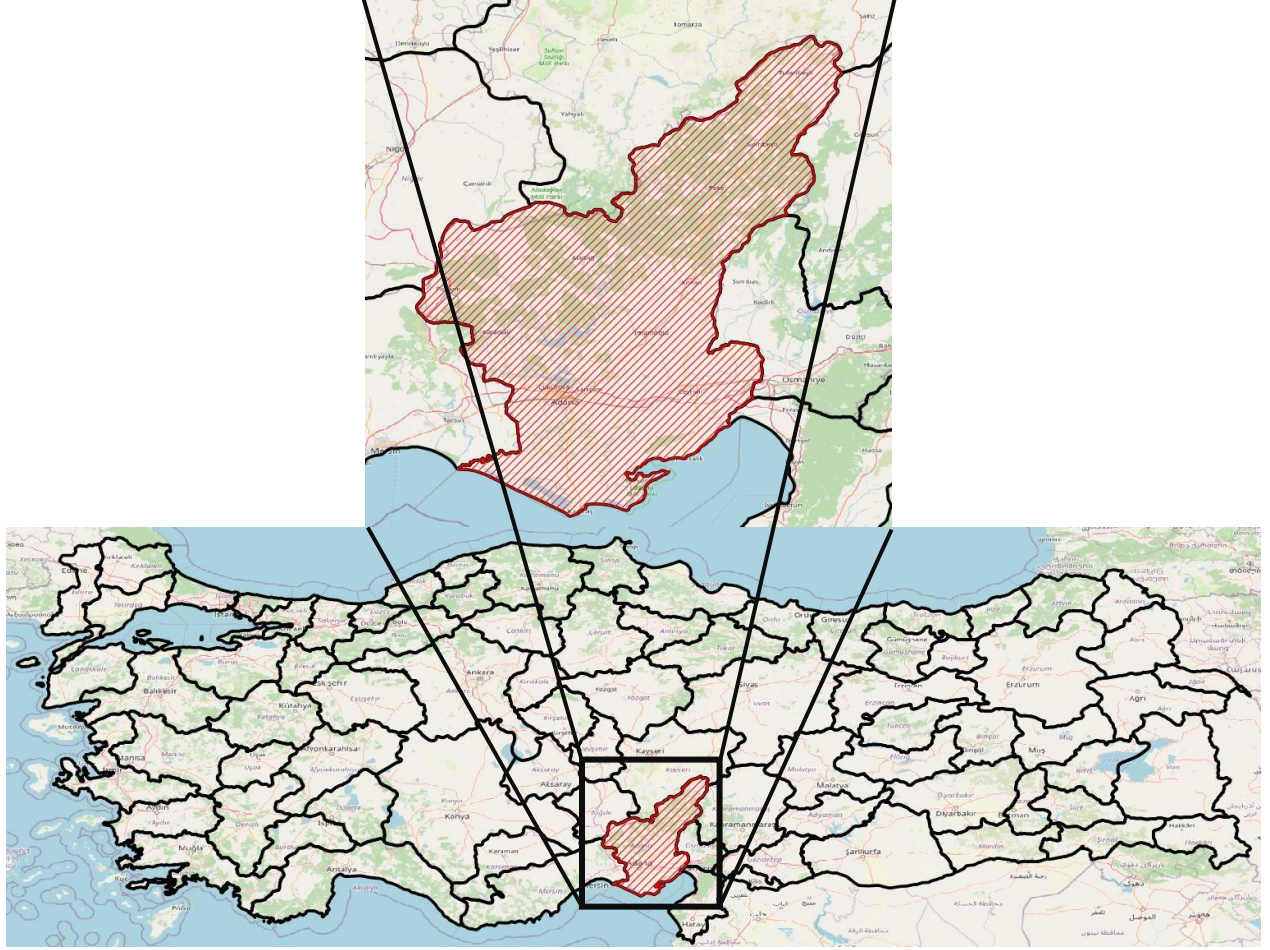
Building Information Modeling kelimesinin kısaltması olan BIM yani dilimizdeki karşılığı ile Yapı Bilgi Modellemesi ise, dinamik ve doğrudan iş birliği yapmayı, tasarım kararlarının yüksek hız ile test edilerek doğrulanmasını, tüm proje paydaşlarının katılımını sağlamayı, bütünleşmeyi ve analiz etmeyi sağlayan bir sistem bütünüdür (Baldwin, 2021).

İnsanların çevrelerinde gelişen doğal olaylardan haberdar olmaları, bunların nedenlerini bilmeleri ve bu doğal olayların tekrar meydana gelmesi durumunda hazırlıklı olmaları için gereken çalışmaların tümü “Afet Yönetimi” olarak tanımlanmaktadır (Erkal ve Değerliyurt, 2011). Bu kavramla ilişkili olarak afet öncesi çalışmalar “Risk Yönetimi”, etki analizi, iyileştirme, yeniden yapılanma gibi afet sonrası çalışmalar “Kriz Yönetimi” olarak kabul edilmektedir (Kadioğlu, 2008; Erkal ve Değerliyurt, 2011).

Günümüzün sorunları, tek bir disiplin ile incelemek ve çözüm üretebilmek için fazla karmaşıktır. Bu durum, süreçlere çok disiplinli yaklaşma metodolojisini ön plana çıkarmaktadır ve bu bağlamda mobil haritalama, dijital ikiz ve YBM ürünleri birbirine entegre edilerek çalışılabilmektedir.

1.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada ESC Mühendislik A.Ş. bünyesinde Mobil Haritalama – Dijital İkiz – YBM entegrasyonuna örnek teşkil edecek iki proje açıklanmaya çalışılmıştır. Her iki proje Adana il sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanını gösteren yer bulduru haritası.

2. METOD

Her iki projenin saha çalışmalarında SLAM algoritmasına sahip NavVis marka giyilebilir mobil haritalama cihazı kullanılmıştır. Kullanılan VLX modelde, 16 Kanallı 2 LiDAR sistemi, 20 MP çözünürlüğe sahip 4 adet kamera ve IMU sistemi yer almaktadır. Her bir LiDAR sn'de 300.000 atış gerçekleştirmektedir ve 100 mt menzile sahiptir. Bir LiDAR sensöründen 1 sn'de yapılan atış sayısı, nokta bulutunun kalitesini ve yoğunluğunu etkilemektedir. NavVis mobil haritalama cihazının sahip olduğu toplam 600.000 atış sayısı ile her iki projede yüksek kalitede nokta bulutu verisi elde edilmiştir. Her iki çalışmada da herhangi bir GPS veya Total Station cihazı ile koordinat alınmamış ve çalışmalar relatif yapılmıştır.

Her iki projede, nokta bulutu verisi üzerinde çalışabilmek ve modelleme yapabilmek için Autodesk Revit yazılımından faydalanılmıştır. Tarama sonucunda elde edilen ve .rcp formatında teslim alınan nokta bulutu verilerinden 3B modelleme yapılmıştır.

Metruk Bina Modellemesi Projesi olarak adlandırılan ilk projede, metruk durumda buluna 8 katlı bir yapının ve çevresinin restorasyon amaçlı modellemesi yapılmıştır. Bu amaçla binanın tüm katları, tüm odaları ve binanın çevresi

giyilebilir NavVis cihazı ile taranmıştır (Şekil 2). Saha çalışması 8 veri seti ile tamamlanmıştır. Yüksek yoğunluklu nokta bulutu içeren bu veri setleri, NavVis Ofis-İçi Görüntü İşleme yazılımı ile işlenmiştir. Bu aşamanın ardından tüm veri setleri birbirleri ile dengelenmiş, dengelenen nokta bulutu verisi .rcp uzantılı veri tipi ile YBM çalışmalarının yapılması amacıyla YBM departmanına devredilmiştir.

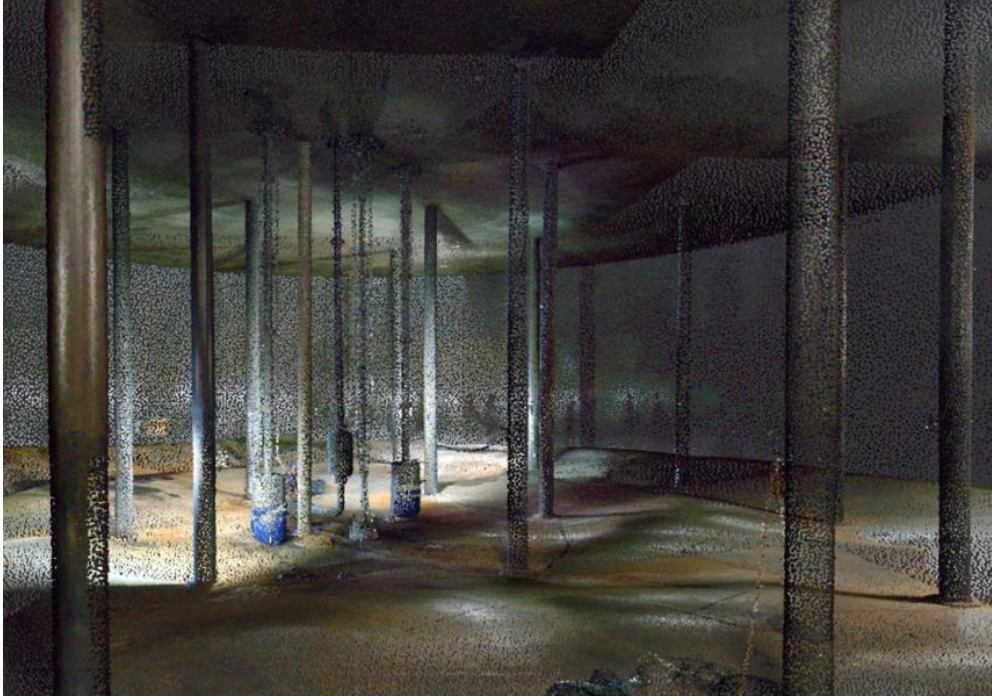


Şekil 2. Tarama sonrası elde edilen panoramik görüntü (a, c) ve nokta bulutu verisi (b, d) için örnekler.

Akaryakıt Tankı Projesi olarak adlandırılan bir diğer projede, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin tank içerisindeki taşıyıcı sistem parçalarında meydana getirdiği deformasyon ölçülmeye çalışılmıştır (Şekil 3). Bu çalışma, bu makalede kısaca bahsedilmiş olan afet sonrası kriz yönetimi içerisinde etki analizi için bir örnek teşkil edecektir.

SLAM algoritmaları NavVis cihazı ile farklı dönemlerde yapılmış iki saha çalışmasından elde edilen nokta bulutu verileri, YBM ortamında karşılaştırılarak mm hassasiyetinde deformasyon analizi gerçekleştirilmiştir.

Saha taramalarından ilki, 24.10.2022 tarihinde farklı bir proje için yapılmıştır. Bu taramadan elde edilen nokta bulutu verisi ile tank içerisinde bulunan tüm kolon ve duvar çeperlerinin modellenmesi AutoDesk Revit yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. 09.05.2023 tarihinde, bahsedilen deformasyonun saptanabilmesi amacıyla ikinci tarama gerçekleştirilmiştir. Tankın küçük hacimli olması sebebiyle her iki taramada iki veri seti oluşturularak çalışma tamamlanmıştır.



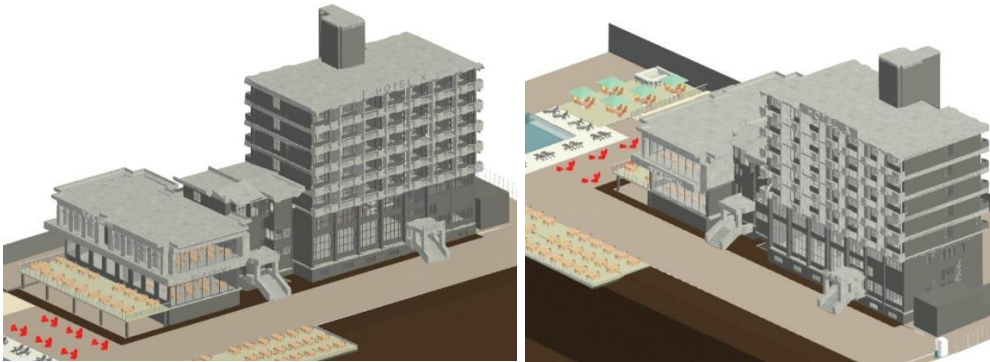
Şekil 3. Tarama sonrası elde edilen nokta bulutu verisi örneği.

Bir önceki projede olduğu gibi, her iki saha çalışmasından elde edilen veri setleri yine NavVis Ofis-İçi Görüntü İşleme yazılımı ile işlenmiş ve veri setleri kendi içinde dengelenerek .rcp formatında YBM departmanına teslim edilmiştir.

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

3.1. Metruk Bina Modellemesi

.rcp uzantılı nokta bulutu verisi ile Autodesk Revit program kullanılarak 3B örnek bir restorasyon çalışması yapılmıştır (Şekil 4). Bu çalışma yapılırken hem bina içi hem de bina dışı tüm alanlar restorasyon amaçlı modellenmiştir.

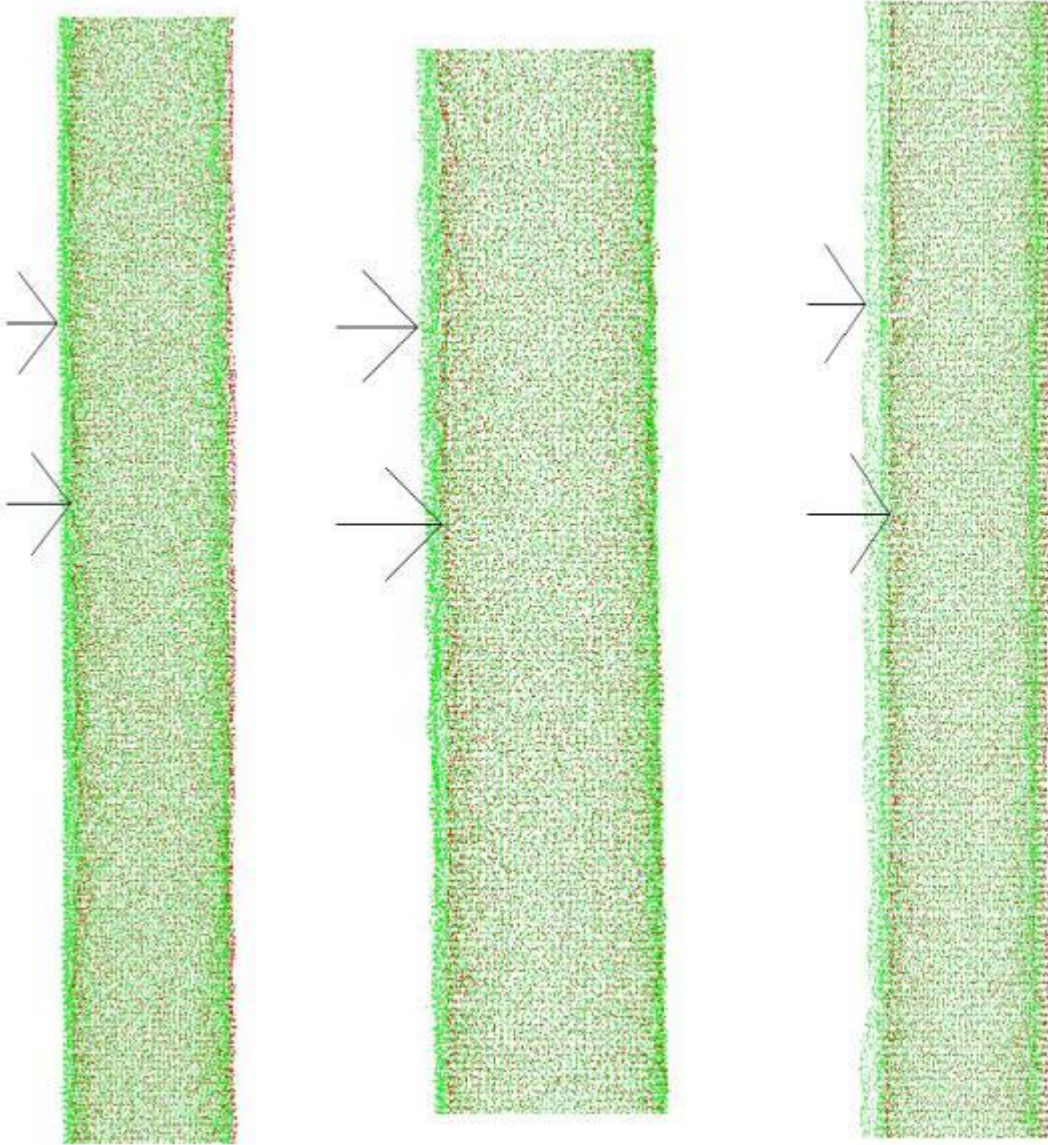


Şekil 4. YBM çalışmaları sonucu elde edilen Autodesk Revit 3B modeli.

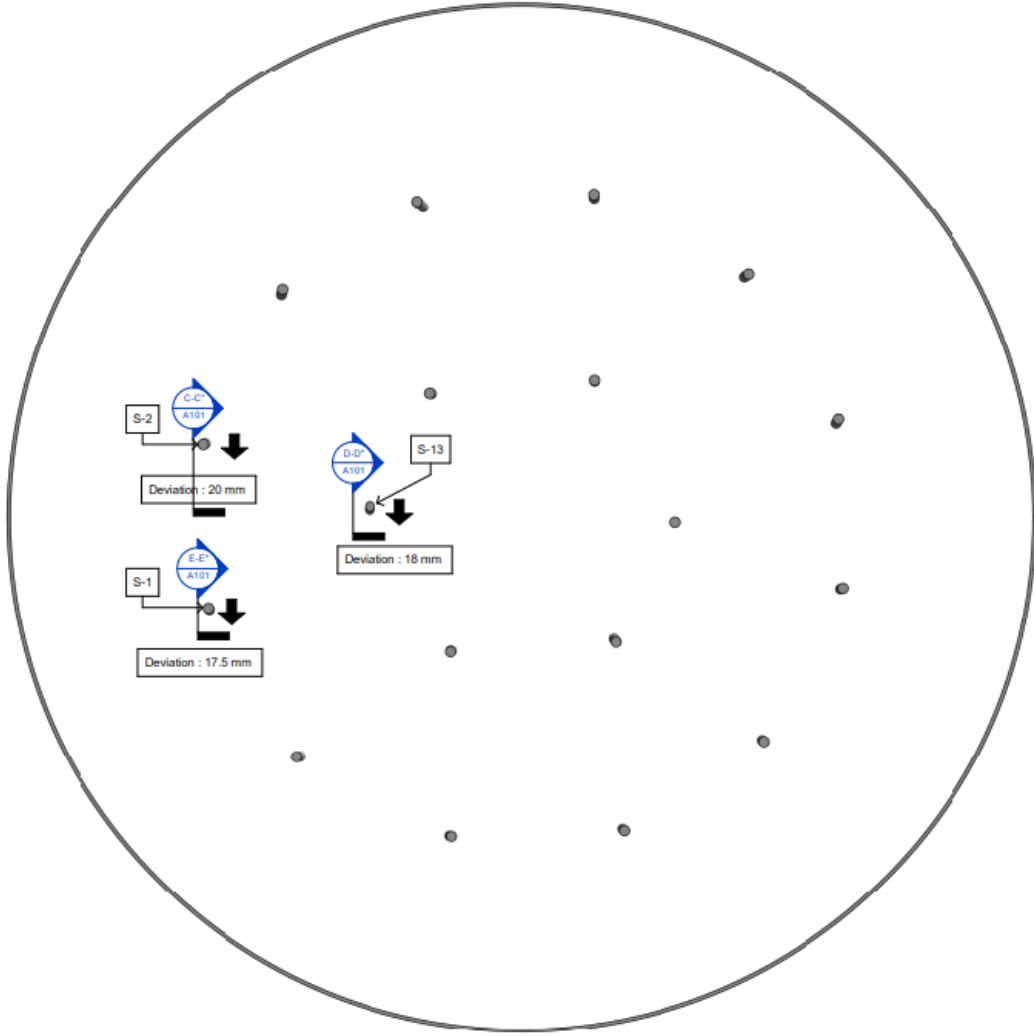
Bu projede dikkat çeken noktalar; veri hassasiyeti ve dijital ikiz verilerinin binanın gerçek durumu ile olan hassas benzerliğidir. Bu hassasiyet sayesinde hem bina hem de çevresini içerecek gerçekçi bir 3B modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

3.2. Yakıt Tankı Projesi

24.10.2022 tarihinde yapılan ilk tarama ile 09.05.2023 tarihinde yapılan ikinci tarama verilerinden elde edilen nokta bulutu verilerinin Revit yazılımı ile 3B olarak modellenmesi sonucunda, akaryakıt tankı içerisindeki kolonların üçünde sırası ile 17.5 mm, 20 mm ve 18 mm sapma tespit edilmiştir (Şekil 5 ve Şekil 6).



Şekil 5. Deprem öncesi ve sonrası elde edilen nokta bulutu verilerinin karşılaştırılması. Yeşil renkli nokta bulutu ilk taramayı, kırmızı renkli nokta bulutu ikinci taramayı göstermektedir. karşılaştırma sonucunda bu kolonlarda, sırası ile 17.5, 18 ve 20 mm deformasyon tespit edilmiştir.



Şekil 6. Deformasyon tespit edilen kolonların tank içerisindeki konumu.

Bu projede dikkat çeken noktalar ise; nokta bulutu verilerinin verdiği detaylı ölçüm imkanı ve modelleme sonrasında mm hassasiyetinde deformasyonun tespit edilebilmesidir.

3.3.Tartışma

Bu çalışmada anlatılan iki projede, mobil haritalama çalışmalarının farklı alanlarda ve farklı amaçlar için hangi yöntemlerle kullanılabilceği, aynı zamanda YBM gibi diğer sistemler ile entegre bir şekilde çalışılabileceği örneklerle anlatılmak istenmiştir. Günümüzün hızla ilerleyen teknoloji dünyasında, Dijital İkiz'lerin çok hızlı bir şekilde yaygınlaştığı ve gerek hizmet üreticilerin gerekse tüketicilerin işlerini hızlı ve verimli bir şekilde tamamlayabileceği ve doğruluğu yüksek sonuçlar elde edilebileceği ortaya konmaya çalışılmıştır.

KAYNAKÇA

- Aynacı, İ.**, 2020. DİJİTAL İKİZ VE SAĞLIK UYGULAMALARI. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2020; 3(1):70- 82.
- Baldwin, M.**, 2021. *BIM Yöneticisi*. Birinci Basım, CİNİUS Yayınları, Kadıköy İSTANBUL. 320. Sayfa
- Bengü, H. ve Fidancan, C.**, 2021. Maliyet Düşürme Yöntemi Olarak Dijital İkiz ve Otomotiv Endüstrisindeki Yeri. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2021 3(2) 205-221.
- Erkal, T. ve Değerliyurt, M.**, 2011. TÜRKİYE'DE AFET YÖNETİMİ. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14(22), 147-164.
- Erturan, İ. Ve Ergin, E.**, 2018. DİJİTAL DENETİM VE DİJİTAL İKİZ YÖNTEMİ. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*. Aralık 2018: 20(4): 810-830.
- Kadioğlu, M.**, 2008. Küresel iklim değişikliğine uyum stratejileri. Kar Hidrolojisi Sempozyumu Bildiri Kitabı 27-28 Mart 2008 Erzurum, DSİ 8. Bölge Müd. Yay., 69-94.
- Kuçak, R.A., Erol, S., İşiler, M.**, 2020. Comparative Accuracy Analysis of Lidar Systems. *Turkish Journal of LIDAR*. 2(2), 34-40.
- Mi, X., Dong, Z., Cao, Z., Yang, B., Cao, Zheng, C., Stoter, J., Nan, L.**, 2024. A benchmark approach and dataset for large-scale lane mapping from MLS point clouds. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Volume 133, 104139.
- Sevgen, S. C. ve Karslı, F.**, 2020. Automatic ground extraction for urban areas from airborne lidar data. *Turkish Journal of Engineering*, 4(3), 113-122.
- Soilan, M., Novoa, A., Sanchez-Rodriguez, A., Justo, A., Riveiro B.**, 2021. Fully automated methodology for the delineation of railway lanes and the generation of IFC alignment models using 3D point cloud data. *Automation in Construction*. Volume 126, 103684.
- Suleymanoglu, B., Gurturk, M., Yilmaz, Y., Soycan, A., Soycan, M.**, 2023. Comparison of unmanned aerial vehicle-LiDAR and image-based mobile mapping system for assessing road geometry parameters via digital terrain models. *Transportation Research Record*, 2677(8), 617-632.
- Toschi I., Rodríguez-González P., Remondino F., Minto S., Orlandini S. ve Fuller A.**, 2015. Accuracy evaluation of a mobile mapping system with advanced statistical methods. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40 (5), 245.
- Zeybek, M.**, 2021. Extraction of road lane markings from mobile LiDAR data. *Transportation Research Record*, 2675(5), 30-47.
- Zeybek, M.**, 2024. Akıllı Telefon iPhone LiDAR Tarayıcısının Altyapı Çalışmalarında Uygulanabilirliği. *Türkiye LiDAR Dergisi*, Cilt: 6 Sayı: 1, 1 – 9.