

Araştırma Makalesi/ Research Article

Türk Arkeoloji ve Etnografya Dergisi, 88, 9-23.

Aizanoi Stadion Batı Tribün Tonozlu Girişlerinin Mobil Destekli LIDAR Sensör ile Dijital Ortama Aktarılması*

Fikret ÖZBAY

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü

Yunus Çağrı SARIKAYA

Aizanoi Kazı Başkanlığı

Yazar Notu

Fikret ÖZBAY ● <https://orcid.org/0000-0001-9004-846X>

Yunus Çağrı SARIKAYA ● <https://orcid.org/0000-0002-2360-4400>

Bu çalışmada kullanılan ekipman ve yazılımlar şunlardır:

- Tek ayak (Monopod) Bağlantılı Telefon Tutucu
- Slik Slim Pod II Monopod 150 cm
- iPhone 14 Pro Max Mobil Telefon
- Polycam Pro Uygulaması
- Autodesk Recap 2024
- Autocad 2020
- MSI GE76 Raider PC
- Sokkia Total Station
- 6 Adet 20 x 20 (Target) hedef/reflektör

Bu çalışmaya Fikret ÖZBAY %50, Yunus Çağrı SARIKAYA % 50 oranında katkı sağlamıştır.

Bu makalede herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur ve yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Bu makale ile ilgili iletişim için Fikret ÖZBAY, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, Kütahya, Türkiye adresine başvurunuz. fikret.ozbay@dpu.edu.tr

* Gönderilme Tarihi: 23 Mayıs 2024, Kabul Tarihi: 11 Temmuz 2024, Yayın Tarihi: 31 Temmuz 2024

Digitalisation of Aizanoi Stadion West Triangle Vaulted Entrances with Mobile Supported Lidar Sensor

Fikret ÖZBAY

Kütahya Dumlupınar University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Archeology

Yunus Çağrı SARIKAYA

Aizanoi Excavation Directorate

Author Note

Fikret ÖZBAY ● <https://orcid.org/0000-0001-9004-846X>

Yunus Çağrı SARIKAYA ● <https://orcid.org/0000-0002-2360-4400>

The equipment and software used in this study are as follows:

- Phone Holder with Monopod Connection
- Slik Slim Pod II Monopod 150 cm
- Iphone 14 Pro Max Mobile Phone
- Polycam Pro Application
- Autodest Recap 2024
- Autocad 2020
- MSI GE76 Raider PC
- Sokkia Total Station
- 6 Pieces 20x20 Target Reflector

Fikret ÖZBAY has contributed 50% and Yunus Çağrı SARIKAYA has contributed 50% to the study.

There is no financial conflict of interest with any institution, organisation or person in the article and there is no conflict of interest between the authors.

For communication regarding this article, please contact Fikret ÖZBAY, Kütahya Dumlupınar University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Archaeology, Kütahya, Türkiye. fikret.ozbay@dpu.edu.tr

Öz

Dijital sensörlerin hızlı gelişimi, diğer bilim alanlarında olduğu gibi arkeolojide de 3 boyutlu tarama yöntemlerinin kullanımını kolaylaştırmaktadır. Farklı tarama teknolojileri sayesinde yüksek hassasiyetli ölçüm, 3 boyutlu modelleme ve nokta bulutu elde etme yoluyla taşınır ve taşınmaz kültürel mirası belgeleme ve koruma yöntemleri zenginleşmekte ve farklı boyutlarda kültür varlıklarının korunması konusunda bu tarama teknolojileri önemli bir rol oynamaktadır. Fotogrametrik çalışmalar, lazer tarama gibi tersine mühendislik teknolojilerinin iş birliği sayesinde, yapıların ve alanların gerçek zamanlı izlenmesi, sayısallaştırma ile mimari çizim, çevresel veri toplama, deformasyon izleme, yapısal güçlendirme ve hasarlı bileşen değiştirme gibi mühendislik ve mimarlık uygulamalarını geliştirip yeniden üretilmesini keşfetme konularındaki teknolojik avantajları göstermektedir. Son yıllarda teknolojik cihazların boyutlarının küçülmesi, yeni mobil uygulamaların gelişmesiyle 3 boyutlu tarama yöntemleri mobil araçlara entegre edilebilmektedir. Işın Algılama ve Mesafe Ölçme (LIDAR) sensörünün uygulanması sayesinde dar alanlarda, farklı bilim dallarının kullanımına imkan sağlanmaktadır. Bu çalışmada mobil araç kullanılarak, arkeologlar tarafından Aizanoi Antik Kenti'nde yer alan Tiyatro-Stadion kompleksindeki batı tribününün giriş kapılarının nokta bulutu ve katı modeli, ölçekli ve koordinatlı olarak, kısa sürede taranmıştır. Girişlerin dijital ikizi oluşturulup kent planına ve dijital ortama aktarılmıştır. Bu makale ile zaman, kullanım kolaylığı ve düşük maliyeti ile örnek bir çalışma olarak arkeoloji projelerine katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: LIDAR, 3-boyutlu model, nokta bulutu, arkeoloji, kültürel miras

Abstract

The rapid progress in digital sensors has facilitated the use of 3D scans in archaeology, as well. By use of different scanning technologies, documentation and preservation methodologies for movable and immovable cultural heritage have been improved via high-precision measurement, 3D modelling and point cloud acquisition. These technologies have begun to play a major role in the preservation of cultural assets at various scales. Photogrammetric studies demonstrate the technological advantages of collaborating with reverse engineering technologies, such as laser scanning. These include real-time monitoring and digitisation of structures and sites, exploring the development and reproduction of engineering and architectural applications e.g., architectural drawing, environmental data collection, decay monitoring, structural strengthening and replacement of deteriorated components. Recently, with the miniaturization of technological devices and the advancement of applications, 3D scanning methods have been integrated into mobile phones. Owing to the availability of Laser Imaging Detection and Ranging (LIDAR) sensors, it has been adapted by different disciplines at narrow spaces. In this study with a mobile device application, the point cloud and solid model of the entrance gates of the western tribune in the Theatre-Stadion complex in the ancient city of Aizanoi were scanned in scale and coordinates by archaeologists quickly, a digital twin has been created and transferred to the city plan and digital environment. This article aims to contribute to archaeological projects as an exemplary study in terms of time efficiency, ease of use and low cost.

Keywords: LIDAR, 3D model, point cloud, archaeology, cultural heritage

Aizanoi Stadion Batı Tribün Tonozlu Girişlerinin Mobil Destekli LIDAR Sensör ile Dijital Ortama Aktarılması

Bu çalışmada Aizanoi Antik Kenti'nin önemli yapılarından biri olan stadionun batı tribün girişlerinin üst mimariden kaynaklı normal ölçü aletleri ile yapılamayan ölçekli plan çizimlerinin LIDAR sensör ile yapılarak plana aktarılması ve uygulamanın yapılaşma aşamaları tartışılmıştır. LIDAR¹, ışık algılayarak ölçme anlamına gelen bir uzaktan algılama yöntemidir. Işın kullanarak lazer vericiden lazer alıcıya geri dönüş süresini hesaplayarak mesafe ölçümü yapan bir sensördür (Luetzenberg ve ark., 2021, s. 4). LIDAR sensörü arkeoloji alanında yeni olmasına rağmen aslında elli yıldan fazla bir süredir diğer alanlarda kullanılmaktadır. LIDAR, doğrudan lazerlerle yapılan optik araştırmalardan türemiştir. İlk olarak yağmur bulutları ile kara arasındaki mesafeyi ölçmek için geliştirilmiş, 1971 yılında gerçekleşen Apollo 15 görevinde ayın yüzey haritalanması ve iniş sistemi için yarar sağlamıştır. Teknolojinin gelişmesi ile uçaklara monte edilerek havadan topografik harita üretiminde kullanılmıştır (Petrie ve Toth, 2008). Maddi olanaklar ve farklı teknolojilerin gelişmesiyle 1990'larda yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde hava sensörleri artık yersel ve mobil LIDAR olarak da günlük hayatta kullanılmaktadır (Kurtak ve Yastıklı, 2018, s. 10). Yersel ve mobil LIDAR, farklı yönlerde hareket ederek obje ile sensör arasındaki mesafenin ölçülmesini gerçekleştirir. Bu sensör son yıllarda ölçüm dışında karada ve havada, 3 boyutlu veri oluşturmak üzere kullanılmaktadır (Sanchez Diaz ve ark., 2022, s. 284). LIDAR sensörü Apple firması tarafından geliştirilerek tablet ve akıllı telefonlara entegre edilmiş ve herkesin kullanabileceği hale dönüştürülmüştür (Luetzenberg ve ark., 2021, s. 1). LIDAR sensör bulunduran Apple cihazlar, fotoğraf çekilmeden önce derinlik ölçümü yaparak haritalama noktaları oluşturmaktadır. Çeşitli yazılımlar LIDAR sensörü ve kamerayı kullanarak 3 boyutlu model ve nokta bulutu programları geliştirmişlerdir. Arkeolojik kazılarda ortaya çıkarılan yapıların rölevesi ve çalışılan alandaki tabakaların koordinatlı 2 boyutlu plan çizimleri farklı yöntemlerle yapılabilmektedir. Bu alanların nokta ölçümleri Total Station ve GNSS (Global Navigasyon Uydu Sistemi) ile yapılmakta ve ortofoto görüntüleri üzerinden çizimleri oluşturulmaktadır. Yersel ve havadan lazer tarayıcılarla uzman kişiler tarafından oluşturulan 3 boyutlu koordinatlı nokta bulutları arkeolojide yüksek verimlilikte kullanılmaktadır. Söz konusu araç ve yazılımların fiyatlarının yüksek olması, hizmet alımı maliyetleri, iş süresi, korumaya yönelik acil müdahalelerde ölçülerin alınmasını zorlaştırmakta ve veri üretiminin uzun sürmesi gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bu olumsuzluklara bir çözüm önerisi olarak, küçük alanlarda mobil araçlar kullanılarak, yazılımların bir arkeolog tarafından kolayca kullanılabilir hale gelmesi sağlanabilir. Böylece kültürel miras öğelerinin kısa sürede dijital ikizleri üretilerek nokta bulutu oluşturulabilir. Verilerin CAD² (Bilgisayar Destekli Yazılım) ortamına koordinatlı bir şekilde aktarılmasıyla hem 2 boyutlu noktalama ile plan üzerinde çizimi gerçekleştirilebilmekte; 3 boyutlu nokta bulutu ve katı model üretimi yapılarak dijital ikizleri arşivlenebilmektedir.

Amaç

Aizanoi Antik Kenti'nde yer alan Stadion'un batı tribünündeki tonozlu girişlerin plan çizimi, 2 boyutlu ana planda üst yapıdan dolayı gösterilememektedir. Bu çalışmada tonozlu girişlerin LIDAR tarama yöntemi ile çizimlerinin ölçekli bir şekilde ana plana aktarılması amaçlanmaktadır.

Mobil yersel LIDAR tarama yöntemi, nesnelerin doğrudan ve hassas bir şekilde üç boyutlu modellerini oluşturan bir teknolojidir (Avdan ve ark., 2023, s. 18). Nesnelerin 3 boyutlu modelleri birçok alanda kullanılmaktadır. Son yıllarda taşınır ve taşınmaz kültürel miras üzerinde de mobil yöntemler ile bu çalışmaların uygulanmasına başlanmıştır. Arkeolojik nitelikteki mimari öğeler ve yapılar da kültürel miraslarımız arasındadır. Bu nitelikteki objeler ve nesneler, toplumların geçmişten günümüze taşıdığı, günümüzde ortaya çıkartılan ve gelecek kuşaklara aktarılacak zengin kaynaklar sunan, korunması gerekli somut varlıklardır (Sarıkaya, 2022, s. 8). Ancak, bu yapılar tahribata açık zenginlikler olarak kabul edilmekte, bu nedenle bir kez kaybedildiklerinde geri getirilmeleri mümkün

1 Light Detection and Ranging

2 Computer Aided Design

olmamaktadır. Bu bağlamda ortaya çıkan sonuç, mevcut arkeolojik yapıların verilerinin veya özelliklerinin belgelenecek korunması gerekliliğidir. Kültürel miras alanını dijitalleşme kavramı ile birleştiren temel sebeplerden biri, korunması gerekli kültür varlıklarına ait verilerin mobil yöntemlerle sayısal formata dönüştürülmesi aracılığıyla sürdürülebilir belgeleme süreçlerinin sağlanabilmesidir. Dijitalleşme kavramının ve teknolojik ilerlemenin son dönemde birçok alanda olumlu gelişmelere katkı sağladığı görülmektedir (Halaç ve Ögülmüş, 2021, s. 523). Örneğin, LIDAR kullanılarak oluşturulan veriler ile çizgisellik analizi yapılarak kapalı ve açık alanlarda deformasyonlar belirlenebilmektedir. Ek olarak, noktalar arası ölçüm, 3 boyutlu nokta bulutu kullanılarak taranan alanın plan, kesit ve haritalarının üretilmesi yapılabilmektedir (Avdan ve ark., 2013, s. 27). Mobil yersel LIDAR tarama yöntemi diğer arkeolojik kazılarda olduğu gibi Aizanoi Antik Kenti'nde yapılan kazılarda da mimari kalıntıların dijital ortama aktarılması için kullanılmaktadır. Bu işlemlerde 2 boyutlu plan çizimleri sağlıklı bir şekilde yapılabilmektedir. Ancak yapılar ve toprak altında kalan oda mezarlar, kapalı galeriler ve mağaralar gibi üstü kapalı alanların genel plana aktarılmasında yeterli detaya ulaşılamamaktadır. Bu makalede Aizanoi Stadion batı tribüne ait tonozlu girişlerinin genel plana sağlıklı bir şekilde aktarılması için uygulanan yöntem paylaşılmaktadır.

Aizanoi Antik Kenti

Aizanoi Antik Kenti, Kütahya ilinin 57 km güneybatısında Çavdarhisar ilçe sınırları içinde yer almaktadır. Strabon'a göre bu kent Phrygia Epiktetos'un önemli kentlerinden biridir (Strabon, MS 7 civarı/2000, Kısım XII, 8, 12). Aizanoi, Tanrı Zeus'tan kaynaklı dinsel kimliğinden ötürü Helenistik Dönem'de öne çıkmaya başlamış; Roma Dönemi ile birlikte gelişimini tamamlamıştır. Helenistik Dönem'de, Bithynia ve Pergamon krallarının Zeus Tapınağı'na bağışladığı topraklar sayesinde kent; siyasi, ekonomik ve kültürel anlamda tapınağın etrafında gelişmiştir (Lochner, 2010, s. 33). Roma Dönemi'nde kente önemli yapılar inşa edilmiştir. Bu önemli yapılardan biri dünya üzerinde örneği görülmeyen Tiyatro-Stadion kompleksidir. Bu yapılar sahne binasını ortak kullanacak şekilde bitişik inşa edilmiştir (Coşkun ve ark., 2024, s. 198).

Aizanoi Antik Kenti'nde Domitianus Dönemi'nde görülen mimari hareketlilik Küçük Asya kentleri arasında ön plana çıkma çabasına yetmese de kent, Hadrianus'un kurduğu Panhellenion Birliği'nin kurucu üyelerinden biri olma başarısı göstermiştir. Aizanoilü Marcus Ulpius Appuleius Eurykles, kenti temsilen MS 154 ile 157 yılları arasında bu birliğin Atina'daki oturumlarına katılmıştır. Marcus Ulpius Appuleius Eurykles'in kente dönüşünün ardından Aizanoi'da yeni bir yapılanma hareketine önderlik etmiştir (Ateş ve Rheidt, 2007, s. 235). Hadrianus ile yoğunlaşan ilişkiler Antoninus Pius'un imparatorluğu sırasında gelişerek devam etmiş; kentin siyasi, ekonomik ve nüfus değişimleri olumlu yönde hızlanmıştır (Türkan, 2021, s. 515-516). Bu dönemde kent yeni bir yapılanma sürecine girmiştir.

Aizanoi Stadion Batı Tribün

Kentin kuzeybatısındaki Tiyatro-Stadion kompleksi, Erken İmparatorluk Dönemi'nde Aizanoi'da başlayan kentsel yapılanma sürecinin en önemli parçası ve kentteki en büyük yapı kompleksidir. Stadion ve tiyatronun arasında bulunan yapısal ve işlevsel bağlantılar, bu ikisinin beraber tasarlandığını göstermektedir. Rohn, her iki yapının inşasının altı yapı evresinde tamamlandığını belirtmektedir. İlk iki yapı evresinde tiyatroya ağırlık verildiği, üçüncü yapı evresinde stadionun büyük ölçüde tamamlandığı, son evrede ise özellikle stadionda öngörülen planın aksine basit eklemeler yapıldığı görülmektedir (Rohn, 2008a, s. 35, çiz. 102).

Yapı kompleksi, Zeus Tapınağı ile birlikte kentin festivalleri için kullanılmıştır. Daha sonra, hemen yakınındaki Hamam- Palaestra kompleksi sayesinde özellikle stadionun işlevi daha da gelişmiştir (Rohn, 2008a, s. 22-23; Rohn, 2008b, s. 176-177). Aizanoi stadionu (Hoffmann, 1988, s. 305-318; Hoffmann, 1990, s. 261-274; Hoffmann ve Rheidt, ve ark., 1992, s. 325 Naumann, 1984, s. 382-383; Naumann, 1985, s. 311-314, 317) alçak tribün yapısıyla Anadolu'daki çağdaşı diğer stadionlardan ayrılmakta olup bilinçli bir şekilde eski köklü geleneğe bağlı

kalınarak inşa edilmiştir (Ateş ve Rheidt, 2007, s. 235). Stadion tribünleri, her iki tarafta da 215 m uzunluğundadır. Oyun alanının en dar kısmı 29,60 m, en geniş olan merkezi ise 41,90 m'dir. Yapı mimarisi her iki tarafta da orta kısımda dışa doğru kavis yapmakta, bu kavis oturma sıralarında da gözlemlenmektedir. Yapının ortasında oluşan bu genişleme, oyun alanının da büyümesine sebep olmuştur. Her iki tribün de doğrudan tiyatronun sahne binasına bitişik inşa edilmiş ve zemin katın mermer cephesiyle birleşmektedir. Doğu ve batı tribünler farklı plana sahiptir. Batı tribününün üst oturma bölümü sahne yapısından başlayarak alt oturma bölümünün ortalarına kadar ilerlemekte ve orta kısımda locaların yer aldığı giriş yapısına dayanmaktadır. Giriş yapısıyla kesintiye uğrayan üst oturma bölümü, güneyde giriş yapısına yaslanarak devam etmiştir. Doğu tribününde ise üst oturma bölümü, alttaki oturma sıralarının orta kısmında yer almaktadır ve uzunluğu batıdaki örneğe göre oldukça kısadır. Batı tribününde soylular için yapılmış localar bulunurken doğu tribünde bu tip bir mekân grubu yoktur (Rohn, 2008, s. 23-24).

Makalenin konusunu oluşturan giriş yapısı (Şekil 1), batı tribününü kuzey ve güneyde iki bölüme ayırmaktadır. Güney bölümdeki tribünler 12,40 m genişliğindedir. Tribünlerin batıdaki dış duvarı kireç taşından inşa edilmiştir ve 2,10 m kalınlığındadır. Giriş yapısının alt katı, dış cepheden de görülebilen üzeri tonozlu koridorlu girişlere sahiptir ve ortadaki giriş uzunlamasına bir salona açılmaktadır. Bu salonun sağında ve solunda iki küçük oda bulunmaktadır. Odalar, dışarıdan stadionun oyun alanına erişimi sağlamaktadır. Ortadaki ana giriş dışında farklı odalara açılan iki küçük giriş daha bulunmaktadır. Stadionun oyun alanına bakan cephesinde toplam üç giriş bulunmaktadır. Stadion girişlerinin hiyerarşik bir düzene göre planlanıp uygulandığı değerlendirilmektedir (Rohn, 2008, s. 49-51) (Şekil 2). 1980'li yıllardan beri stadiona yapılan kazı çalışmaları batı tribünde yoğunlaşmıştır. Önceki çalışmalarda, bu yapıya ait restitüsyon çalışması Rohn tarafından yapılmıştır (Rohn, 2008a, s. 35) (Şekil 3). Yapının oyun alanı olarak kullanılan orta bölümü ve doğu tribünlerin küçük bir bölümü kazılmıştır. Önümüzdeki yıllarda yapılacak kazılarla birlikte stadionun yapı bütünlüğüne kavuşması, restorasyon ve konservasyon uygulamaları ile de kullanıma açılması planlanmaktadır.

Yöntem

Aizanoi Antik Kenti gibi büyük mimari yapılar barındıran arkeolojik kazılarda mimari çizim ekibi plan çizimlerini farklı lokasyonlarda sabit koordinat noktalarına "Geriden Kestirme" yöntemiyle bağlanarak ya da GNSS cihazı ile noktalama çalışması yaparak, İnsansız Hava Aracı (İHA), yersel fotogrametri ve lazer tarayıcılardan alınan veriler ile yapmaktadır. Bu çizimler; seviye, dönem, yapı ve mimari elemanların farklı renklerde gösterildiği lejantlar kullanılarak CAD ortamında plan kare sistemine aktarılmaktadır. Belgeleme çalışmaları için İHA ya da yersel fotoğrafı ile görüntüler kaydedilmektedir. Bu çalışmada mobil LIDAR ve Total Station cihazı ile stadion batı tribün alt girişlerinin ölçekli ve koordinatlı dijital ikizi oluşturulmuştur. Tonozlu girişlerin koordinatlı şekilde genel plana işlenebilmesi ve detayların ölçekli bir şekilde dijital ortama aktarılması için Total Station cihazı ile iki farklı noktadan oturma açılması sonrasında, stadion alanı içerisindeki iki sabit poligon noktasına geriden kestirme ile bağlanılmıştır. Yapının üzerine belli aralıklarla homojen şekilde altı adet 20 x 20 cm boyutlarındaki (Target) hedef/reflektörler konumlandırılmıştır. Total Station cihazının lazer ışınıyla nokta ölçümü yapılarak nokta alımı tamamlanmıştır (Şekil 4). Mobil cihazlara entegre edilen LIDAR sensörünün nesneyi algılama mesafesi 5 m olduğu için, jalon görevi gören uzatıcı tek ayak (monopod) yardımı ile bu mesafe yaklaşık 150 cm daha artırılarak dikeydeki taramada maksimum verimlilik sağlanmıştır (Kuçak ve ark., 2023, s. 39) (Şekil 5). iPhone marka 14 Pro Max model akıllı telefon üzerinden Polycam³ uygulaması ile on iki dakikada yürüyerek tarama gerçekleştirilip (Şekil 6) veri toplanmıştır. Ham veri dokuz dakikalık işleme (processing) süresi sonrası '.LAS' formatında dışarı aktarılmıştır (export). Autodesk Recap⁴ programı ile açıldıktan sonra (Şekil 7) gerekli nokta temizliği yapıp '.RCP' ve '.RCS' formatı ile yeniden dışarı aktararak AutoCad⁵ programında işlenebilecek formata dönüştürülmüştür.

3 Polycam Software. Available online: <https://poly.cam/> (ücretli abonelik başlangıç 22.01.2024)

4 Autodesk ReCap Pro 2024 Education & Student Access

5 Autodesk AutoCAD 2022 Education & Student Access

AutoCAD 2020 ‘Nokta bulutu ekle’ sekmesi ile ‘.rcp’ dosyası açılarak, total station ile ulusal koordinat sistemine bağlı nokta okuması yapılan hedef/reflektör noktaları çakıştırılmıştır. Böylece stadion batı tribün tonozlu galerilerine ait olan nokta bulutu dünya üzerindeki orijinal koordinatlarına getirilmiştir (Şekil 8). Bağlama noktası olan hedef/reflektörler ve sabit noktalar işaretlendikten sonra, nokta bulutu verisi ve tribüne ait tonozlu galerilerin plan görüntüsü koordinatlı bir şekilde Aizanoi Stadion planına (Coşkun ve ark., 2022, s. 419-440) aktarılmıştır (Şekil 9). Batı tribün tonozlu girişlere ait plan, katı model görüntüsü (Şekil 10) ve plan çıktısı da üretilmiştir (Şekil 11). Ayrıca yapının 3 boyutlu katı modeli Sketchfab platformunda ve nokta bulutu animasyonu QR kod ile gösterilmiştir (Şekil 12).

Sonuç

Son yıllarda arkeolojik projelerde, teknolojinin ilerlemesi ve uygun fiyatlı yazılım ve cihazların yaygınlaşmasıyla belgeleme işlemleri daha kaliteli ve hızlı hale gelmiştir. Arkeolojik çalışmalarda kullanılan fotogrametrik yöntemler ile basit fotoğraf makinesinden elde edilen görüntüler sayesinde katı modeller oluşturulup dijital arşivde belgelenmektedir. Bu çalışmada, büyük ölçekli arkeolojik yapıların ve üstü kapalı alanlara ait koordinatlı verilerin toplanarak harita üzerinde gösterilmesi plan, kesit çizimlerinin oluşturulması ve dijital ikizlerinin arşivlenmesi hedeflenmiştir. Bunun yanı sıra oldukça küçük boyutlara sahip bir teknoloji ile kazı alanlarında farklı yer kontrol noktaları belirlenerek koordinatlandırılıp farklı yazılımlar aracılığıyla *veri işleme süreçleri* (processing) sonrası CAD ortamına aktarılarak, uzmanlık gerektirmeyen şekilde mimari çizim, 2 boyutlu plan çizimleri de yapılabileceği bu çalışma ile ortaya konmuştur. İlaveten kültür varlıklarının dijital ikizlerinin farklı yöntemlerle arşivlenmesinin sağlanabileceği gösterilmiştir. Makalede incelenen Aizanoi stadion batı tribüne ait tonozlu girişler özellikle seçilmiştir. Uygulanan dijital tarama ve yapılan ölçümlerle oturma basamaklarının altında kalan girişler +/- 15 mm hata payı ile ana plan üzerinde gösterilebilmiştir. Yukarıda ayrıntılı şekilde anlatılan işlemlerle açık arazi dışında toprak ve yapıların altında kalan mağara, sarnıç vb. kalıntıların koordinatlı verileri, plan ve harita üzerine hızlı bir şekilde aktarılabilen ve 3 boyutlu modelleme ile belgeleme çalışmaları yapılabilmektedir. Önerilen yöntemin özellikle yüzey araştırmalarında önemli kolaylık sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- Ateş, G ve Rheidt, K. (2007). Aizanoi 2005 ve 2006 yılı çalışmaları. 29. *Kazı Sonuçları Toplantısı*, 2, 227-242.
- Avdan, U., Pekkan, E. ve Çömert, R. (2013). Mağara ölçümlerinde yersel lazer tarayıcıların kullanılması (Tozman Mağarası örneği). *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2),16-28
- Coşkun G., Özbay F. ve Çevirici Coşkun F. (2023). Aizanoi 2021. 42. *Kazı Sonuçları Toplantısı*, 2, 419-440.
- Coşkun G., Özbay F., Çevirici Coşkun F. ve Usta H. (2024). Aizanoi 2022. 43. *Kazı Sonuçları Toplantısı*, 5, Ankara, 185-206.
- Halaç, H. H. ve Öğülmüş, V. (2021). Kültürel miras verilerinin dijital olarak depolanması: Openheritage3d örneği. *The Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 11 (2), 521-540.
- Hoffmann A. (1988). Aizanoi 1987, Arbeiten im stadion. 10. *Kazı Sonuçları Toplantısı*, 2, Ankara, 305-318.
- Hoffmann A. (1990), Aizani 1988, Arbeiten im stadion. 11. *Kazı Sonuçları Toplantısı*, 2, Ankara, 261-274.
- Hoffmann A. ve Rheidt K. (1992). Die ausgrabungen in Aizanoi 1990. 13. *Kazı Sonuçları Toplantısı*, 2, Ankara, 323-340.
- Kuçak, R. A., Erol, S. ve Alkan, R. M. (2023). iPad Pro LiDAR sensörünün profesyonel bir yersel lazer tarayıcı ile karşılaştırmalı performans analizi. *Geomatik*, 8 (1), 35-41.
- Kurtak, A.B. ve Yastıklı, N. (2018). Tam dalga boyu LIDAR verileri ile bitki örtüsü sınıflandırma olanaklarının araştırılması. *VII. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2018)*, 1-10.
- Lochner, I. (2010). Der siedlungshügel von Aizanoi in vorrömischer Zeit. *Aizanoi und Anatolien* (K. Rheidt, Ed.). Philipp Von Zabern, 23-37.
- Luetzenburg, G., Kroon, A. ve Bjørk, A.A. (2021). Evaluation of the Apple iPhone 12 Pro LIDAR for an application in geosciences. *Sci Rep. II*(1), 1-9.
- Naumann, R. (1984). Ausgrabungen in Aizanoi 1983. 6. *Kazı Sonuçları Toplantısı*, 379-390.
- Naumann, R. (1985). Ausgrabungen in Aizanoi 1984. 7. *Kazı Sonuçları Toplantısı*, 311-321.
- Petrie, G. ve Toth, C.K. (2008). Introduction to laser ranging, profiling and scanning. *Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing*, Florida CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 1-28.
- Rohn, C. (2008a). *Der theater-stadyum-komplex von Aizanoi, von der fakultat architektur*. Bauingenieurwesen und Stadtplanung der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus zur Erlangung Des Akademischen Grades Eines Doktor-Ingenieurs Genehmigte Dissertation.
- Rohn, C. (2008b). Olypisches in Aizanoi griechisches in den Anatolischen bergen austausch und inspriation kulturkontakt als impuls architektonischer innovation; Kolloquium Vom 28. - 30.4.2006 in Berlin Anlässlich des 65. Geburtstages Von Adolf, Diskussionen. *Zur Archäologischen Bauforschung*, 9, Philipp Von Zabern, 174-183.
- Sanchez Diaz, B., Mata-Zayas, E. E., Gama-Campillo, L. M., Rincon-Ramirez, J. A., Vidal-Garcia, F., Rullan-silva, C. D., ve Sanchez-Gutierrez, F. (2022). LIDAR modelling to determine the height of shade canopy tree in cocoa agrosystems as available habitat for wildlife. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 7(3), 283-293.

- Sarıkaya, Y. Ç. (2022). *Kültürel miras alan yönetimi kapsamında Doğu Sandal ve Eşek Deresi vadilerindeki (Erdemli, Mersin) tarihöncesi mağara ve kaya oyuklarının değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi.
- Strabon (2000). *Antik Anadolu coğrafyası (kitap XII-XIII-XIV)* (A. Pekman, Çev.). Arkeoloji ve Sanat Yayınları. (Orijinal eser MS 7 civarında yazılmıştır)
- Türkan A. (2021). MS II. yüzyılda Aizanoi-Roma ilişkileri: Tasfiye ve yeni düzen. *ARCHIVUM ANATOLICUM*, 15 (1), 513-537.

Şekiller

Şekil 1

Aizanoi Tiyatro Stadion Kompleksi ve Batı Tribün (Foto: Y. Ç. Sarıkaya-Aizanoi Kazı Arşivi)



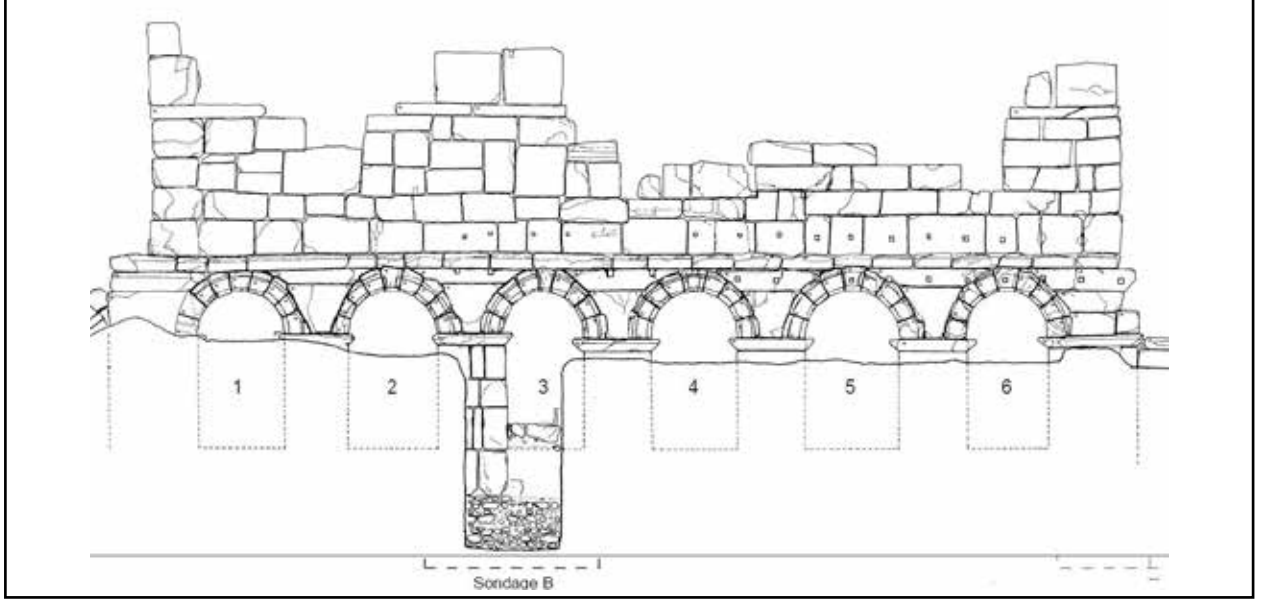
Şekil 2

Batı Tribün Tonozlu Girişler (Foto: Y. Ç. Sarıkaya-Aizanoi Kazı Arşivi)



Şekil 3

Stadion Batı Tribün Girişleri Ön Görünüş (Çizim: Rohn, 2008a, s. 35, Çizim 102)

**Şekil 4**

Total Staion Lazer Ölçümü Target Lokasyonları (Foto: Y. Ç. Sarıkaya-Aizanoi Kazı Arşivi)



Şekil 5

İphone 14promax, Monopod Bağlantı Aparatı ve Monopod ile Tarama İşlemi (Foto: Y. Ç. Sarıkaya-Aizanoi Kazı Arşivi)



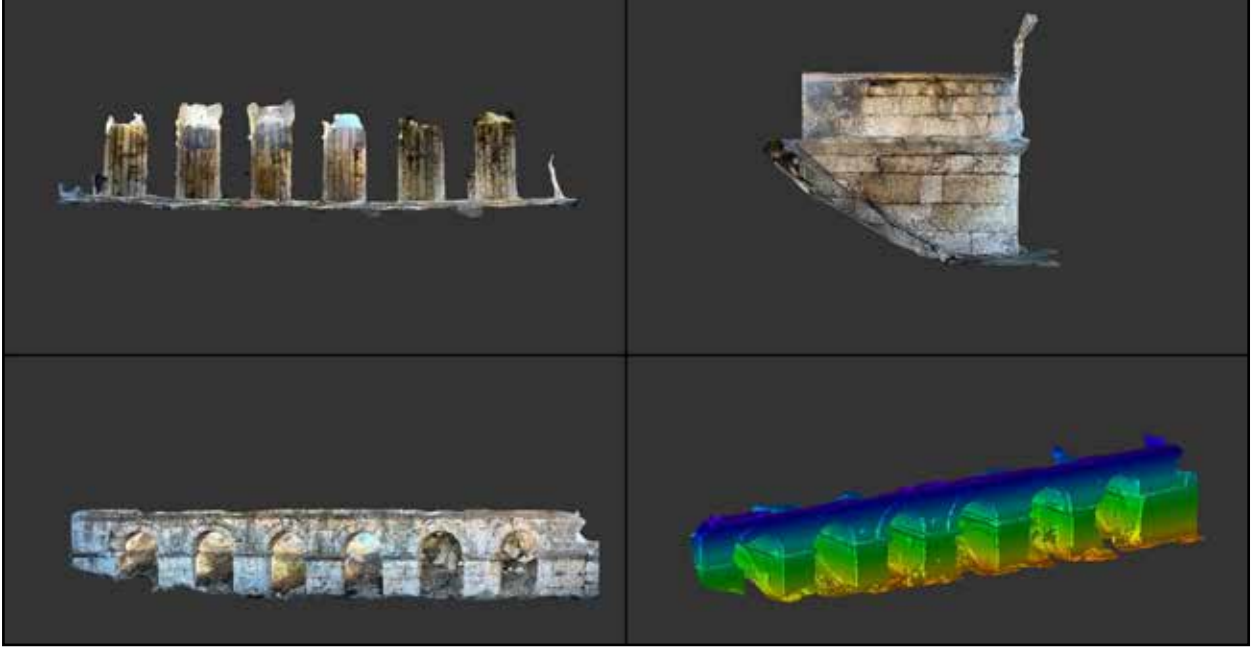
Şekil 6

İphone 14 Pro Max ve Polycam Pro Uygulaması ile Tarama İşlemi (Foto: Y. Ç. Sarıkaya-Aizanoi Kazı Arşivi)



Şekil 7

Recap Pro 2024 ile Açılan Nokta Bulutu (Plan-Yan Görünüş- Ön Görünüş-Dem)

**Şekil 8**

Nokta Bulutunda Bulunan Target Noktalarının Çakıştırılması (Çizim: E. Aktaş- Aizanoi Kazı Arşivi)



Şekil 9

Stadion Batı Tribün Nokta Bulutu ve Açık Mavi Çizilen Plan Detayları (Çizim: E. Aktaş-Aizanoi Kazı Arşivi)



Şekil 10

Stadion Batı Tribün 3 Boyutlu Katı Model Görünümü



Şekil 11

Stadion Batı Tribün Tonozlu Girişlere Ait Ölçekli Plan Çıktısı



Şekil 12

Stadion Batı Tribün Tonozlu Girişlere Ait Animasyon ve Sketchfab Verisi

