TARİHİ YAPILARIN BELGELENMESİNDE FARKLI YÖNTEMLERLE ELDE EDİLEN VERİLERİN ENTEGRASYONU

Serhan TUNCER¹, Resul ÇÖMERT², Uğur AVDAN³

¹Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzak Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, serhantuncer@anadolu.edu.tr

²Arş. Gör., Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, rcomert@gumushane.edu.tr

³Doç. Dr., Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzak Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, uavdan@anadolu.edu.tr

ÖZET

Gelişen teknoloji sayesinde ortaya çıkan ileri teknoloji belgeleme yöntemleri, kültürel mirasın belgelenmesinde öne çıkmaktadır. Bu yöntemlerin sağladığı hız ve hassasiyet, konvansiyonel yöntemlerin pek çok olumsuz etkisini ortadan kaldırılmasının yanı sıra kısa sürede çok fazla veri toplanmasını da kolaylaştırmaktadır. Ancak bu ileri teknoloji belgeleme yöntemlerinin tek başlarına yetersiz kaldığı durumlar da söz konusudur. Her belgeleme yönteminin kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu kapsamda, örnek bir bina için, insansız hava aracı verilerinden üretilen nokta bulutları ile yersel lazer tarayıcıdan üretilen nokta bulutunun entegrasyonu yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak doğru uzaktan algılama sistemlerinin bir arada kullanılması ile elde edilen verilerden üretilen bütüncül modellerin, kültür varlıklarının belgelenmesinde önemli eksiklikleri karşıladığı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: belgeleme, fotogrametri, İHA, kültür varlıkları, yersel lazer tarama

ABSTRACT

INTEGRATION OF DATA OBTAINED BY DIFFERENT METHODS IN DOCUMENTATION OF HISTORICAL CONSTRUCTIONS

The advanced documentation methods emerging from the developing technology stand out in the documentation of the cultural heritage. The rapidity and accuracy of these methods not only eliminate many negative effects of conventional methods, but also facilitates the collection of very large amounts of data in a short period of time. However, there are conditions where these advanced documentation methods are inadequate on their own. Each documentation method has advantages and disadvantages. In this study, the integration of data obtained by using more than one method is emphasized. In this context, the point clouds produced from the unmanned aerial vehicle data and the point cloud generated from the terrestrial laser scanner were integrated for a sample building and the results were evaluated. As a result, it has been attempted to show that the integrated models produced from the data obtained by using the correct remote sensing systems supply important deficiencies in the documentation of cultural heritages.

Keywords: documentation, photogrammetry, UAV, cultural heritage, terrestrial laser scanning

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze ışık tutan kültürel ve arkeolojik eserler gerek insan gerekse doğa olaylarından dolayı ya yok olmakta ya da çok büyük hasarlara uğramaktadır. Bu nadide eserlerin korunması, gerektiğinde yeniden inşa edilmesi ve gelecek nesillere aktarılması için hızlı bir şekilde belgelenmesi gerekmektedir. Türkiye, tarih boyunca farklı kültürlerle ve inanışlara sahip medeniyetlerin ev sahipliğini yapmıştır. Bundan dolayı ülkemizin birçok yerinde bu medeniyet ve toplumlardan kalan kültürel mirasları görmek mümkündür. Kültür ve Turizm Bakanlığının 2017 yıl sonu verilerine göre ülkemizde kayıtlı 106.359 adet taşınmaz kültür mirası vardır (www.kulturvarliklari.gov.tr). Ancak henüz değeri anlaşılmamış ya da devlet tarafından onaylanmamış kültür mirası bu rakamın çok üzerindedir. Bu değerler her ne kadar belgelenerek korunmaya çalışılsa da günümüze kadar var olan sayının çok küçük bir yüzdesi ancak belgelenmiştir. Bunun en büyük nedeni; belgeleme çalışmalarındaki zaman kısıtlılığı, mevcut yöntemlerin yavaş ve pahalı olması ve belgeleme alanında yetişmiş eleman sayısının yetersizliği oluşturmaktadır (Çabuk ve Alanyalı, 2009).

Kültürel miras alanlarında yersel ölçme yöntemleri kullanılarak çok hassas belgeleme çalışmaları yapılabilmektedir. Ancak bu yöntemler ile yapılan belgeleme çalışmaları, çok zaman almakta, çalışma esnasında fazla insan gücüne ihtiyaç duymakta ve bundan dolayı maliyet artmaktadır. Bunlara ek olarak yersel yöntemlerle yapılan çalışmalarda, alanlara fiziksel temasın söz konusu olmasından dolayı mirasa zarar verebilme olasılığı da artmaktadır. Bu nedenlerle gelişen teknoloji sayesinde ortaya çıkan ileri teknoloji belgeleme yöntemleri, kültürel

mirasın belgelenmesinde öne çıkmaktadır. Ancak bu ileri teknoloji belgeleme yöntemlerinin tek başlarına yetersiz kaldığı durumlar da söz konusudur. Bu çalışmada birden fazla yöntemin kullanılmasıyla elde edilecek sonuçların entegrasyonu üzerinde durulmuştur.

İnsansız hava araçları ile ülkemizde farklı meslek disiplinlerinin ihtiyaç duyduğu sayısal arazi modelleri, ortofoto görüntüler ve nokta bulutları hassas ve hızlı bir şekilde üretmek mümkündür. Mimari ve arkeolojik belgeleme açısından düşünüldüğünde; İnsansız hava araçları ile yapıların üst örtüsü hassas ve hızlı bir şekilde belgelenebilirken, yapının yan yüzeyleri belgelenememektedir. Yersel lazer tarama yöntemi ile yapılara ait yan yüzeylerin belgelenmesi yapılabilmektedir fakat bu yöntemde de yapıların üst örtüleri yapı dışından belgelenememektedir. Bu yüzden yapılara ait üç boyutlu (3B) modeller tam ve doğru bir şekilde elde edilememektedir. Bu çalışma kapsamında iki yöntemin entegrasyonu sağlanmıştır. Bu sayede yapıların duvar kalınlığı, kubbe eti kalınlığı, üst ve yan cephe verileri gibi tek yöntemle elde edilemeyecek bilgiler entegre edilmiş 3B modellerden elde edilebilmektedir. İki yöntemde de yapıya fiziksel olarak hiçbir şekilde temas edilmediği için herhangi bir zarar verilmemektedir. Elde edilen 3B modeller kültür varlıklarının dijital ortamda bütün ve birebir boyutlarında saklanmasına olanak tanımaktadır. Bu sayede kültür varlıklarının korunmasının yanında ileriye dönük yapılacak bilimsel çalışmalara doğru ve ulaşılabilir altlık sağlanmış olmaktadır.

Uzaktan algılama yöntemleriyle veri toplama ve entegrasyon üzerine yapılmış pek çok çalışma literatüre kazandırılmıştır. Genellikle kullanılan İHA'lar uzun mesafeli ve yüksek çözünürlüklü sistemler olduğu için de ağırlıklı olarak geniş alanların belgelenmesinde yararlanılan çalışmalar ağırlık kazanmaktadır. Örneğin; Aicardi ve diğerlerinin yaptığı çalışmada iki sistem verileri orman modellemesi için kullanılmıştır(Aicardi, 2016). Tong ve diğerlerinin çalışmasında ise açık maden alanlarının modellemesinde bu iki sistem verileri kullanılmıştır(Tong Xiaua, 2015). Konuyla ilgili yapılan literatür taramasında kültür varlıkları ile ilgili tek çalışma Reiss ve diğerlerinin gerçekleştirdiği çalışmadır (Reiss M., 2016). Burada İspanya'daki Sao Miguel kalıntıları belgelenmiş ancak bu çalışmada kalıntıların geniş bir alana dağılmış olmasından dolayı İHA teknolojisi tercih edilmiştir.

Bu çalışma için seçilen Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü binası, hem insansız hava aracı hem de yersel lazer tarayıcı ile belgelenmiş ve verilerin entegrasyonu üzerinde çalışılmıştır. Yer seçiminde Enstitü binasının üst örtüsündeki kubbe ve kırma çatı gibi farklar etkili olmuştur.

2. YÖNTEM

Çalışma alanına ait verilerin elde edilmesinde 2 farklı yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemler insansız hava aracı ile yapının üst örtü bilgilerinin elde edilmesi, diğer ise yersel lazer tarayıcı ile yapının yan cephelerinin elde edilmesidir.

2.1. İnsansız Hava Aracı ile Belgeleme

Çalışmanın en önemli aşamalarından birisini uçuş planı oluşturmaktadır. Çalışmanın başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için fotoğraf çekiminin hangi yükseklikten, ne kadar hızla ve ne kadar zaman aralığında yapılacağı, alanı temsil etmek için kaç kolon olacağı ve her kolonda kaç fotoğraf çekileceği uçuş planlaması aşamasında belirlenmektedir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen uçuş planlaması Emotion -3 yazılımında yapılmıştır. Bu aşamada enine bindirme oranı %70 boyuna bindirme oranı %65 olarak belirlenmiştir. Uçuş işleminde çekilecek görüntülerin yer örneklem aralığı 3.5 cm, uçuş yüksekliği de 140 metre olarak planlanmıştır.

Hazırlanan uçuş planlamasına göre Emotion-3 yazılımı kontrolü ile uçuş işlemi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan İHA sistemi RTK bazlı ölçüm yapma kapasitesine sahip olduğundan uçuş öncesi Javad GNSS alıcısı sabit olarak kurulmuş ve koordinatları Emotion -3 yazılımında tanımlanmıştır. İHA üzerinde var olan GNSS/IMU sistemi sayesinde her bir fotoğrafın orta noktasına ait koordinatlar ve fotoğraf çekim aşamasındaki İHA dönüklükleri uçağın içindeki sabit diske kayıt edilmektedir. Bu bilgiler uçuş sonrası bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Ayrıca çekilen fotoğraflar da kamera sisteminde yer alan bellek üzerine kayıt edilmekte ve uçuş sonrası bilgisayara aktarılmaktadır. Alana ait fotoğraflar 8 dakikalık bir süre içinde çekilmiş ve toplamda 79 adet fotoğraf elde edilmiştir (Şekil 1).

Şekil 1. İHA ile üretilmiş nokta bulutu ve katı model verileri.

İnsansız hava aracı ile elde edilen fotoğraflar ve fotoğraflara ait konum ve dönüklük bilgileri işlenmesi PIX4D Masaüstü yazılımı aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Veri işleme aşamasında aşağıdaki adımlar takip edilmiştir.

- Uçuş işleminden sonra fotoğraflar, konum ve dönüklük bilgilerini içeren dosyalar bilgisayar aktarılır.
- Değerlendirme yazılımında yeni bir proje oluşturulur.
- Oluşturulan projede, veri dosyaları seçilir.
- Seçilen veriler otomatik olarak programa yüklenir.
- Verilerin programa yüklenmesinin ardından dış yöneltme parametrelerinin hesaplanabilmesi için art arda çekilen fotoğraflarının stereo modellerinde birbirine eş olan objeler otomatik olarak program tarafından belirlenir.
- Görüntü eşleştirme algoritmaları kullanılarak bu noktalarla eşleştirilir.

Eşleştirilen noktalar değerlendirme yazılımından otomatik olarak kontrol noktası ve bağlantı noktası olarak kullanılır. Kullanılan bu noktalar ışın demetleri ile dengelenmesi yapılarak fotoğrafların koordinatlarına gerekli düzeltmeler getirilir.

Veri işleme sonucunda çalışma alanına ait nokta bulutu katı model ve ortofoto görüntü ve sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir (Şekil 2Şekil 3Şekil 4Şekil 5).

Şekil 2. Nokta bulutu.

Şekil 3. 3 boyutlu katı model.

Şekil 4. Ortofoto görüntüsü.

Şekil 5. Sayısal Yükseklik Modeli.

2.2. Lazer Tarama Veri Elde Etme Yöntemi

Çalışma kapsamında araziden veri toplamak için Riegl marka VZ-2000 model 3B lazer tarayıcı kullanılmıştır. Bu lazer tarayıcı, lazer ışını gidiş geliş zamanı ilkesine göre çalışmaktadır. Normal ışık ve yansıtma şartları altında 50 metre mesafede 5 mm hassasiyete sahip ve 1 - 2000 metre arasında ölçüm yapabilmektedir. Tarayıcıdan çıkan lazer ışını yakın kızılötesi ve $0.7 \mu\text{m} - 1.3 \mu\text{m}$ arasında değişen dalga boyuna sahiptir. Tarayıcı 100° düşey eksen

ve 360° yatay eksen yönünde dönme kabiliyetine sahiptir. Cihazın açisal çözünürlüğü 0.001° değerine kadar artırılabilip, saniyede 1,5 milyon nokta verisi elde edebilme kapasitesine sahiptir.

Yapıya ait verilerin toplanması aşamasında, sağlıklı verilerin elde edilebilmesi için öncelikle lazer tarayıcının kurulacağı istasyon yerleri belirlenmiştir. Belirlenen istasyon yerlerine cihaz kurularak yapılara ait 3 boyutlu nokta verisi toplanmıştır (Şekil 6). Farklı istasyonlardan elde edilen verilerin birleştirilmesi için çalışma alanına uygun şekilde dağılmış reflektörler yerleştirilmiştir. Bu aşamada arazide yapılan çalışma esnasında yerleştirilmiş ve farklı pozisyonların birleştirilmesinde kullanılan reflektörlerin, İHA verileri ile birleştirilmesi amacıyla da kullanılabilmesi için Total Station cihazı ile ayrı bir ölçüm daha yapılması gerekmektedir. Bu aşamada yapının cephesini gören bir noktanın konumu Javad marka Triumph-1M 864 Kanal GNSS alıcısı ile WGS 1984 / UTM Zone 36N koordinat sisteminde tespit edilmiştir. Tespit edilen bu noktaya yerleştirilen Trimble marka Total Station yardımı ile bahsedilen reflektörlerin konumsal ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Şekil 6. Lazer tarayıcı ile üretilmiş nokta bulutu.

3. ENTEGRASYON

İnsansız Hava Aracı ve Yersel Lazer Tarayıcı ile elde edilmiş nokta bulutu verileri öncelikle aynı koordinat sistemine taşınmıştır. Bu aşamada Lazer tarama ile elde edilen nokta bulutu verisi, GNSS ve Total Station ile ölçülen reflektörler kullanılarak WGS1984 / UTM Zone36N koordinat sistemine taşınmıştır. Ardından gerekli veri temizlemesi yapılarak “.las” formatında çıkış alınarak veri **Autodesk ReCap** yazılımına aktarılmıştır. Ardından İHA ile elde edilen veriler de “.las” formatında çıkış alınarak aynı yazılıma aktarılmıştır. Bu aşamada İHA’dan alınan çıkış verisi, sadece üst örtüyü kapsayacak şekilde temizlenmiştir (Şekil 7).

Şekil 7. Entegre edilmiş nokta bulutu.

4. SONUÇ

Çalışma sonucunda insansız hava aracı ve yersel lazer tarayıcı ile elde edilen verilerin başarı ile birleştirilebildiği ortaya konulmuştur. Ön çalışma için tercih edilen yapı İHA’nın uçurulmasına oldukça elverişli bir bölgede bulunmaktadır. Ancak kültür varlıklarının hatırı sayılır bir kısmının kent dokusu içerisinde bulunduğu düşünüldüğünde, kullanılan İHA sisteminin yerine dikey iniş kalkış yapan ve uzaktan kumanda ile kontrol edilebilen bir sistemin kullanılması daha uygun olacaktır.

Yapılan bu belgeleme çalışması sayesinde kültür varlıklarının hiçbir kör alan bırakmadan bütüncül modelleri oluşturulabilmekte ve bu modeller kullanılarak hacim akustiği, aydınlatma ve yapı statiği gibi pek çok analizin minimum hata ile elde edilmesi sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

Aicardi, I., Dabove, P, Lingua, A., Piras, M., 2016. Integration between TLS and UAV photogrammetry techniques for forestry applications. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 10(1): e1-e7.

Çabuk, A. ve Alanyalı, F., 2009. *Kültür varlıklarının belgelenmesi*. Anadolu Üniversitesi.

Reiss M., R.S.d.R., vd., 2016. DATA INTEGRATION ACQUIRED FROM MICRO-UAV AND TERRESTRIAL LASER SCANNER FOR THE 3D MAPPING OF JESUIT RUINS OF SÃO MIGUEL DAS MISSÕES. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*: 315-321.

Tong Xiaua, X.L., Peng Chen, vd., 2015. Integration of UAV-Based Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning for the Three-Dimensional Mapping and Monitoring of Open-Pit Mine Areas. *Remote Sensing*: 6635-6662.