

[1050]

# YERSEL LAZER TARAYICI VE İHA SİSTEMLERİNDEN ELDE EDİLEN VERİLERİN 3B MODELLEMEDEKİ HASSASİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI: SOMUNCU BABA KÜLLİYESİ ÖRNEĞİ, AKSARAY

Müge AĞCA<sup>1</sup>, Efdal KAYA<sup>2</sup>, H. Murat YILMAZ<sup>1</sup>, Fatih ADIGÜZEL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Yrd. Doç. Dr., Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68000, Aksaray, [mugekaan@gmail.com](mailto:mugekaan@gmail.com)

<sup>2</sup>Aksaray İl Özel İdaresi, Coğrafi Bilgi Sistemleri Birimi, 68000, Aksaray, [kayaefdal@gmail.com](mailto:kayaefdal@gmail.com)

Prof. Dr., Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68000, Aksaray, [hmuraty@gmail.com](mailto:hmuraty@gmail.com)

<sup>3</sup>Öğretim Görevlisi, Burdur Gölhisar Meslek Yüksekokulu, Coğrafi Bilgi Sistemleri Bölümü, 68000, Aksaray, [fadiguzel@yandex.com](mailto:fadiguzel@yandex.com)

## ÖZET

Geçmişle aramızda köprü görevi gören kültürel mirasların korunması gelecek nesillere doğru bir şekilde aslına uygun olarak aktarılması önem arz eder. Gelişen teknoloji ile birlikte bu kültürel mirasların kayıt altına alınması için birçok yöntem ile veriler üretilip kayıt altına alınmaktadır. Tarihi yapıların modellenmesinde yaygın olarak Yersel Lazer Tarama (YLT) sistemi kullanılmaktadır. Son yıllarda özellikle fotogrametrik 3B modellemelerde, sayısal arazi ve yükseklik modellemelerinde İnsansız Hava Aracı'nın (İHA) kullanımı giderek artmaktadır. Bu çalışmada, İHA ve YLT sistemlerinden elde edilen verilerin 3B modellemedeki hassasiyetleri karşılaştırılmıştır. Aksaray İlinde bulunan Somuncu Baba Külliyesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Somuncu Baba Külliyesi İHA ve YLT sistemleri ile taranmış ve 3B mesh modellemeleri oluşturulmuştur. Elde edilen 3B mesh modelleri üzerinden CAD modelleri Pix4D ve AutoCAD yazılımları kullanılarak oluşturulmuştur. Her iki sistemden elde edilen CAD modelleri üzerinden seçilen cephelerde bulunan pencere ve kapı ölçümleri yerel verilerden edilen ölçümler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Somuncu Baba Külliyesinin YLT sistemi taranmasında ve 3B modellemesinde bazı yerlerde veri kaybı söz konusudur. İHA sistemi ile çalışma alanının 3B modellenmesinde herhangi bir sorun ile karşılaşılması somuncu Baba Külliyesinin detaylı modellenmesinin irdelenmesinde seçilen pencere ve kapı ölçümlerinin sonuçları birbirine oldukça yakındır. Herhangi bir 3B modelleme çalışmasında veri temininin hızlı, güvenilir, doğruluk oranı yüksek ve tekrarlanabilir olması oldukça önemlidir. Bu çalışmada, 3B modellemede kullanılan son teknolojik sistemler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, İHA sisteminden tarihi yapıya ait veriler YLT sistemine göre daha hızlı elde edilmiştir. Ayrıca, İHA verilerinin veri işlem süresi YLT sisteminden elde edilen verilerin işlenmesine kıyasla daha hızlıdır. Sonuç olarak, İHA sistemleri YLT sistemlerine göre 3B modelleme çalışmalarında daha başarılı sonuçlar vermiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Yersel Lazer Tarama (YLT), İnsansız Hava Aracı (İHA), 3B Modelleme, Somuncu Baba Külliyesi

## ABSTRACT

### COMPARİSİON OF 3D MODELİNG SENSİTİVİTY OF THE DATA OBTAINED FROM UAV AND TERRESTRIAL LİDAR SYSTEMS

Protection of cultural heritage in its original form is important for future generations since they are a bridge between past and future. Advanced technology offers many methods and Technologies to record cultural heritage information. With rapidly developing technology, Terrestrial Laser Scanners (TLS) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) have taken the place of traditional measurement techniques and 3D modelings. The overall aim of this paper is to focus on the accuracies of 3D building models obtained from TLS and UAV systems, respectively. Somuncu Baba Mosque located in Aksaray province is selected as our study area. 3D mesh models of Somuncu Baba Mosque using point clouds obtained from TLS and UAV systems were created and compare the measurements of building features (e.g., length/width of doors and windows) of final 3D models. Also, 3D CAD model of the selected facade of the Somuncu Baba Mosque was generated to evaluate the accuracies of two modeling systems. Pix4D ve AutoCAD softwares were used to process all data in this study. Results of this study showed that there were some missing data on 3D modeling of the Somuncu Baba Mosque when using TLS system. However, 3D modeling of the Somuncu Baba Mosque with the UAV system is not faced with any problems. Also, results of this study showed that length measurements (over selected building futures) obtained from these two systems were very close to each other and only milimetric errors were found. Therefore, both systems can be used to create ground plans with high accuracies. Also, successful 3D CAD models were obtained from these two system with high accuracy. Results of this study will play a major role in the selection of modeling technology in similar studies.

**Keywords:** Terrestrial Lidar System (TLS), Unmanned Aerial Vehicles (UAV), 3D Modelling, Somuncu Baba Mosque

## 1.GİRİŞ

Kültürel, doğal, tarihi ve turistik miraslar bir milletin geçmişi ile geleceği arasındaki en önemli köprülerden biridir.

Bu tür mirasların arşivlerinin oluşturulmasında, restorasyon ve röleve çalışmalarında, dijital olarak görüntülenmelerinde, 3 Boyutlu taranması ve modellenmesinde, hukuki, teknik ve doku bilgilerinin oluşturulmasında uzaktan algılama ve yersel fotogrametrik yöntemler önemli rol oynamaktadır. Son yıllarda lazer tarama sistemlerinin (lidar sistemleri), 3B modelleme çalışmalarında, deformasyona uğrayan alanların tespitinde, restorasyon ve röleve çalışmalarında kullanımı hızla artmaktadır. Lidar, lazer darbeleri kullanılarak bir nesne veya bir yüzeyin uzaklığını anlamaya yarayan teknolojidir. Uzaklığı ölçülecek nesne ya da yüzeye, Lidar sistemleri saniyede milyonlarca lazer darbesi gönderir. Sonuç olarak taranan objeyi temsil eden milyonlarca koordinatlı lazer nokta bulutu elde edilir. Lazer tarama geleneksel ölçme teknikleri ile kıyaslandığında 3B bilgilerinin çok yüksek hızla elde edildiği görülmektedir. Lazer tarama teknolojisi düzensiz yapıdaki objelerin tanımlanmasında oldukça etkilidir. Lazer tarayıcı çalıştırıldığında ölçülen noktalar dahili bir koordinat sisteminde tanımlanır (Sümer ve Türker, 2009). Bu koordinat sistemi bir kutupsal koordinat sistemidir. Kontrol noktaları yardımıyla bu koordinatlar istenilen bir koordinat sistemine dönüştürülebilmektedir (Säynäjoki vd., 2008)). Lazer tarayıcı sistemleri pek çok ölçme ve modelleme çalışmalarında giderek artan bir oranda kullanılmaktadır. Lazer tarama işlemleri ile elde edilen nokta bulutundan; temel ölçme verileri, 2 veya 3B çizimler, 3B animasyon, katı yüzey modelleri yada doku giydirilmiş 3B modeller elde edilebilir. Son yıllarda lazer tarama sistemlerinin 3B modelleme çalışmalarında kullanımı hızla artmaktadır. Literatürde tarihi yerlerin modellenmesinde yersel lidar sistemlerinin kullanıldığı çalışmalar yer almaktadır. Sümer ve Türker (2009) çalışmalarında Ankara ili Batıkent yerleşim bölgesinde yerden çekilmiş bina fotoğraflarından gerçekçi yüz dokularının çıkarılarak 3B bina modelleri üzerine kaplanabilmesini hedeflemişlerdir. Yakar ve Yıldız (2011) Sultanhanı Kervansarayındaki çalışmalarında öncelikle modellenecek yapıların çevresinde poligon ağı oluşturularak ölçümler yapmış ve bu ölçülerin sayısal ortama taşınmasıyla birlikte resimler üzerinden 3 boyutlu model çizimi ve ardından resimli olarak görsel eşirme işlemi yapmışlardır. Çalışma sonucunda lazer tarama ve fotogrametrik ölçüm tekniğinin birbirine alternatif değil destekleyici birer yöntem olduğu öne sürülmüştür. Yastıklı (2005) yersel lazer tarama sistemini kullanarak yaptığı çalışma kapsamında Fatih Camii dış cephe röleveleri, camii içerisinde iki adet boyuna kesit çizimi, şadırvan avlusu ve iki adet türbenin rölevelerinin çizimleri hazırlanmıştır. Bir diğer çalışmada Erzurum Çifte Minareli Medrese minarelerinin fotogrametrik rölevelerinin hazırlanması amaçlanmış, Lazer tarayıcı teknolojisinin sadece belgeleme, üç boyutlu modelleme ve görselleştirme çalışmaları yanı sıra sanal müzecilik, bilgisayarlı simülasyon ve eğitim çalışmaları gibi çok farklı uygulama alanlarında kullanılabileceğini öngörmüşlerdir. C. Şahin ve A. Alkış (2012) çalışmalarının amacı kentsel planlama ve tasarım çalışmalarında kullanılacak 3B model üretmek için; farklı yöntemlere elde edilmiş mekansal verilerin kalite ve güncellik bakımından uygun olanlarının çeşitli karşılaştırma kriterlerine göre seçimi, optimizasyonu ve bütünleştirilmesidir. Taksim Cumhuriyet Meydanı'nın bütünleşik üç boyutlu modeli kentsel planıların mikro ölçekte planlama çalışmalarına önemli katkılar sağlayacaktır. R. Cömert vd. (2012) Eskişehir Seyitgazi ilçesinde bulunan eski askerlik şubesi olarak bilinen tarihi bir yapının 3B belgelenmesi gerçekleştirilmeyi hedeflemişlerdir. Belgeleme çalışması sonucu, elde edilen veriler bilgisayar ortamında işlenerek yapının 3B modeli, ortofoto görüntüleri, cephelerinin ve planının çizimleri üretilmiştir. Bu çalışmada, İHA ve YLT sistemlerinden elde edilen verilerin 3B modellemedeki hassasiyetleri karşılaştırılmıştır. Somuncu Baba külliyesine ait konumsal veriler iki farklı yöntem ile (hem havadan (İHA sistemi) hemde yerden (yersel lazer tarama sistemi)) elde edilmiştir. Daha sonra, elde edilen verilerin entegrasyonu sağlanmış ve bu tarihi yapının gerçeğe eş değer 3 Boyutlu modeli oluşturulmuştur.

## 2.ÇALIŞMA ALANI

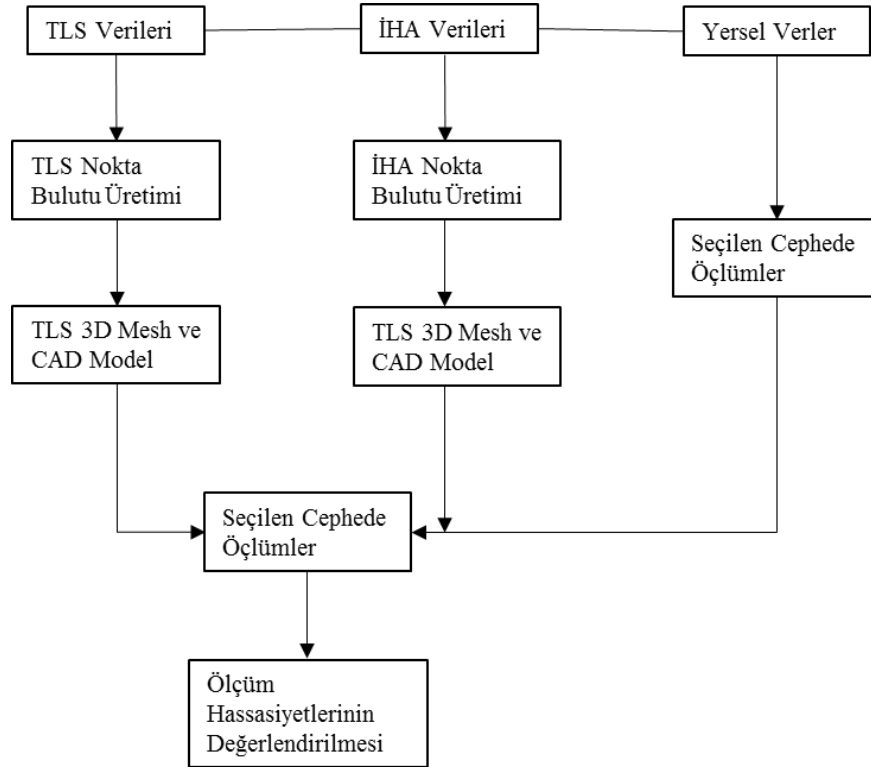
Aksaray ilinde bulunan Somuncu Baba Külliyesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Ülkemizde tarihi yapılar olarak yüksek değerlere sahip olan illerimizden bir tanesi de Aksaray'dır. Aksaray'da bulunan ve 1400'lü yıllardan günümüze kadar gelen Somuncu Baba Türbesi 2013 yılında yapımı sona eren proje ile bir külliye haline getirilmiş en önemli yapılardan biridir.



Şekil 1. Çalışma alanı- Somuncu Baba Külliyesi.

### 3.GEREÇ VE YÖNTEM

Bu proje kapsamında izlenen adımlar Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışma adımları

#### 3.1.İHA Verileri

Bu çalışmada, Multirotor G4 Surveying-Robot İHA kullanılmıştır (Şekil 3). Bu sistem uzaktan kumanda ile çalıştırılmaktadır. Multirotor G4 Surveying-Robot 1 mm çözünürlükte görüntü alımı kabiliyetine sahip, 3B model üretimi için en uygun çözümlerendir. Koordinatlı fotoğraf alımı ile kaliteli ortofoto, sayısal yükseklik modeli, nokta bulutu verileri üretimine olanak verir. Veri elde edilmek istenen objenin üstünde uçuş gerçekleştirilerek objeye ait yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları elde edilir. Daha sonra bu hava fotoğraflarından yüzey yükseklik modelleri oluşturulur. Elde edilen yüzey yükseklik modeli üzerine bilgisayar ortamında lazer nokta bulutları üretilerek objeye ait konumlandırılmış 3 Boyutlu nokta bulutundan (X, Y, Z) oluşan model elde edilir. Sistemin teknik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Multirotor G4 Surveying-Robot İHA Sisteminin Teknik Özellikleri

Teknik özellikler	
Havada kalma süresi	20 dakika
Uçağın Yapısı	Kompak karbon yapısı ile çok dayanıklı yapı
Helikopterin Çalışması	Kolay kurulum ve hızlı göreve başlama
İşlemci	32 bit dual işlemci ile sorunsuz ve güvenli uçuş
GPS durumu	Haritacılık uygulamaları için 128 Hz GPS entegresi
Otomatik iniş	Var ve 500 waypoint görevi
Rüzgâr Dayanımı	15 m/s rüzgâr dayanımı
Kamera ve Lens	14mm lens ile 16 MP Olympus PEN E-PL5 Geopluged kamera
Menzil	1000 m
Termal Kamera	Optris PI 640 LightWeight Termal Kamera



Şekil 3. Multirotor G4 Surveying-Robot İHA Sistemi

İHA'nın uçuş güzergahını planlama ve sistem (kopter) bağlantı programı ile uçuş sırasında kopterin yapması istenen eylemlerin planlanması koptere yüklenmiştir. Multirotor G4 Surveying-Robot İHA Sisteminden elde edilen görüntüler ve multikopterin uçuş kayıtları bilgisayara indirilmiştir. Elde edilen fotoğraflar Pix4D yazılımına yüklenmiş ve yüklenen fotoğraflar prosese tabi tutulmuştur. Birleşmiş fotoğrafların eşlenik nokta bulutu üzerinden yoğunlaştırılmış nokta bulutu üretimi yapılmıştır. Yer kontrol noktaları, eşlenmesinden sonra "optimize" edilen nokta bulutu koordinatlandırılmış ve çıktıya hazır hale getirilmiştir. Aynı zamanda 3D arazi modeli, külliye'nin 3D mesh modeli oluşturulmuştur.

### 3.2.Yersel Lazer Tarama Verileri

Bu çalışmada TOPCON GLS-1000 yersel lazer tarayıcı sistemi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yersel lazer sisteminin özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

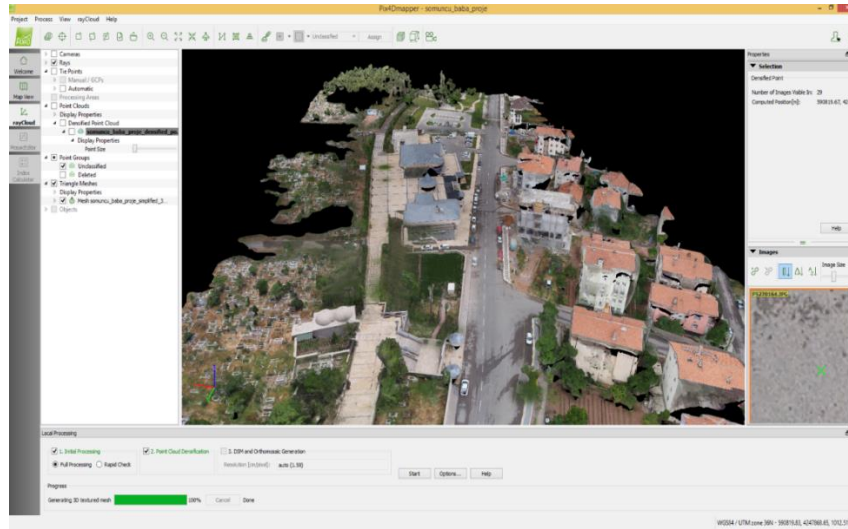
Çizelge 2.TOPCON GLS-1000 lazer tarayıcıya ait teknik özellikler

Maximum Nokta Sayısı	100,000,000	
Tek Nokta Doğruluğu	4 mm ( $\sigma$ ) (1-150m arası)	
Tarama Hızı	Maximum 3,000 Hz	
Dalga Boyu	1535nm	
Darbe süresi (pulse duration)	3.6nsec (max)	
Darbe frekansı (pulse frequency)	3400Hz (max)	
Görüş Alanı	22° X16.5°	
Nokta Boyutu	6mm @ 1m-40m	
Örnekleme Yoğunluğu	1mm @100m	

Bu sistem ile yüzeyin tam olarak tanımlanabilmesi için dış mekan için 19 oturum yapılmıştır. Lazer tarama işleminde ilk olarak Topcon GLS-1000 aleti kurulmuş ve düzenlenmiştir. Ekran paneli taranacak bölgeye karşı göz kararı yaklaşık olarak 90° olarak ayarlanmıştır. Topcon GLS-1000 aleti açıldığında kendini bulunduğu noktaya yaklaşık olarak kendi iç koordinat sisteminde kalibre edici özelliğe sahiptir. Her oturum için istasyon tanımlaması yapılmıştır. İlk olarak GCC/BS seçilerek alet yüksekliği girilmiştir. Lens 180° olarak ayarlanmıştır. Girilen parametrelere göre tarayıcı yine otomatik ayar yapmıştır. Sonrasında OCC/BS ayarları yapılmış ve kaydedilmiştir. Maksimum 20 m alan taraması seçilip ve m<sup>2</sup>'ye ortalama yatay ve düşeyde 2500-2500 nokta bulutu girilmiştir. Farklı noktalardan taranan obje yüzeylerinin hassas bir şekilde birleştirilmesi için obje köşelerinde bindirme olmasına dikkat edilmiştir. Lazer tarama cihazı ile nokta bulutları kaydedilmiş, birleştirilmiş, inceltilmiş, temizlenmiş, nokta boşlukları doldurulmuş, filtrelenmiş ve çalışma alanındaki nesnelerin 3 boyutlu mesh ve CAD modelleri oluşturulmuştur.

## 4.SONUÇLAR

Kültürel yapılar doğal özellikleri ve yapılarından dolayı, fazla detay alımı gerektirdiğinden ölçümler için gelişmiş ölçme aletleri ve teknikleri gerekmektedir. Gelişen teknolojiyle kültürel miras ve tarihi yapıların 3B veri ve modellerinin elde edilmesi için yersel lazer tarama standart bir ölçüm haline gelmiştir. Her iki sistemden elde edilen nokta bulutu verileri ortak noktalar yardımıyla POLWORKS ve Pix4D programlarında birleştirilmiş (Şekil 4 ve Şekil 5) ve çalışma alanının mesh ve CAD modelleri oluşturulmuştur.

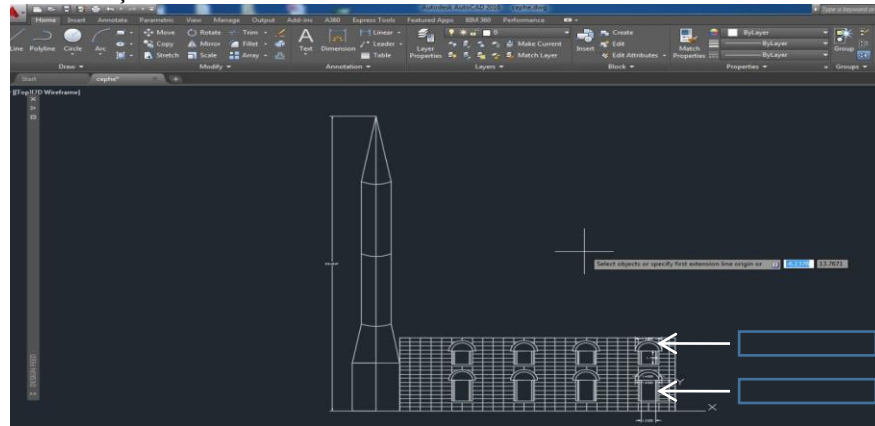


Şekil 4. İHA Sisteminden elde edilen 3D nokta bulutu modeli



Şekil 5. TLS Sisteminden elde edilen 3D nokta bulutu modeli

Çalışmada seçilen cephede bulunan pencere ve minare boyutları ölçülmüş ve kıyaslanmıştır (Şekil6). TLS ve İHA sistemlerinden oluşturulan modeller üzerinden yapılan ölçümler yersel veriler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 6. Seçilen yüzeyin 3D CAD modeli.

Çizelge 3. Cephe üzerinden alınan ölçümlerin karşılaştırılması.

Cephe	Ölçümler			Aradaki Fark		
	Yersel Ölçüm (m)		TLS (m)	UAV (m)	Ground-TLS	Ground-UAV
Pencere-1	Yükseklik	1.3650	1.3664	1.3662	-0.0014	-0.0012
	Genişlik	1.4150	1.4140	1.4136	0.0010	0.0014
Pencere-2	Yükseklik	2.0400	2.0409	2.0406	-0.0009	-0.0006
	Genişlik	1.5500	1.5511	1.5510	-0.0011	-0.0010
Minare	Yükseklik	25.6250	25.6268	25.6260	-0.0018	-0.0010

Çalışmada, her iki sistemden (TLS ve İHA) elde edilen veriler değerlendirilirken sistemlerin avantajları ve dezavantajları da irdelenmiştir. İlk olarak, her iki sistemde dış mekan 3B modellemede oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Fakat, İHA sistemi ile 3B modelleme için gerekli olan veriler daha hızlı elde edilebilmekte ve veriler daha hızlı işlenmektedir. Yersel lidar tarayıcı ile yapılan tarama işleminde bina köşelerinde, çatıların köşelerinde, kolonların birleşim yerlerinde, külliye içinde bulunan camii ve diğer yapıların üst kısımlarının tamamı YLT sisteminin ölçme prensibi nedeniyle bazı eksiklikler olmuştur. Özellikle YLT sistemi ile caminin çatı kısmı taranırken görüş açısından dolayı bazı eksiklikler olmuştur. Bu tür durumlarda YLT sistemini taranacak olan obje ile mümkün olduğu kadar aynı hizada yada biraz daha yukarıdan kurmak gerekir. Gerçekleştirilen projede Somuncu Baba Camisinin karşısında bulunan binaların balkonu yada çatısı özel mülkiyet olduğu için kullanılamamıştır. Bu nedenle, yerden alınabilecek maksimum görüş açısı kullanılarak çalışma alanı taranmıştır. Buna karşın, İHA sistemi ile üstten taranma ve yanal yüzeylerde eğik resim çekmek koşuluyla YLT lidar sistemlerinde eksik olan yerler bu sistemde başarılı bir şekilde ölçülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Cömert, R., Avdan, U, Tün, M., Ersoy, M.,** 2012, Mimari Belgelemede Yersel Lazer Tarama Yönteminin Uygulanması Seyitgazi Askerlik Şubesi Örneği, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 4, No: 1, 2012 (1-18).
- Säynäjoki, R., Packalén, P., Maltamo, M., Vehmas, M., Erikäinen, K.,** 2008, Detection of Aspens Using High Resolution Aerial Laser Scanning Data and Digital Aerial Images, Sensors, 8, 5037-5054; DOI: 10.3390/s8085037.
- Şahin, C., Alkış, A.,** 2012, Kentsel Tasarım Çalışmalarında Kullanılmak Üzere Görüntü İşleme Teknikleri Yardımıyla Üç Boyutlu Bütünleşik Model Üretimi: Taksim Cumhuriyet Meydanı, Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sigma 30,225-234, 2012.
- Sümer E., Türker M.,** 2009, Üç Boyutlu Bina Modelleri İçin Otomatik Bina Yüz Dokusu Çıkarımı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Yakar, M., Yıldız, F., Özkütük, A., Neşeli, O., Kurhan, E., Durdu, O.,** 2011, Sultanhanı Kervansarayı Fotogrametrik Rölöve Alımı Ve Üç Boyutlu Modelleme Çalışması, MMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.