

KÜLTÜREL MİRASIN 3D BELGELENMESİNDE YERSEL LAZER TARAMA TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI: AKSARAY'DA BİR SİVİL MİMARLIK ÖRNEĞİ

Mustafa Korumaz¹

¹Selçuk Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Konya Türkiye

mkorumaz@selcuk.edu.tr

Özet

Kültürel mirasın belgelenmesinde ve restorasyon uygulamalarında geometrik veriler elde eden lazer tarama teknolojisinin kullanılması ile geleneksel yöntemlere göre hızlı, kolay ve hassas ölçümler yapılabilmektedir. Tarihi yapı ile ilgili verilerin doğruluğu tüm koruma ve karar verme sürecini doğrudan etkilemektedir. Lazer tarama verilerinin işlenmesi ile farklı amaçlı 3D modeller üretilebilmekte, çalışmalar internet üzerinden paylaşılabilir. Bunlarla beraber yapı ile ilgili detaylı biçimsel analizler yapılabilmekte ve ilgili birçok mühendislik alanına veri transferi sağlanabilmektedir. Bu avantajlarına rağmen teknolojinin henüz genel mimari proje üretiminde yaygın kullanılmadığı söylenebilir. Kullanılan aletlerin ve veri işleme yazılımlarının pahalı olması yaygın kullanımın önündeki en önemli engel olarak görülmektedir. Bunun yanında konunun mimarlık disiplininin eğitimi içerisine yeterince girememesi ve bu alanda çalışan araştırmacı sayısının az olması mimarlık alanında kullanımını sınırlandırmaktadır. Çalışma kapsamında, mimari kültür mirası yönü ile zengin olan Türkiye'deki son on yılda çok sayıda koruma projesi üretimi göz önüne alınarak, bu projelerdeki lazer tarama teknolojisinin kullanım olanaklarına değinilmiştir. Bu kapsamda; Aksaray ilinde sivil mimarlık örneği bir konutun belgeleme çalışması ile teknolojinin olumlu ve olumsuz yönleri araştırılmış, Türkiye genelinde lazer tarama teknolojilerinin kullanım olanaklarına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmada teknolojiye erişim, veri kalitesi, arazi çalışması ve ofis çalışmalarında karşılaşılan problemlerle, süre, sonuç ürün ve hassasiyet bakımından elde edilen avantajlar, yersel lazer tarama tekniği üzerinden değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mimari Belgeleme, Yersel Lazer Tarama (TLS), Restorasyon Projesi, Mimari Koruma, Aksaray.

TERRESTRIAL LASER SCANNING TECHNOLOGY FOR CULTURAL HEITAGE DOCUMENTATION: DOCUMENTATION PROCESS OF A TRADITIONAL HOUSE IN AKSARAY

Abstract

Detailed and accurate measurements can be done by using laser scanning technology compared to conventional methods in documentation of cultural heritage. Accuracy of measured data directly affects the protection of historical buildings and decision-making process. By processing laser scanning data, multipurpose 3d models could be obtained and all work and results could be shared via internet. Moreover, a detailed analysis of the building can be made with this data and it can be transferred to all related engineering and archeological fields. Despite the advantages of this technology, it has not been used widely yet in production of architectural projects. High cost of equipment and data processing software have been seen as main obstacles for widespread using of this technology. As well as, lack of integration of this topic into architectural education and less number of researcher studying in this field restrict the use of laser scanner. In this paper, evaluations were made in order to define the possibilities by using laser scanner technologies in process of restoration projects of which number is getting increased in last decades in Turkey. Positive and negative aspects of technology observed in survey process were given with a case study, a traditional and historical house in province of Aksaray and some reviews related to potential use of laser scanner technologies were made in Turkey. In this study faced problems in terms of technology access, data quality, field study and office study and advantages in time, final result and precision are evaluated through case study.

Keywords: Architectural Documentation, Terrestrial Laser Scanner (TLS), Architectural Preservation, Restoration Project, Aksaray.

1. Giriş

Gün geçtikçe lazer tarama ve fotogrametri teknolojilerinin kültürel miras ile ilgili çalışmalarda, araştırma projelerinde ve yüksek doğrulukta mekânsal veri gerektiren mühendislik uygulamalarında kullanım olanakları artmaktadır. Bu yaygın kullanıma rağmen, kültürel miras yönü ile zengin ülkemizde bu teknolojiler daha çok

harita mühendisliği alanında yaygın olarak kullanılmakta ve eğitimi bu kapsamda verilmektedir. Ülkemizde bu teknolojilere önemli derecede gereksinim duyan ve aktif olarak çok sayıda uygulama gerçekleştirebilecek mimarlık disiplini olmasına rağmen, bu alandaki uzmanlarca ve serbest çalışanlarca kullanım oranı oldukça düşüktür. Türkiye’de mimarlık alanında kullanım olanaklarının düşük olmasının temelde üç nedeni bulunmaktadır. Bunlar:

- *teknolojiye ulaşmada ekonomi ve teknik anlamda güçlüklerin yaşanması,*

- *mimari proje üretiminde lazer tarama verilerinin kullanımına yönelik yasal düzenlemenin henüz olmaması*

- *teknolojiye mimarlık eğitimi içinde yeteri kadar yer verilmemesi ve buna bağlı olarak yaygın hale gelememesi şeklinde ifade edilmektedir.*

Lazer tarama teknolojisinin mimarlık alanında yaygınlaşmamasının başlıca nedeni mimarlık eğitiminde bu teknolojiye yeteri kadar yer verilememesidir. Türkiye genelinde çok az sayıda üniversitede lazer tarama cihazı bulunmakta, bu aletlerin çoğu da mühendislik fakülteleri bünyesinde yer almaktadır. Konu ile ilgili mimarlık disiplininde çalışan öğretim elemanı sayısı azlığından dolayı konu lisans seviyesine hemen hemen hiç yansımamakta, ancak sınırlı sayıdaki üniversitelerde yüksek lisans ve doktora aşamalarında çalışılabilmektedir. Bu çalışmalar da genellikle harita mühendisliği bölümlerinden danışman ve donanım desteği sağlanarak yapılmaktadır. Konunun eğitimde yeterince yer alamaması ve teknolojiye eğitim kurumlarının sahip olmaması sebebiyle, yazılım ve alet kullanımı sadece kişisel gayretlerle ve iş tecrübeleri ile öğrenilebilmektedirler. Bu teknolojinin yaygınlaşmamasında önemli faktörlerden biri de ekonomik yönüdür. Lazer tarama uygulamalarında kullanılan yazılım ve donanım ürünlerinin yatırım maliyetlerinin yüksek olması teknolojiye ulaşmadaki önemli engeldir. Bunun yanında nitelikli elemanların bulunması ve bu elemanların istihdam edilmesinin proje maliyetlerini artırdığı düşünülmektedir. Lazer tarama teknolojisinin her ne kadara avantajları olduğu bilinse de, koruma projelerinde tekniğin kullanımına yönelik zorunluluk olmamasından dolayı, özel şirketler bununla ilgili yeni yatırımlar yapmaktan kaçınmakta, bu yaklaşım da kullanımının yaygınlaşmasını engellemektedir. Türkiye’de koruma projelerinin üretilmesinde sadece çok az sayıda resmi ihalelerde bu tür teknolojilerin kullanılması ön şart olarak ilan edilmiştir. Bundan dolayı proje üreten ofisler genellikle en iyi kullandıkları ve bildikleri tekniklerle proje

üretimine devam etmeyi tercih etmektedirler. Bu teknikler genel olarak dört grupta toplanabilir: Doğrudan Ölçüm, Standart topoğrafik ölçüm, Fotogrametri, Yersel Lazer Tarama [1].

Tablo 1. Metrik ölçüm teknikleri ve kullanım alanları özeti [2]

Metrik Ölçüm Teknikleri ve Etkili Kullanım Alanları Özeti				
Teknik	Boyut	Ürünler	Uygulama Alanları	Kullanımdaki Sınırlamalar
Doğrudan Ölçüm	2-D	Nokta Detaylar ve açıklayıcı grafiklerin hazırlanması.	Strüktürel Notlar, Mimari Tanımlamalar, Arkeolojik kazı tanımlamaları.	Hata yapma olasılığı yüksek alan çalışması tabanlı bilgi üretilmesi.
Topoğrafya	3-D	CAD ortamında 3d noktalar referanslı tel çerçeve çizimleri.	Topografik haritalar, mimari proje bileşenleri, Kesin kontrol gerektiren uygulamalar.	Veri kullanım ve organizasyonuna yönelik kılavuz gereksinimleri. GIS ve harita katmanları anlaşmaları, yeni denenmiş uygulama yöntemleri Kalibrasyonu yapılmış fotoğraf makinaları, kullanım için uygun resim elde edilmesi, obje büyüklüğü, yazılım kapasiteleri ve uzman kullanıcı
Fotogrametri	3-D	Resim tabanlı haritalar, CAD çizimleri, risk analiz raporları.	Mimari cephe çizimleri, Düzlem resimler, yüzey modelleri	Nokta bulutu yoğunluğu ile elde edilmesi düşünülen sonuç arasındaki uyum, Nokta bulutu ile uyumlu resim desteğinin sağlanması.
Lazer Tarama	3-D	Nokta bulutu, yüzey modeller.	Bina modelleri ve çizimler.	

Doğrudan ölçüm tekniği günümüzde hala birçok kişi ve kurum tarafından yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Yaygın olarak kullanılmasında düşük maliyetli oluşu ve özel eğitim almış teknik eleman ve teçhizat gerektirmemesi büyük etkindir. Yapı üzerindeki referans noktaların ölçümleri ile daha çok iki boyutlu çizimler hazırlanır. Çizimlerin doğruluğu yapının biçimi ve karmaşıklığı ile doğrudan ilgilidir. Topoğrafik ölçümler genellikle totalstation ile yapılan ve yapı üzerindeki referans noktaların ölçülmesiyle az sayıda noktadan oluşan 3D nokta bulutlarından oluşmaktadır. Dikkatli ölçümlerde hata payı azaltılmakta, doğruluğu artmaktadır. Topoğrafik ölçüm, yapı üzerinde referans nokta belirlemenin zor olduğu arkeolojik alan ve harabelerde yeterli gelmemektedir. Fotogrametri her büyüklükteki objenin detaylı ve 3D çizimlerinde, mimarlık alanında özellikle yapı dış cephelerinin modellenmesinde etkin olarak kullanılmaktadır. Bu tekniklerin yanında farklı büyüklükte obje için uygulanabilecek lazer tarama teknolojisi kısa sürede, düşük hata paylarında 3D ölçümler gerçekleştirmek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Lazer tarama, topoğrafik veriler ve fotogrametrik veriler beraber kullanıldığında elde edilen veri kalitesi yükselmekte, bu verilerin etkili yönetimleri ile özellikle mimarlık alanındaki başarı artmaktadır (Tablo 1).

Mimari bir yapıyı ölçmek sadece yapının boyutlarının ve şeklinin belirlenmesinden daha çok, yapının durumu ile ilgili tüm tespitlerin yapılması ve

yapının sahip olduğu değerlerin farkına varma sürecidir. Yapı ile ilgili bu belgeleme çalışması karmaşık bir tespit ve analiz aşamalarını kapsamaktadır [3]. Bütüncül bir süreç olan belgeleme süreci, mimarlık ve sanat tarihi çalışmaları yanında farklı disiplinlerin de konuya dahil olması gereken bir süreçtir [1]. Bundan dolayı belgeleme çalışması yapı ile ilgili arşiv bilgileri, mevcut durum tespitleri, malzeme bilgileri, daha önce yapılan uygulamalar, bozulmalar ile ilgili doğru çeşitli bilgilerden oluşan ve ilgili disiplinlerden gelen bir veri kümesi elde edilmiş olur.

Bu çalışmada mimari kültür mirası yönü ile zengin Türkiye genelinde Lazer tarama teknolojilerinin belgeleme ve koruma projelerinin hazırlanmasında sağladığı kolaylıklar ve süreçteki zorluklar hakkında örnek alan çalışması özelinde değerlendirmeler yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Aksaray Sivil Mimarlık Örneği

Aksaray ve çevresi yüzyıllar boyunca çeşitli medeniyetlere ev sahipliği yapmış, erken Hristiyan dönemine ait kaya oyma yerleşim birimleri, Selçuklu dönemi bazı yapılar ve özellikle geç Osmanlı döneminde yapılan, sivil mimarlık örnekleri ve bunların oluşturduğu kent dokuları günümüze kadar ulaşabilmişlerdir (Şekil 1). Son yıllarda kültürel mirasın turizm aktiviteleri için çok önemli bir veri olduğunun tekrar farkına varılmış, bölgede önemli koruma uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalar için hazırlanan projelerde, Türkiye genelindeki duruma paralel olarak, hızlı bir projelendirme süreci yaşanmıştır. Bu süreçte az sayıdaki çalışma günümüz teknolojik imkanlarından yararlanılarak hazırlanmış, uygulamaların çoğunluğu klasik yöntemler (direkt ölçüm tekniği, topoğrafik ölçümler) ile gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada orta büyüklükte geleneksel ve tarihi bir Aksaray evinin 3D belgeleme çalışmaları lazer tarama tekniği kullanılarak yapılmıştır. Örneğin seçilmesinde, yapının geleneksel Aksaray evlerinin özelliğini taşıması, yoğun kent dokusu ve imar baskısı altında kalmış olması, yapı çevresinde yeni yapıların bulunması, yapı çevresindeki binaların yapı yaklaşma sınırlarını ihlal etmesi ve rölöve ve restorasyon uygulamaları için güzel bir örnek olması gibi etkenler etkili olmuştur (Şekil 2). Bu farklı problemlere çözüm önerisi getirebilmek adına yeni bir fonksiyon verilerek kullanımı düşünülen bu yapı seçilmiştir.



Şekil 1. Aksaray konumu



Şekil 2. Yapı çevresi ve cepheleri

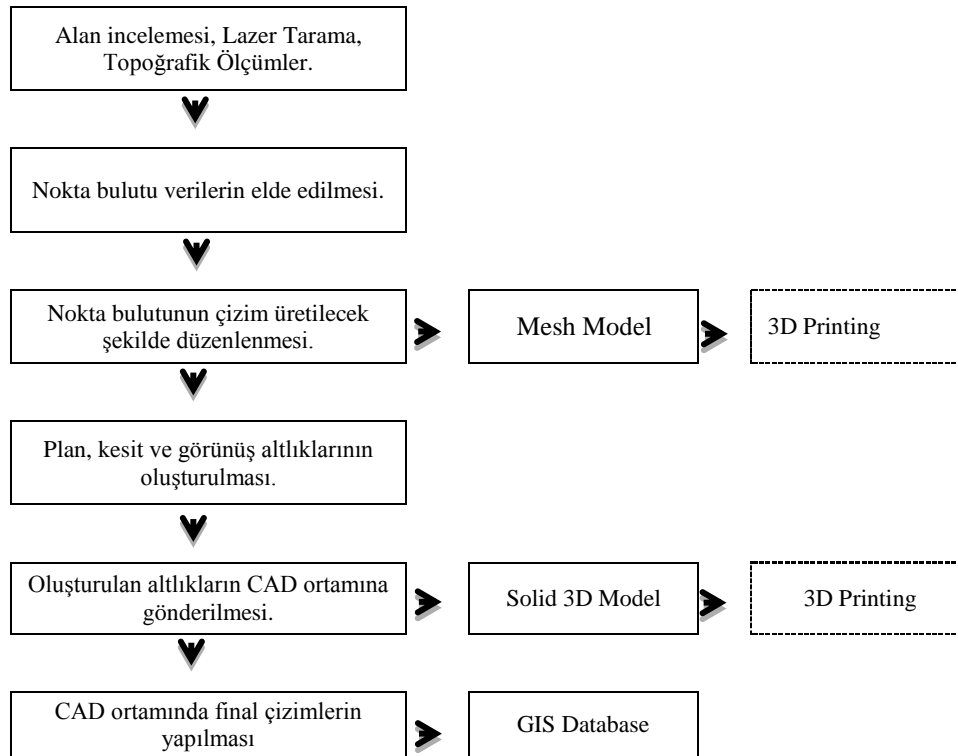
2.2. Kullanılan Ekipman ve Yazılımlar

Yapılan çalışmada gerekli topoğrafik ölçümler reflektörsüz ölçüm yapılabilen Leica marka total station kullanılmıştır. Total stationdan alınan verilerin analizleri MicroSurvey programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen nokta bulutlarının işlenmesi, optimize edilmesi ve nokta bulutunun başka programlara aktarılması gibi tüm işlemler Cyclone 7.0 yazılımında gerçekleştirilmiştir. Nokta bulutundan mesh model elde etmek için MeshLab kullanılmıştır. Mimari çizimler ve katı model için AutoCad yazılımı kullanılmıştır. AutoCad ortamında çalışan Leica CloudWorx sayesinde nokta bulutunun CAD ortamında açılması sağlanmış, istenildiği şekilde nokta bulutundan plan, kesit ve görünüşler burada oluşturulmuştur. Yapının genel olarak resimleri Nikon D90 SLR kamera ve 24 mm Nikon Lens kullanılmıştır.

2.3. Yersel Lazer Tarama Metodu

Lazer tarama teknolojisi kullanılarak yapılan belgeleme çalışmasında izlenen yöntem de gösterildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Öncelikle tarama cihazı ile yerel koordinat sisteminde taramalar yapılmıştır. Farklı tarama istasyonlarından elde edilen nokta bulutları ofiste birleştirilmiş ve gereksiz noktalar temizlenmiştir. Nokta bulutundan planlar, kesitler ve görünüşlerin altlıkları hazırlanmış, bu paftaların çizimlerine destek olması için ortofotolar oluşturulmuş, bunlar CAD ortamına gönderilmiştir. Bilgi paylaşımına sağladığı katkı sebebi ile yapının 3D modeli

oluşturulmuştur. Tüm veriler ilgili kişiler tarafından paylaşılması ve kullanılması için kentsel ölçekte coğrafi bilgi sistemine aktarılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışma Metodolojisi

2.4. Alan Çalışması

2.4.1. Veri elde edilmesi

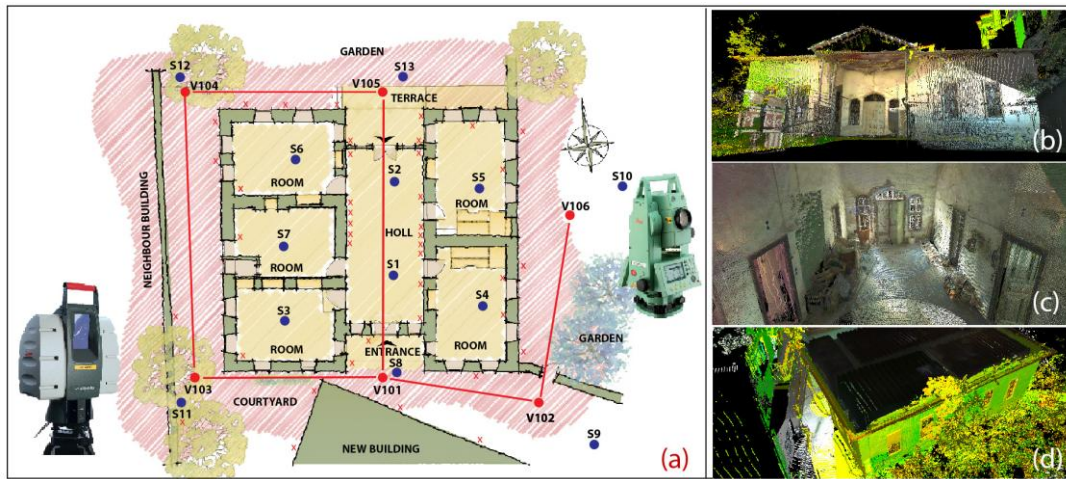
Alan çalışması olan sivil mimarlık örneğinin yapı ve yakın çevresi krokisi hazırlanarak üzerinde yersel lazer tarama istasyonları ve topoğrafik ağ istasyon yerleri belirlenmiştir. Belirlenen yerlere poligon noktaları çivilerle sabitlenmiş, ölçülmüş ve ileriki çalışmalarda fark edilebilmek ve kullanılmak üzere işaretlenmiştir.

Farklı tarama istasyonlarındaki tarama verilerini birbirine bağlamak için siyah beyaz hedef noktaları (target) birden fazla istasyondan görülebilen yerlere ve uygun duvar yüzeylerine yerleştirilmiştir. Bina içi, dışı ve çevresi olmak üzere toplamda 30 adet referans notaları kullanılmıştır. Lazer tarama uygulamalarında yansıtıcı ve HDS (yüksek çözünürlük destekleyici) referans notaları kullanılabilir de [2], bu çalışmada siyah-beyaz A5 referans notaları tercih edilmiştir. Referans noktaları nokta bulutu modelde otomatik olarak fark edildiği için, veri hizalama sürecini hızlandırmak ve farklı odalardan elde edilen verileri daha kolay birleştirebilmek için kullanılmıştır. Odaların küçük kapılarından ötürü verilerde yüksek oranlı bindirme elde etmek oldukça zor olmuştur. Tarihi evin mekân ölçülerinin birbirlerinden farklı oluşu ve tarayıcı ile obje

arasındaki mesafenin değişken oluşu, aynı tarama çözünürlükleri kullanıldığı halde, nokta bulutu yoğunluğunu etkilemiştir. Sonuç modelde noktalar arası mesafe 1 cm olmuştur.

Tarama işlemi tam olarak 13 farklı istasyondan gerçekleştirilmiştir. Her bir tarama için ortalama süre 25 dakika seçilmiş, lazer tarama, fotoğraf çekme ve topoğrafya işlemleri için toplamda 12 saat çalışılmıştır. Kaliteli fotoğraf için ortam ışığı, ışığın geliş yönü ve kalitesi, transparan yada yansıtıcı yüzeyler, ya da tarama alanında yüzeydeki problemler, lazer tarama aletine doğrudan gelen ışık gibi faktörler oldukça önemlidir. Özellikle panoramik fotoğrafların alınmasında en büyük problem farklı ışık durumlarının aşırı pozlanmaya ya da karanlık bölgelere neden olmasıdır. Bu problemle başa çıkabilmek için kullanıcılar her bir tarama istasyonunda ışık durumunu iyi ölçmeli ve pozlanma ayarlarını iyi belirlemelidir (Şekil 4).

Lazer tarama aleti ile bina yüzeyi arasındaki mesafe nokta bulutu verinin çözünürlüğünü doğrudan etkilemekte ve lazer tarama aletinden taranacak yüzeye gelen ışınlar da nokta bulutu verinin kalitesini etkilemektedir. Tarihi bina ile ona çok yakın olan komşu bina arasındaki çok dar mesafe, nokta bulutunda, özellikle binanın batı cephesinde bazı kumlu (noisy) bölgelerin oluşmasına neden olmuştur. Bu problemler göz önünde bulundurularak gerektiği yerlerde geleneksel rölöve tekniklerinden destek alınmalıdır.



Şekil 4. (a): Alan çalışması topografik ağı (b): Nokta bulutu güney cephe (c): Yapı içinden nokta bulutu görüntü (d): Yapının perspektif görünüşü (nokta bulutu)

2.4.2. Veri İşleme

Veri işleme aşaması, arazi çalışmaları tamamlandıktan sonra ofis ortamında gerçekleştirilen işleri kapsamaktadır. Bu süreçte ilk olarak topoğrafik veriler total stationdan indirilerek MicroSurvey StarNet yazılımında işlenmiştir. Tarama verisi de benzer şekilde FileZilla programıyla lazer tarama aletinden indirilmiştir.

Bütün tarama verisi ve topoğrafik koordinatlar Cyclone yazılımına aktarılmıştır. Farklı istasyonlardan gelen tarama verilerinin tek bir koordinat sisteminde birleştirilmesi, Cyclone nokta bulutu yazılımında yapılmıştır. Bu birleştirme, temelde iki farklı yöntemle yapılmaktadır. Bunlar; iki tarama istasyonu arasındaki ortak noktaların/hedef noktalarının tanımlanması ve bağlantı noktası olarak kullanılması ile ya da nokta bulutlarının birbirleri üzerine bindirme yöntemi ile [4]. Bu çalışmada, farklı taramaların tek bir koordinat sisteminde birleştirilme işlemi hedef noktalarının koordinatlarının kullanımıyla yapılmıştır. Bu yöntem literatürde hata payını en aza indirmek için en uygun yöntem olarak belirtilmektedir. Alan çalışmasında, bazı hedef noktalarının bazı bölümlerde tam olarak ayırt edilememesi üzerine, birleştirme işleminin sonuçları göz önünde bulundurularak, bu hedef noktaları veri işleme sürecinin dışında tutulmuştur. Bu tür yapılarda genel olarak beklenen hata payı 1 cm in altıdır. Alan çalışmasında ise 0.004 m hata payı olarak elde edilmiştir. Birleştirme işleminden sonra 100.446.404 nokta elde edilmiş ve dosya boyutu 110 MB'a ulaşmıştır.

Nokta bulutu veri lazer taramadan gelen, objeye ilgili olan ve olmayan, yakın çevresini de içine alan, tüm verileri kapsamaktadır. Bu nedenle verilerin düzenlenmesi ve gerekli olmayan kısımların temizlenmesi gerekmektedir. Bu alan çalışmasında da nokta bulutunun bazı bölümleri yapıyla doğrudan ilişkili olmadığı için temizlenmiş ve temizlendikten sonra nokta sayısı 95.578.840'a düşmüştür. Bazı durumlarda veri yönetimini kolaylaştırmak için fazla verilerin temizlenmesi gerekmektedir. Fakat bu veri temizliğinde nokta bulutunda genel bir azaltmaya gitmek veri kaybına neden olabileceği için tavsiye edilmemektedir [5]. Birbiri üzerine binen alanlarda artan kumlu bölgelerde bir azaltmaya gitmek de detay kaybına neden olabileceğinden bu işlemin oldukça dikkatli yapılması gerekmektedir [6].

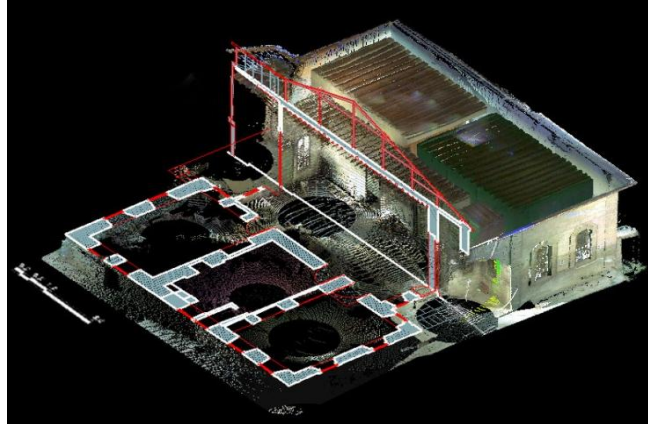
2.4.3. Plan, kesit ve görünüşlerin hazırlanması

Verilerin birleştirilmesinin ardından, veri ortak bir koordinat sistemine gelmektedir. Bu koordinat sistemi, istenen plan, kesit ve görünüşlerin son haline göre yerel koordinat sistemine çevrilebilir. Bu çevirme, bu alan çalışmasında, X,Y ve Z

noktaları belirlenebilen referans 3 nokta ile Cyclone yazılımında UCS (kullanıcı koordinat sistemi) kullanılarak yapılmıştır (Şekil 5).

Türkiye’de hazırlanan rölöve ve restorasyon projelerinde istenen kesit sayısı objenin büyüklüğüne ve karmaşıklığına göre değişmektedir. Ama genel olarak enine ve boyuna olmak üzere iki temel kesit mutlaka olmak zorundadır. Nokta bulutu verinin mimari rölöve ve restorasyon projelerinde sağladığı en büyük avantajlardan biri de, istenilen kottan ve istenilen yerden, istenilen sayıda plan ve kesit elde etme kolaylığı sağlamasıdır (Şekil 6a-6b). Planlardaki kesit kalınlıkları ve detayların belirlenmesi ve organize edilmesi, nokta bulutu veri üzerinden geleneksel yöntemlere göre çok daha kolay olmaktadır. Bu alan çalışmasının planlarının hazırlanmasında yatay kesit kalınlığı 0.01 m ve yer seviyesinden yüksekliği de 1.5 m olarak alınmıştır. Elde edilen kesitler DXF formatında AutoCAD’ e aktarılmıştır. Zemin kaplaması ve tavan planı için gerekli olan izdüşümü görüntüsü ve binanın cepheleri TIFF formatında ortofoto olarak AutoCAD’e aktarılmıştır (Şekil 6c-6d).

Bütün ortofotolar Cyclone’dan georeferans veri olarak yan dosyalar (TWF, TFW uzantılarında) şeklinde aktarılmıştır. Bu görüntüler AutoCAD’te Cyclone’dan gelen koordinat sistemine göre gerçek ölçüsünde ve yerinde gelmektedir.

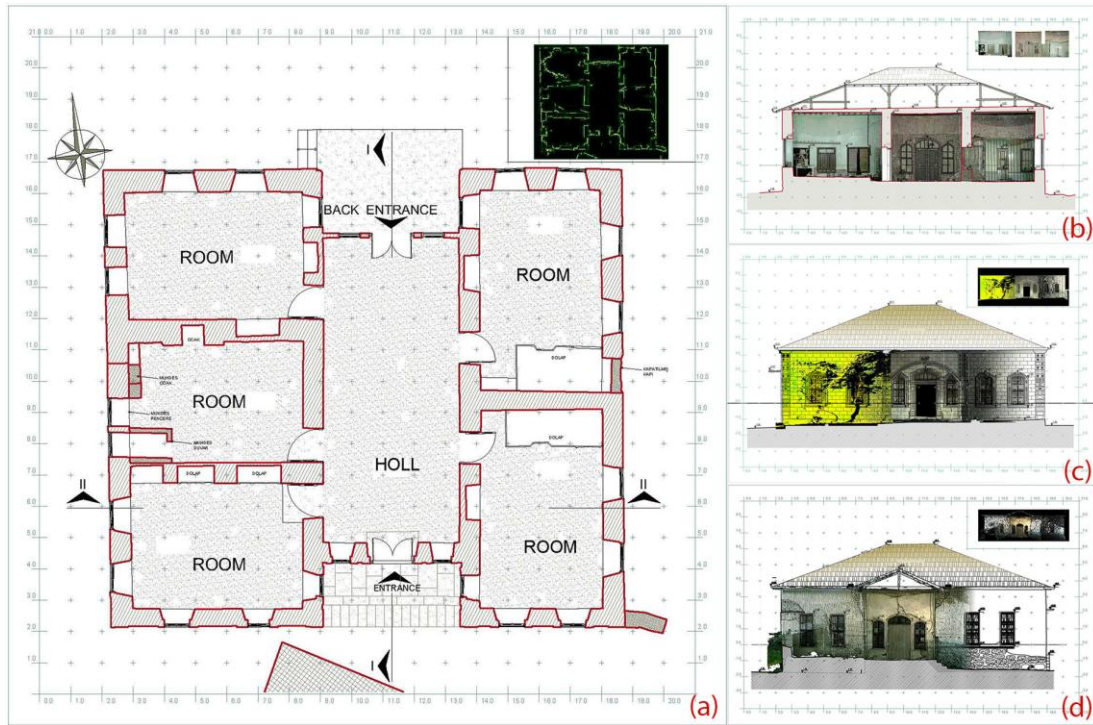


Şekil 5. Plan, kesit ve görünüşün grafiksel gösterimi

2.4.5. Modelleme

Dijital 3D modelleme sayesinde binalar kendi fiziksel konumlarından farklı olarak görselleştirilebilir, algılanabilir ve anlaşılabilir [7]. 3D veri elde etmede modern tekniklerin gelişmesiyle birlikte, nokta bulutu verilerin fotoğrafla kaplanmaları da mümkün olmuştur. Mimari rölövelerde geometrik veri üzerinden 3D model üretilmesi, kültürel miras alanındaki çalışmalarda farklı veri toplama ve paylaşma yöntemlerine

öncülük etmiştir. Genellikle parametrik 3D modeller nokta bulutu üzerinden bazı ölçümlerin kullanılmasıyla bazı düşüncelerin ifade edilmesinde kullanılmaktadır (Şekil 7). Bu modellerde nokta bulutu verilerin mesh modellere dönüştürülmesine gerek duymamaktadır. Nokta bulutu veriler temel olarak iki nedenden ötürü mesh modellere çevrilirler. İlki, Mesh modeller farklı grafik yazılımlarında farklı amaçlar için kullanılabilir ve internet aracılığıyla kolaylıkla paylaşılabilir. İkinci olarak ise mesh modeller genellikle 3D üretim (printing) teknolojilerinde kullanılmaktadırlar [8]. 3D model üretimi sayesinde taranmış objelerin replika (kopya)ları farklı malzemelerle farklı ölçeklerde üretilmekte, obje hakkında bilgi vermek için multimedya sanal müzelerde ve sergilerde, bilgi yayılımı ve paylaşımında ve profesyonel çalışmalarda ve 3D rekonstrüksiyonların üretilmesinde kullanılmaktadır[9]. Özellikle 3D rekonstrüksiyondan nokta bulutu ve mesh model elde eden görüntü temelli yaklaşımlar, yersel lazer tarama yöntemiyle kıyaslandığında daha ekonomiktir [10,11].



Şekil 6. (a) Cyclone'dan AutoCAD'e dxf formatında aktarılan (export edilen) noktardan çizilen plan (b) Yapıdan bir kesit (c) Yapının ortofoto üzerinden çizilen güney cephesi. (d) Yapının ortofoto üzerinden çizilen kuzey cephesi

Elde edilen bu 3D sonuçlar, arkeolojik analizler, dijital koruma, bilgisayar destekli restorasyonda, sanal gerçeklik ya da bilgisayar grafik uygulamaları gibi birçok farklı amaç için kullanılabilen [12] ve farklı disiplinler arası çalışmalarla entegre

edilebilmektedirler [13]. Ayrıca kalibre edilmiş yüksek çözünürlüklü dijital görüntüler otomatik ya da yarı otomatik olarak işlenebilir ve bu verilerden dokulu üçgenlenmiş yüzeyler ya da ortofotolar üretilebilmektedir [14,15]. Ayrıntılı grafik iletişim sağlayan 3D modeller anlaşılmayı kolaylaştırmakta ve onları temel değerleriyle sunmaktadır [16].



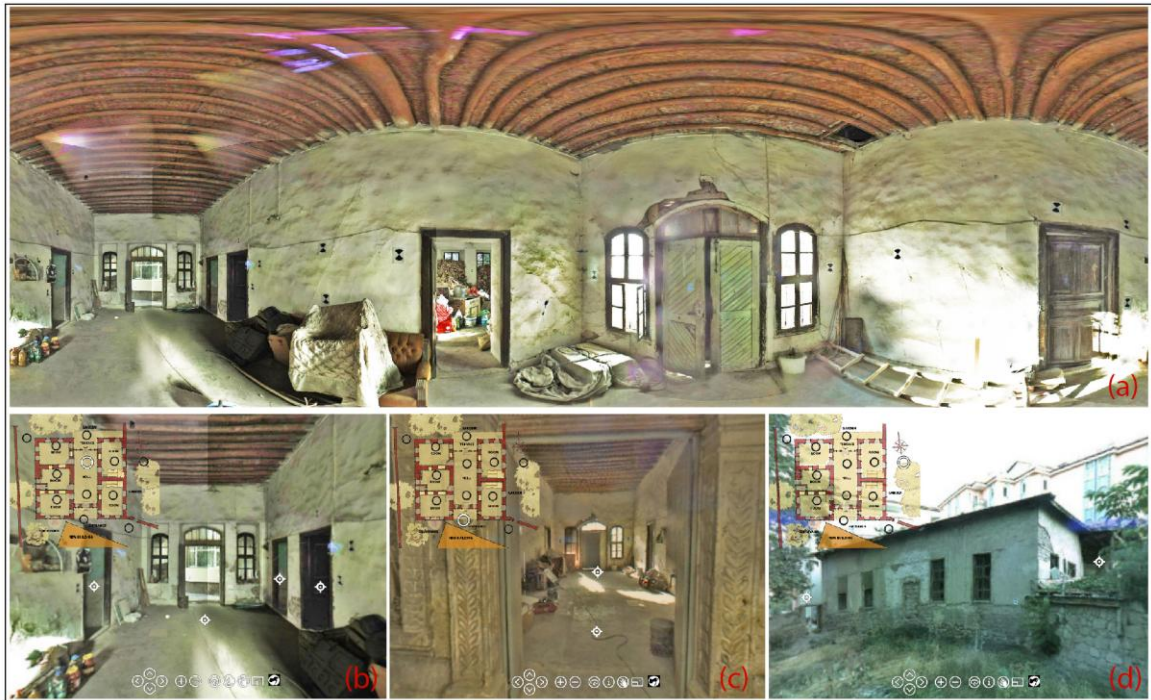
Şekil 7. (a) 3D model ve nokta bulutu veri. (b) AutoCad'ten 3d Studio Max'e aktarılan 3D model (c): Renderlı ön cephe

Bu çalışmada, tarihi binanın sadece cepheleri modellenmiştir. Nokta bulutu very Cyclone'dan PLY uzantılı olarak kaydedilmiş ve üçgenleme işlemi için MeshLab yazılımına aktarılmıştır. Bu tür işlemler, zaman kaybının önlemek için, hızlı işlemcileri ve grafik kartları olan güçlü bilgisayarlar gerektirmektedirler. Aksi halde nokta bulutu veri parçalara ayrılabilir ve modelleme bölüm bölüm yapılabilmektedir [17]. Mesh model üretildikten sonra, genel olarak bazı boşlukların doldurulması, modelin eksik bölümlerinin onarılması ve bazı optimizasyonların yapılması gerekmektedir. Mesh modelin fotoğraf dokusu ile kaplanmasının ardından 3D model istenilen amaç için kullanılabilir.

2.4.6. Sanal Panoramik Tur

Sanal modeller kullanıcıların 3D modellerle sanal bir ortamda etkileşime geçmesini sağlayan temel medya araçlarıdır. Son yıllarda panoramik görüntülerle hazırlanan sanal turlar, kültürel miras alanında belgeleme, koruma, rekonstrüksiyon, karar-destek ve kültürel mirasın tanıtımında kullanılmaktadır. Özellikle arkeoloji alanında sanal modeller etkileşimi ve görselleştirmeyi zenginleştirmektedirler [18]. Bu da onları, sürdürülebilir turizm ve kültürel miras yönetim alanlarında olduğu kadar [19], arkeolojik kalıntıların görselleştirme ve 3D rekonstrüksiyonu için güçlü bir araç haline getirmektedir [20].

Kültürel mirasın korunması gerekliliği düşünüldüğünde her yıl artan ziyaretçi sayılarının kültürel mirasa olumsuz etkileri olmakta, korunması gerekli miras daha da fazla yıpranıp zarar görebilmektedir. Diğer taraftan turizm şirketleri ve ülkeler kültürel miraslarını reklam aracı olarak kullanıp daha fazla turist çekmeye çalışmaktadırlar. Bu noktada sanal turlar, ziyaretçilere kültürel mirası sanal ortamda ziyaret deneyimini yaşattıkları için bir çözüm önerisi olabilmektedirler. Sanal turların kültürel miras alanındaki tek katkısı bu da değildir. Belgeleme ve veri kayıt edilmesinin yanında, kayıp miras hakkında bilgi verir, mimarlık okullarında eğitim sürecini destekler, uzman ve uzman olmayan paydaşlarla gerçekleştirilen öğrenme deneyimlerini geliştirir [21]. Panoramik turların bir diğer avantajı ise koruma uzmanları içindir. Bazı durumlarda güvenlik ve mesafe gibi özel nedenlerden ötürü kültürel mirası görmek zor olabilmektedir. Böyle bir sistem, koruma alanında çalışan karar vericiler için oldukça faydalı olacaktır (Şekil 8).



Şekil 8. (a) Ana holün panoramik görüntüsü. (b) Ana holden panoramik tur görüntüsü (c): Girişten panoramik tur görüntüsü (d): Bina çevresinden panoramik tur görüntüsü

Kültürel miras alanında son 20 yılda teknoloji sayesinde birçok veri elde etme araçları gelişse de, karmaşık objeler için basit ama etkili bir araç olan sanal turlar öne çıkmaktadır [22]. Bu çalışmada sanal tur, yersel lazer tarama aletinden gelen panoramik fotoğraflardan oluşturulmuştur.

Bu görüntüler aynı zamanda Cyclone'dan JPEG formatında da aktarılabilir. Panoramik bu fotoğraflar PTGui yazılımında işlenerek, Pano2VR yazılımında sanal tur oluşturulmuştur.

3. Tartışma ve Sonuçlar

3.1. Tartışma

Bu alan çalışması ile lazer tarama teknolojisinin mimari belgeleme alanında yüksek veri toplama kapasitesi, verilerin yüksek doğrulukta olması, yoğun bilgi içermesi, alan çalışmalarında sağladığı zaman tasarrufu ve üretkenliğe sağladığı olumlu katılardan dolayı tercih edilmektedir [23]. Bu yoğun veriler tarihi binaların şekillerinin kolay tespitinde veya çalışılan obje ile ilgili yüzeysel deformasyon ve bozulmalar, asimetrik yüzey davranışlarını belirleyebilmemiz açısından önemli bir gelişmedir[24]. Bu teknoloji sadece zaman kazanımına ve verilerin analizlerine yönelik avantajlarla beraber, objenin en önemli detaylarına kadar belgeleme kapasitesine sahiptir. Bu detaylar bazen geleneksel yöntemlerle belgelenmesi oldukça zor düzensiz şekillerin belgelenmesinde yüksek performans göstermektedir. Özellikle fiziksel olarak ulaşılması zor yüzeylerden veri toplama konusunda tarama cihazının menziline göre önemli avantajlar sağlanmakta, ulaşılması zor bölümlerin kolaylıkla belgelenmesi sağlanmaktadır. Geleneksel yöntemlerle özellikle malzeme bozulmalarının belirlenmesi ve haritalanması genellikle gözleme dayalı verilerle yapılırken, lazer tarama teknolojileri ile yüksek hassasiyette bu bozulma haritaları elde edilebilmektedir [25]. 3D teknolojilerine sağladığı destek sayesinde, elde edilen verilerin depolanması ve paylaşımına yönelik önemli avantajlar sağlamaktadır. Özellikle mimari belgelemelerin kolaylıkla internet ortamından paylaşılması bilginin kolaylıkla birden fazla paydaşa eş zamanlı ulaştırılması yönüyle önemlidir [26].

Lazer tarama yönteminin hızı genellikle cihazın çalışma prensibi ve tercih edilen tarama yoğunluğu ile doğrudan ilgilidir. Her durumda bu teknoloji geleneksel yöntemlere göre daha hızlı ve yoğun veri toplama kapasitesine sahiptir. Doğrudan ölçüm tekniği ve topografi ölçüm tekniklerinden farklı olarak lazer tarama teknolojileri objenin tamamına yönelik dijital ortamda depolanabilen verileri içerir. Bu niteliği özellikle kompleks şekilli obje ölçümlerinde ortaya çıkmaktadır. Yine topografya ve

doğrudan ölçüm tekniğinden farklı olarak objenin tamamına yönelik malzeme ve strüktüre yönelik çalışmalar gerçekleştirilebilmektedir.

Lazer tarama verilerinin doğrudan CAD yazılımları ile entegre edilebilmesi verilerin mimari anlamda kolay işlenmesini sağlamaktadır. Nokta bulutunun doğrudan CAD yazılımları içerisinde yönetilebilmesi ilave yazılım gerektirmeden tüm mimari paftaların CAD ortamında kolaylıkla hazırlanmasını ve özel bir yazılım bilgisi gerektirmeden verinin kullanılmasını sağlamaktadır. Son yıllarda CAD yazılımlarının nokta bulutunun daha kolay ve yoğun bu ortamda kullanıma yönelik çalışmalar yaptığı gözlemlenmektedir.

Lazer tarama cihazları ve tarama sonrası verilerin işlendiği yazılımlar konunun yaygınlaşmasına rağmen pahalı olarak kabul edilmektedir. Bu ise teknolojiye ulaşma ve yaygın kullanımına yönelik en önemli engeldir. Bununla beraber bu teknolojiyi ve yazılımı kullanan teknik personel istihdamının gerekliliği maliyeti artıran bir faktör olarak bilinmekte ve kullanıcıyı teknolojiden uzaklaştırmaktadır.

3.2. Sonuçlar

Lazer tarama teknolojilerinin kullanımı mimari koruma alanına önemli katkıları olduğu açıktır. Bu teknoloji salt bir ölçüm metodundan daha çok bina özelinde önemli araştırmaların yapılmasına imkan veren bir tekniktir. Makale çalışması kapsamında yapılan alan çalışmasında kısa bir zaman diliminde elde edilen lazer tarama verisi geleneksel yöntemlere oranla oldukça hızlı ve yoğundur. Geleneksel yöntemlerden farklı olarak lazer tarama teknolojileri günümüz dijital ortamı ile daha bütünleşik çalışabilmekte özellikle bu yöntemle elde edilen 3D modeller net ortamından kolaylıkla paylaşılabilirler. Lazer tarama yöntemi ile elde edilen nokta bulutlarından elde edilen kesitler sayesinde kolaylıkla plan ve kesit paftaları oluşturulabilmektedir. Sağladığı bu kolaylıklar sebebiyle, koruma projelerinin hazırlanmasında önemli katkılar sağlayacağı açıktır. Teknolojinin önemine rağmen, konu yüksek öğretime yeterince dahil edilememiş, bununla ilgili atölye çalışmaları verilememiş ve konu tabana yayılamamıştır. Bu teknolojinin tabana yayılmamasında en büyük etken hazırlanan projelerde bu teknolojilerin kullanımını zorunlu kılacak bir yasal düzenlemenin olmamasındandır.

Lazer tarama teknolojileri sağladıkları kolaylıklara karşın farklı problemleri de beraberinde getirmektedir. Mimarlık faaliyetleri kapsamında temel sorunun halen

teknolojiye ulaşmada karşılaşılan güçlüklerdir. Uygun bir tarama aletinin alımı, yazılımları teknolojinin ilk yatırım maliyetini artırmaktadır. Bununla beraber yetmişş eleman eksiklikleri önemli sorunlar arasındadır. Bu sorunlardan dolayı, proje sahipleri gerekli teknolojiye kiralama yöntemi ile ulaşmayı tercih etmektedirler.

Çalışmada, küçük fonksiyonlu, Aksaray’da yaygın olarak görülen bir sivil mimarlık örneği seçilmiştir. Yapının kent merkezinde oluşu ve etrafında yeni yapılaşmanın olması örneğin seçilmesinde etken olmuştur. Bu etkenler aynı zamanda arazi çalışmasını ve veri işlemlerini de etkilemiştir. Yapının güney ve batı cephelerinin veri kalitesi diğerlerine göre daha düşük ve özellikle üst bölümlerde kumlu (noisy) alanları barındırmaktadır. Bu da verilerin hizalanmasında zorluk çıkarmıştır. Ayrıca yapı içinde bulunan karanlık ve ışık almayan bölümlerde ve ışığın ters geldiği bölümlerde veri kalitesi düşük olmuştur. Güney ve batı cephelerindeki dar alanlar tarama sayısını arttırmış, bu da arazide çalışma süresini uzatmıştır. Benzer şekilde teknolojiye erişim ve yazılım alanlarında da zorluk yaşanmıştır. Alan çalışması, uygun aletin bulunması ve kiralanması yoluyla çözülmüştür. Verinin net olmadığı ve karanlık bölgelerde gerektiğinde geleneksel yöntemlerden destek alınması gerektiği unutulmamalıdır. Bunların yanı sıra, lazer tarama teknolojisi geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında, süre, hassasiyet ve sonuç ürün alanlarında avantajlar sağlamaktadır.

Kaynaklar

- [1] Lysandrou, V., Agapiou, A., Comparison of documentation techniques for the restoration and rehabilitation of cultural heritage monuments: The example of Pyrgos ‘Troulli’ medieval tower in Cyprus, *EuroMed2010 International Conference, (2010) 21*.
- [2] 3DRiskMapping Research Project Report, Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning Training material based on practical applications., Universidad Politécnicade Valencia, 2008,240 available from: http://jllerma.webs.upv.es/pdfs/Leonardo_Tutorial_Final_vers5_ENGLISH.pdf Ziyaret tarihi:Temmuz 2013).
- [3] Docci, M., Maestri, D. Manuale di Rilevamento Architettonico e Urbano, 1994, Italy. (Ziyaret tarihi:Temmuz 2013).
- [4] Agapiou, A., Hadjimitsis, D.G., Themistocleousat, K. Geometric documentation of historical churches in Cyprus using laser scanner, *EuroMed2010 International*

- Conference (2010) 1 <http://users.ntua.gr/drag/files/Download/The%20Geometric%20documentation%20of%20the%20Asinou%20Church.pdf> (Ziyaret tarihi:Temmuz 2013).
- [5] Leronés, P. M., Fernández, J. L., Gil, Á. M., Bermejo, J. G-G., Casanova, E. Z. A practical approach to making accurate 3D layouts of interesting cultural heritage sites through digital models, *Journal of Cultural Heritage* 11 (2010) 1–9.
- [6] Rütter, H., Held, C., Bhurtha, R., Schröder, R., Wessels, S. Challenges in Heritage Documentation with Terrestrial Laser Scanning, http://africageodownloads.info/122_ruther.pdf (Ziyaret tarihi:Temmuz 2013).
- [7] Balzani M., Bughi C., Ferrari F., Rossato L., Tursi A., Alberti's Box: The Cultural Multimedia Project on the Architectures of Leon Battista Alberti, 4th International Conference, EuroMed 2012 Limassol, Cyprus, Proceedings, (2012) pp:40, pp.67
- [8] Sitnik, R., Bolewicki, P. , Rutkiewicz, J., Michonski, J., Karaszewski, M., Lenar, J., Mularczyk, K., Zaluski, W. Project “revitalization and digitization of the seventeenth century palace complex and garden in Wilanow – phase III” task “3d digitalization of selected exhibits collection” *EuroMed2010 International Conference,(2010)* 7.
- [9] Tucci, G., Cini, D., Nobile, A. A defined process to digitally reproduce in 3D a wide set of archaeological artifacts for virtual investigation and display, *Journal of Earth Science and Engineering* 2(2012) 118-131.
- [10] Fassi, F. , Fregonese, L., Ackermann, S., De Troia V. Comparison between laser scanning and automated 3d Modeling techniques to reconstruct complex and extensive cultural heritage areas,. *ISPRS Trento Workshop (2013)* 79 http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-5-1/73/2013/_isprsarchives-XL-5-W1-73-2013.pdf (Ziyaret tarihi:Temmuz 2013).
- [11] Remondino F.,Pizzo S., Kersten, P., Troisi S., Low-Cost and Open-Source Solutions for Automated Image Orientation – A Critical Overview, *4th International Conference, EuroMed 2012 Limassol, Cyprus, Proceedings, (2012)* pp:40
- [12] Rizzi, A., Baratti, G., Jiménez, B., Girardi, S., Remondino, F. 3d recording for 2d delivering - The employment of 3d models for studies and analyses, *ISPRS Trento Workshop, (2011)* 309 <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXVIII-5-W16/301/2011/isprsarchives-XXXVIII-5-W16-301-2011.pdf> (Ziyaret tarihi:Temmuz 2013).

- [13] Cappellini, V., Campi, M. 3d survey of the San Carlo Theatre in Naples, *ISPRS Trento Workshop, (2011) 95* <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXVIII-5-W16/91/2011/isprsarchives-XXXVIII-5-W16-91-2011.pdf> (Ziyaret tarihi:Temmuz 2013).
- [14] Koska, B., Křemen, T. The combination of laser scanning and structure from motion technology for creation of accurate exterior and interior orthophotos of St. Nicholas Baroque Church, *ISPRS Trento Workshop (2013) 137.* <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-5-W1/133/2013/isprsarchives-XL-5-W1-133-2013.pdf> (Ziyaret tarihi:Temmuz 2013).
- [15] Neubauer, W., Doneus, M., Studnicka, N., Riegl, J. Combined high resolution laser scanning and photogrammetrical documentation of the pyramids at Giza, CIPA International Symposium (2005) available from: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/TURIN/470.pdf> (Ziyaret tarihi:Temmuz 2013).
- [16] La Mantia, M., Lanfranchi, F. The reverse modeling realized by digital scans and fotomodellazione: Based on post-processing compared several noteworthy episodes contained in The Basilical Complex Of San Lorenzo Fuori Le Mura in Rome, *ISPRS Trento Workshop,(2011) 152* <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-5-W1/147/2013/isprsarchives-XL-5-W1-147-2013.pdf> (Ziyaret tarihi:Temmuz 2013).
- [17] Fassi, F., Achille, C., Gaudio, F., Fregonese, L. Integrated Strategies for the modeling of very large, complex architecture, *ISPRS Trento Workshop (2011) 106* http://www.sitech-3dsurvey.polimi.it/publications/3d_arc.pdf (Ziyaret tarihi:Temmuz 2013).
- [18] Pavlidis, G., Koutsoudis, A., Arnaoutoglou, F., Tsioukas, V., Chamzas, C. Methods for 3D digitization of cultural heritage, *Journal of cultural heritage 8 (2007) 93–98.*
- [19] Letellier, R., Virtual Reality: A New Tool for Sustainable Tourism and Cultural Heritage Sites Management. *XVII CIPA Symposium - Olinda, Brazil - 3 - 6 October 1999.*

- [20] Bruno, F., S. Bruno , G. De Sensi , M-L. Luchi , S. Mancuso, M. Muzzupappa, From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition, *Journal of Cultural Heritage* 11 (2010) 42–49.
- [21] Reffat, R. M., Nofal, E. M.. Effective Communication With Cultural Heritage Using Virtual Technologies. *International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W2, 2013 XXIV International CIPA Symposium, 2 – 6 September 2013, Strasbourg, France.*
- [22] Kersten, T. P., Lindstaedt, M. Virtual Architectural 3D Model of the Imperial Cathedral (Kaiserdom) of Königsutter, Germany through Terrestrial Laser Scanning, *4th International Conference, EuroMed 2012 Limassol, Cyprus, Proceedings, (2012) pp:202*
- [23] Mamede, C.G., Silva, B.Q., Schuler, C.A.B. Laser scanner in works of art and historical monuments monitoring, *8th FIG Regional Conference Surveying Towards Sustainable Development, 2012*
http://www.fig.net/pub/uruguay/papers/ts02a/TS02A_mamede_queiroz_da_silva_et_al_6340.pdf (Ziyaret tarihi:Temmuz 2013).
- [24] . Haddad, N. A. From ground surveying to 3d laser scanner: A review of techniques used for spatial documentation of historic sites, *Journal of King Saud University – Engineering Sciences* (2011) 23 109–118.
- [25] Armesto-Gonzalez, J., Riveiro-Rodriguez, B., González-Aguilerab, D., Rivas-Brea, M. T. Terrestrial laser scanning intensity data applied to damage detection for historical buildings, *Journal of Archaeological Science* 37 (2010) 3037-3047
- [26] Lourenço, P.B., Peña, F., Amado, M. A document management system for the conservation of cultural heritage buildings, *International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analysis, and Restoration*, (5) 1 (2010) 101-121.