

**YERSEL LAZER TARAMA TEKNOLOJİSİ VE KÜLTÜREL MİRASIN
KORUNMASI UYGULAMASINDA TARİHİ GÖLYAZI KİLİSESİ ÖRNEĞİ**

Mehmet ÖKSÜZ

**Bülent Ecevit Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

ZONGULDAK

Haziran 2012

KABUL:

Mehmet ÖKSÜZ tarafından hazırlanan "YERSEL LAZER TARAMA TEKNOLOJİSİ VE KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASI UYGULAMASINDA GÖLYAZI KİLİSESİ ÖRNEĞİ" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir. 01/06/2012

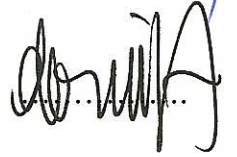
Başkan : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin TOPAN (BEÜ)



Üye : Doç. Dr. Hakan KARABÖRK (SÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Devrim AKÇA (İÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. .../.../2012



Prof. Dr. Özden ÖZEL GÜVEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Mehmet ÖKSÜZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YERSEL LAZER TARAMA TEKNOLOJİSİ VE KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASI UYGULAMASINDA TARİHİ GÖLYAZI KİLİSESİ ÖRNEĞİ

Mehmet ÖKSÜZ

Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Hüseyin TOPAN

Haziran 2012, 55 sayfa

Günümüzde mimari dökümantasyon ve kültürel mirasın korunması çalışmalarında optik görüntülerin yanı sıra yeni bir ölçme ve modelleme yöntemi olan yersel lazer tarama teknolojisi de kullanılmaya başlanmıştır.

Bu tezin genelinde, yersel lazer tarayıcılar üzerine yapılan araştırmalardan, yersel lazer tarama teknolojisinden, ölçme işlemlerinden, 3 boyutlu verilerin değerlendirilmesi için kullanılan yazılımlar da, yersel lazer tarama teknolojisinde hata kaynaklarından ve tarayıcıların kullanım alanlarından bahsedilmiştir. Uygulama Gölyazı Kilise'sinde gerçekleştirilmiş ve tarayıcı olarak uçuş zamanlı ölçme prensibi ile çalışan Leica'nın Scanstation 2 model cihazı kullanılmıştır. Tarama sonucu elde edilen nokta bulutu Cyclone yazılımı ile modellenmiştir. Sonraki aşamada ise model üzerindeki hatalar düzeltilmiştir. Son olarak bu model internet ortamına aktarılmıştır.

ÖZET (devam ediyor)

Anahtar Sözcükler: Yersel lazer tarama teknolojisi, 3B, Modelleme, Gölyazı Kilisesi, Kültürel miras

Bilim Kodu: 616.02.01.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DURING THE APPLICATION OF TERRESTRIAL LASER SCANNING TECHNOLOGY AND CULTURAL HERITAGE EXAMPLE OF HISTORICAL GOLYAZI CHURCH

Mehmet ÖKSÜZ

Bülent Ecevit University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Jeodesy and Fotogrammetry

Thesis Advisor : Asst. Prof. Hüseyin TOPAN

June 2012, 55 pages

Nowadays, terrestrial laser scanning and 3D modelling technology have been widely used in architectural documantation and cultural heritage studies besides the technique of optical imaging.

In the first of this thesis, state of the art and technological aspects of the terrestrial laser scanner are discussed. Then, the surveying procedure of the terrestrial laser scanning, the post procesing software addressed. The error sources of the sensor and the application areas are addressed. Detailed studies about the topics are given. A practical study has been performed in Gölyazı Church using Leica's ScanStation 2 which is based on the flight-time measurement technique. Point cloud data was modeled by the Cyclone software. At the next stage, errors were corrected on the 3D model. Finally, this 3D model was transferred on the internet.

Key Words: Terrestrial laser scanning technology, 3D modelling, Gölyazı Church, culture heritage

Science Code: 616.02.01.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında, üniversite hayatım boyunca bana hep destek olan, bilgi ve tecrübelerini üzerimden hiçbir zaman esirgemeyen ve bu projenin hayata geçmesinde bana cesaret veren öğretim üyesi danışmanım sayın Yrd.Doç.Dr. Hüseyin TOPAN’a (BEÜ);

Tezimin en sıkıntılı kısmı olan ve büyük maliyet gerektiren, uygulama işlemi için gerekli tarayıcının sağlanmasında ve ölçme işlemlerinin gerçekleştirilmesinde tüm desteğini esirgemeyen SİSTEM A.Ş.’ ye ve ölçümleri beraber yaptığımız, çok değerli meslektaşım ve dostum Hasan Bora YAVUZ’a;

Tarama işleminin yapıldığı tarihi Gölyazı Kilise’sinin restorasyonunu yeni tamamlayan ve çalışmamız için gerekli izinleri veren Nilüfer Belediyesi’ne;

Eğitimimin bu seviyelere gelmesinde ve hayatım boyunca her zaman her koşulda bana destek veren yanımda olan sevgili annem Fatma ÖKSÜZ, babam Salih ÖKSÜZ ve kardeşlerim Melih ve Sude’ye ve yakında eşim olacak olan Büşra BAKIRCI’ya sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
 BÖLÜM 1 GİRİŞ	 1
 BÖLÜM 2 YERSEL LAZER TARAMA TEKNOLOJİSİ	 3
 2.1 YERSEL LAZER TARAYICILARIN GENEL ÖZELLİKLERİ	 4
2.1.1 Genel	4
2.1.2 Hız	4
2.1.3 Çözünürlük ve Işın Boyutu.....	4
2.1.4 Alım Uzaklığı Sınırlamaları ve Radyasyon Etkisi.....	4
2.1.5 Görüş Alanı.....	5
2.1.6 Kayıt Araçları	5
2.1.7 Kameralar	5
2.1.8 Taşıma Kolaylığı.....	5
2.1.9 Tarayıcı Bileşenleri	6
2.2 YERSEL LAZER TARAYICILARIN TÜRLERİ	6
2.2.1 Uçuş Zamanlı İşlem Yapanlar	6
2.2.2 Faz Farkı Yöntemiyle İşlem Yapanlar	7
2.3 UYGULAMADA KULLANILAN YERSEL LAZER TARAYICI	8
2.4 UYGULAMADA KULLANILAN YAZILIM	9

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

BÖLÜM 3 YERSEL LAZER TARAYICILARIN UYGULAMA ALANLARI	11
3.1 ULAŞIM VE ALTYAPI UYGULAMALARI.....	11
3.2 MİMARİ VE BİNA ÖLÇME UYGULAMALARI	11
3.3 KIYI UYGULAMALARI.....	12
3.4 AFET İZLEME UYGULAMALARI	12
3.5 KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASINA YÖNELİK UYGULAMALAR.....	13
3.6 ENDÜSTRİYEL UYGULAMALAR.....	14
3.7 MADENCİLİK, TAŞ OCAĞI VE KAZI UYGULAMALARI.....	15
BÖLÜM 4 KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASINI YÖNELİK YERSEL LAZER TARAMA UYGULAMASI	17
4.1 ÇALIŞMA YERİ VE ÇALIŞMA YAPILAN TARİHİ YAPI.....	17
4.2 UYGULAMA İŞLEMİ VE ADIMLARI.....	19
4.2.1 Tarihi Yapı ve Arazinin Ön İncelemesi	19
4.2.2 Ölçme Planlaması	20
4.2.3 Tarama İşlemi	24
4.2.4 Registration İşlemi	33
4.2.5 Hatalı ve Gereksiz Noktaların Temizlenmesi.....	38
BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Leica Scanstation 2.....	6
2.2 Uçuş zamanlı yersel lazer tarayıcı.....	7
2.3 Faz farkı yöntemiyle çalışan lazer tarayıcı	7
2.4 Leica Scanstation 2.....	9
2.5 Cyclone 7.3 yazılımı açılış ekranı.	10
3.1 Karayolu taraması ve tarama verisi üzerinden planlama.....	11
3.2 Tarama verisinden 3B modelleme.....	12
3.3 Gerçek renklendirme yapılarak elde edilen 3B tarihi Gölyazı Kilisesi.....	14
3.4 Endüstriyel yapının nokta bulutu ve modeli	15
3.5 Madencilik, taşocağı ve kazı uygulamaları örneği.....	15
4.1 Tarihi Gölyazı (Apolyont) Köyü.....	18
4.2 İş akış diagramı	19
4.3 Tarihi Gölyazı Kilisesi.....	20
4.4 ScanStation 2 ve ekipmanları.....	21
4.5 HDS Twin-Target Pole.....	21
4.6 Kare ve Yuvarlak HDS Hedefler	22
4.7 Eğilen ve Dönen HDS Hedefler	22
4.8 Siyah/Beyaz Hedefler.....	22
4.9 İç İstasyonlarda alet kurulan noktalar.....	23
4.10 Scan Station 2 Alet Kutusu	24
4.11 Scanstation 2 YLT Kurulumu.	25
4.12 Tarama kontrol ekranı.	26
4.13 Acquire Targets ekranı	28
4.14 Hedeflerin Vertex haline dönüşmesi.	29
4.15 Kilise arkasına geçiş güzergahı.....	30
4.16 4. Dış istasyondan bir görünüm.	31
4.17 Tarama istasyonu kanavas ı	32

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.18 Kilise arkasındaki HDS ve Siyah/Beyaz Hedefler.....	32
4.19 Scanworld dosyasının içeriği	33
4.20 Create Registration.....	34
4.21 Registration penceresi.....	34
4.22 Scanworld ekleme ekranı.....	35
4.23 Scanworld ekleme ekranı-2.....	35
4.24 Constraints listesi.	36
4.25 4x4 kare matris.....	36
4.26 İç tarama registration.....	37
4.27 İç-Dış registration işlemi.	38
4.28 Gereksiz taranmış çevresel nesneler ve gürültülü noktalar.	39
4.29 Fence select fonksiyonu.....	40
4.30 Unify Cloud işlemi	41
4.31 Kilisenin temizlenmiş iç ve dış görünümü.	41
4.32 Cyclone da nokta bulutunun farklı özelliklerde renklendirilmesi fonksiyonu.	42
4.33 Multi-Pick mode fonksiyonu.	43
4.34 Layers menüsü.	43
4.35 Kilisenin tarama sonucu gerçek renkli önden ve arkadan görüntüsü.....	44
4.36 Kilisenin iç taramasından oluşan gerçek renkli bir görünüm.	45
4.37 KeyPlan oluşturma modülü.	45
4.38 Create KeyPlan penceresi.	46
4.39 FUKAL web sitesi üzerinden KeyPlan görüntüsü.	47
4.40 FUKAL web sitesi üzerinden ulaşılan iç istasyondan 2B panoramik görüntü.	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

No

Sayfa

2.1 Scanstation 2 teknik özellikleri.8

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

μ	: mikro
A	: kare matris
%	: yüzde
>>	: sağa ekle
$\pm$	: artı eksi
1:1	: bire bir boyutta

KISALTMALAR

3B	: 3 Boyulu
2B	: 2 Boyutlu
YLT	: Yersel Lazer Tarama
MÖ	: Milattan Önce
TLS	: Terrestrial Laser Scanning
FUKAL	: Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Labratuarı
RGB	: Red, Green, Blue
ASL	: Airbone Laser Scanning
HDS	: High Definition Surveying
ID	: Identity
FWHM	: Full Width at Half Maximum
GPS	: Global Positions Systems
ID	: Identity

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dünyada lazer teknolojisinin başlangıcı 1960'lı yıllara dayanmaktadır. İlk keşfi ise aynı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde Theodore H.Maiman tarafından olmuştur. Lazer İngilizce; Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (uyarılmış ışın salınımıyla ışığın kuvvetlendirilmesi) cümlesinde geçen kelimelerin baş harflerinin alınmasından türetilmiş bir kelimedir. Yıllarca yapılan çalışmalar sonucunda yersel lazer tarama ortaya çıkmıştır. Bu teknolojinin bir ölçüm aracı olarak kullanılması son 15 yılda olmuştur (Gümüş 2008).

Lazer teknolojisinin yaygınlaşması ve geliştirilmesi ile özel sektörde kullanımı iyice artmıştır. Artık sivil sektör de birçok alanda bu teknolojiye yararlanılmaktadır. Tıbbi görüntülemeye endüstriyel tasarıma, çarpma testlerinden, risk haritası üretimine, olay yeri tespitlerinden bu tezin konusunu oluşturan kültürel mirasın korunmasına kadar birçok farklı alanda kullanılmaktadır.

Lazer ışını yüksek genlikli, birbirine paralel, tek renkli, aynı faz ve frekansa sahip dalgalardan oluşmaktadır (Gümüş 2008). Lazer ışınlarının frekanslarının kontrolünün hassas bir şekilde yapılabilmesi, ışının yayılma şekli ve yüksek yoğunluğu lazer teknolojisine kullanımı ile ilgili büyük artılar sağlamaktadır. Başlıca sivil ve askeri olmak üzere birçok farklı alanda kullanılmaya başlanmıştır. 1960 yılında ilk lazer teknolojisine sahip jeodezik alet yapımına başlanmıştır. Lazer teknolojisi askeri alanda, gözetim, iz sürme, çevreyi tanıma ve hedeflerin doğru görüntülenmesinde alternatif mikro dalga radar sistemleri olarak kullanılmıştır (Kahmen 1988). 1990'lı yıllarda ilk olarak totalstationlarda kullanılmaya başlanmıştır. İlk reflektörsüz totalstation, 1994'de Almanya'da Ruhr Üniversitesi'nde geliştirilmiştir. Reflektörsüz totalstationlar, bir bakıma modern lazer tarayıcıların öncüleri sayılmaktadırlar (Lingua ve Rinaudo 2001). Sivil alanda yani özel sektör de ise, görüntüleme ve kısa uzunluk ölçmelerinde kullanılmaktadır. Görüntüleme, iki karşılıklı ve düz açılı yönde lazer ışınlarını saptıran ayna içeren optik mekanik tarayıcı ile sağlanır. Bu aletlere görüntüleme lazer radarları denilmektedir

(Serhebert ve Krothov 1992). Bu alandaki çalışmalar son 25 yılda büyük gelişmeler ve yaygınlaşma göstermiştir. Bilgisayar teknolojisinden yararlanılarak birçok uygulama alanında yersel lazer tarayıcılar kullanılmaktadır. Sivil sektördeki uygulamaların en güzel örneklerinden biri, Aya lazerle mesafe ölçümüdür. Hava lazer tarama teknolojisi (ALS- Airbone Lazer Scanning) 1980’lerde geliştirilmiştir. ALS, sivil sektördeki yapılan uygulamalar arasında yerini almıştır. Örneğın, 1988’de Stuttgart Üniversitesi, Fotogrametri Enstitüsünde ALS tekniğı, sayısal arazi modeli üretiminde uygulanmaya başlanmıştır. Bu alandaki araştırmalara günümüzde yoğun şekilde devam etmektedir (Gümüş 2008).

Yersel lazer tarama hem arazi detayı, hem de yakın uzaklıklardaki nesne konumunun elde edilmesini sağlayan bir yöntemdir. Doğruluğı yüksek, hızlı ve kısa zamanda fazla ölçü yapabilmesi bu teknolojinin birçok alanda kullanılmasını sağlamaktadır. Kültürel mirasın korunmasına yönelik çalışmalarda da yersel lazer tarama teknolojisi büyük kazançlar sağlamaktadır. Tarihi yapıların gereğre birebir yakınlıkta 3 boyutlu modellenmesinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Totalstation veya GPS yöntemiyle bu tür bir modelleme yapmak oldukça güç ve bazen de imkansızdır. Bu yöntemlerde tek tek nokta ölçümü yapılırken, yersel lazer tarayıcılar ile binlerce hatta milyonlarca nokta ölçümü kısa sürede ve yüksek hassasiyetle yapılabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı 3 boyutlu modelleme için, yüksek hız ve doğrulukla ölçü yapmak için yersel lazer tarama teknolojisi büyük önem taşımaktadır.

Bu tezde yersel lazer tarama teknolojisi ile tarihi ve kültürel mirasın korunmasına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Restorasyonu yeni tamamlanmış tarihi Gölyazı Kilisesinin 3 boyutlu modeli çıkarılmıştır. Yersel lazer tarayıcılar ile bu alanda, tarihi ve kültürel mirasın korunması için gerekli belgelendirilmelerin yapılması, hasar ve durum raporlarının çıkarılarak gelecekte restorasyon çalışmalarının gerçekleştirilmesi işlemleri yapılabilmektedir. Bu şekilde ulusal anlamda kültürel mirası gösteren bir bilgi sisteminin kurulabilmesi için altyapı bilgilerinin oluşturulabilmesi sağlanacaktır. Böylece oluşturulan gereğre yakın yüksek özünürlüklü 3B modeller sayesinde, sanal ortamlar aracılığı ile kültür turizminin gerçekleştirilmesi sağlanabilir (Pınarcı 2007). Bu kapsamda yapılan tez çalışmasında kilisenin içi ve dışı hem taranmış hem de üzerine fotoğraf çekimi ile gerçek renk değerleri giydirilmiştir. Elde edilen model üzerinde mühendislik açısından istenilen metrik bilgiye ulaşılabilmektedir. Ayrıca görsel açıdan da kilisenin gerçek boyutlarında sanal ortamda incelenmesi olanağı sağlanmıştır.

BÖLÜM 2

YERSEL LAZER TARAMA TEKNOLOJİSİ

Yersel lazer tarayıcılar için ölçme disiplininin ulaştığı en son noktalardan birisi olduğunu söylenebilir. Saniyede binlerce 3B koordinat verisine sahip nokta ölçümü yapabilecek bir teknolojidir. Buna ek olarak her bir noktaya nesnenin yoğunluğuna göre bir gri değeri veya tarayıcının özelliğine göre renk değeri de eklenmektedir. Özetle lazer tarayıcılar nesne yüzeyini 3 boyutlu koordinatlar ile temsil eder. Tarayıcı ile nesne yüzeyi üzerindeki bir nokta arasındaki mesafe, lazer sinyalinin bu aradaki gidiş-geliş zamanının yüksek doğrulukla belirlenmesiyle ölçülür. Tarayıcılar optik-mekanik yapıda aletler olup, yatayda ve düşeyde taranacak noktanın konumuna göre çeşitli yönlendirmeler yaparak nokta dizini şeklinde ölçüm işlemini gerçekleştirmektedir.

3 boyutlu tarayıcılar, yerinde durarak sabit konumda işlem yapan (üretim hatları gibi işlem yapan), bir tripod gibi düzenekte işlem yapanlar (close-range), topoğrafik uygulamalar için kullanılan uçağa monte (airborne) sistemler olarak sınıflandırılabilirler (Aşkın 2009).

Yersel lazer tarayıcılar ile birebir gerçeğe yakın şekilde sayısallaştırma yapılabilir. Tarama sonucu oluşan veriler eş zamanlı olarak, bilgisayar ortamında veya gömülü ekranda görülebilmektedir. Tarama sonucu oluşan noktalar topluluğuna nokta bulutu adı verilmektedir. Elde edilen nokta bulutundan CAD ortamlarında mühendislik çalışmaları için istenilen tüm metrik bilgilere ulaşılabilir.

2.1 YERSEL LAZER TARAYICILARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1.1 Genel

Kullanıcıların tarayıcıları kıyaslarken genellikle doğruluk derecelerine bakmalarına rağmen uygulama için diğer özelliklerin ve kültürel varlıkları tarama yeteneğini göz önüne almaları gerekmektedir (Boehler and Marbs 2002).

2.1.2 Hız

Yüksek çözünürlük için zamana bağlı olarak nokta taranabilmektedir. 100 nokta/saniye ile 1000 nokta/saniye kabul edilebilir normal hız sayılmaktadır (Boehler et al. 2002). Günümüzde Leica Scanstation 2, C10 gibi 50000 nokta/saniye ve üzeri hızda tarama yeteneğine sahip yersel lazer tarayıcılar mevcuttur.

2.1.3 Çözünürlük ve Işın Boyutu

Nesne çözünürlüğü teorik olarak lazer ısının açısız çözünürlüğüne ve yansıyan ısının nesne üzerindeki alanına bağlıdır. Yüksek çözünürlüğün istendiği durumlarda lazer ısının sağlayabildiği en iyi odaklama kabiliyeti dikkatlice saptanmalıdır (Boehler et al. 2002).

2.1.4 Alım Uzaklığı Sınırlamaları ve Radyasyon Etkisi

Lazer tarayıcılar için verilen alım uzaklığı özelliklerinin pek çok parametreye bağlı olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Bunlar, nesne yüzeyinin yansıma özelliğine, doğrudan güneş ısını almalarına ve ek olarak yansıyan güneş ısısına, nesne üzerindeki yapay radyasyona, nesne yakınındaki radyasyon kaynaklarına bağlıdır. Genel olarak faz farkı prensibini kullanan tarayıcılarda CCD üzerinde sinyal saptanması ve faz farkı ölçümleri daha duyarlı olmasına karşın ısı zamanı prensibini kullanan tarayıcılar nispeten daha kuvvetlidir; gece de ölçüme olanak sağlamaktadırlar (Boehler et al. 2002).

2.1.5 Görüş Alanı

Motorlu dönüş sistemleri bulunmayan tarayıcılarda görüş açısı sınırlayıcı bir unsurdur. Genellikle 40×40 derecelik bir alanda işlem yapabilmektedirler. Tek eksenli tarayıcılar MENSİ SOISIC gibi örnek gösterilebilir (Boehler et al. 2002). Gelişen lazer teknolojisi ile birlikte 360 derece yatayda dönebilen 270 veya 360 derecede düşeyde dönebilen Leica C10 ve HDS 7000 modelleri gibi optik-mekanik yersel lazer tarayıcılar mevcuttur.

2.1.6 Kayıt Araçları

Her tarama işlemi farklı bir konumdan gerçekleştirilmişse bunların tek bir koordinat sisteminde kaydı yapılarak bütünleştirilmesi gerekmektedir. Nesne üzerinde bazı hedef noktaları tarama yazılımlarında kolayca saptanıp bu işlem uygulanabilmektedir. Bazı sistemler kendi özel hedef noktalarını kullanmaktadırlar. Bu hedef noktaları aynı zamanda takeometrik ve fotogrametrik hedef noktaları olarak da uygundur (Boehler et al. 2002).

2.1.7 Kameralar

Çoğu uygulama nesneye ait doku bilgisini içermektedir. Görüntülerin model üzerine uygulanmasıyla gerçekçi modeller sağlanabilmektedir. Bazı tarayıcılar geri dönen yansıma yoğunluğunu da ölçmektedir. Bazıları ise doku haritalaması için yeterli kameraya sahip değildir. Üçgenleme prensibiyle çalışan tarayıcılarda kameranın ısın konumunu bulup belirlemek için doku eklemek uygun olmamaktadır. Yüksek kaliteli görüntü sağlamak için bugün için kamerayı bir tarayıcıya bağlamak uygun çözüm olarak görünmektedir. Bu durumda kamera ve tarayıcının ilgili konumları tarama sonuçları ve görüntülere dayalı olarak kalibre edilmelidir (Boehler et al. 2002). Gelişen teknoloji sayesinde hem tarama hem de fotoğraf çekimi yapabilen tarayıcılar mevcuttur. Bu tarayıcılar da ayrı bir kalibrasyon işlemine gerek kalmamaktadır.

2.1.8 Taşıma Kolaylığı

İdeal olarak tarama sistemi taşınabilir ve küçük olmalıdır. Fakat günümüzde çoğu sistem oldukça ağırdır. Özellikle yerleşim yerlerinden uzakta kültürel nesne uygulamalarında güç birimlerinin de birlikte taşınması önemli bir sorun olmaktadır (Barber 2001). Yeni geliştirilen

tarama cihazlarında dahili bataryalar bulunmaktadır. Ayrıca üzerinde bulunan onboard ekranlar sayesinde harici bir dizüstü taşımaya da gerek kalmamıştır. Tıpkı bir totalstation gibi tek parçadan meydana gelmiştir (Leica C10 gibi.).

2.1.9 Tarayıcı Bileşenleri

Bir lazer tarayıcı sistemi, Şekil 2.1'deki gibi tarama ünitesi, kontrol ünitesi, güç kaynağı, tripod veya sehpa bileşenlerinden oluşmaktadır. Fakat yeni geliştirilen sistemlerde tarayıcı üzerinde bulunan bütünleşik sistemler sayesinde ayrı bir kontrol ünitesine gerek kalmamaktadır. Güç kaynağı tarayıcı üzerine takılabildiğinden ayrı bir bileşen olma durumundan çıkmıştır.



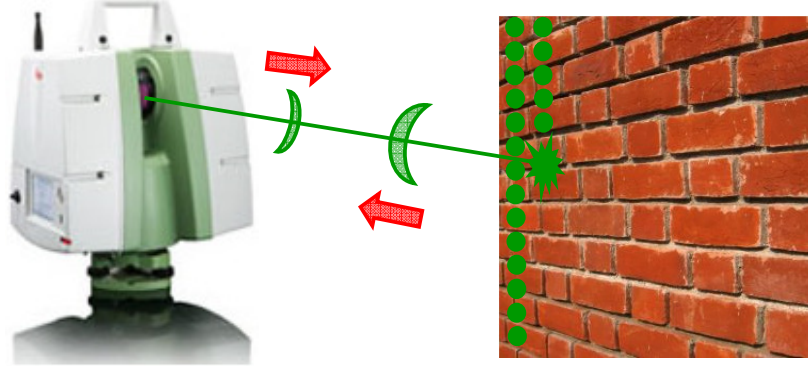
Şekil 2.1 Leica Scanstation 2.

2.2 YERSEL LAZER TARAYICILARIN TÜRLERİ

2.2.1 Uçuş Zamanlı İşlem Yapanlar

Şekil 2.2 de görüldüğü gibi tarayıcı nesneye lazer ışını gönderir, yayılan ve yansıyan lazer ışınlarının gidiş dönüş zamanları yardımıyla aradaki mesafe hesaplanabilmektedir. Bu ilke aynı zamanda elektronik takeometrelerden de bilinmektedir. Tarayıcılar lazer ışınının açısal yön sapmasını engellemek için küçük dönme araçlarına sahiptirler. Bu tip tarayıcıların

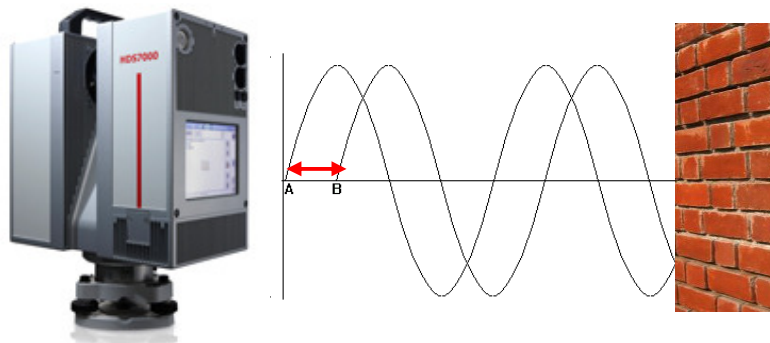
standart sapmaları birkaç mm olmaktadır. Üç boyutlu doğruluk derecesi de lazer ışınının açısal çözünürlüğüne bağlıdır (Boehler et al. 2002). Uzun mesafeli tarama işlemlerinde daha çok tercih edilen yersel lazer tarayıcı türüdür.



Şekil 2.2 Uçuş zamanlı yersel lazer tarayıcı (Harvey 2010).

2.2.2 Faz Farkı Yöntemiyle İşlem Yapanlar

Bu metod da elektronik totalstationlardan iyi bilinmektedir. Bu yöntemde Şekil 2.3 teki gibi lazer ışını harmonik hareketle oluşturulmaktadır ve mesafe giden ve geri gelen dalgaların faz farkından hesaplanmaktadır. Kullanıcı açısından tarayıcıların bu yöntemle çalışması önemli değildir. Daha karmaşık sinyal yapısı kullandığı için doğruluk derecesi daha iyi olabilir (Boehler et al. 2002). Bu yöntemde çalışan yersel lazer tarayıcılar kısa mesafeli taramalar için tercih edilmektedir.



Şekil 2.3 Faz farkı yöntemiyle çalışan lazer tarayıcı (Harvey 2010).

2.3 UYGULAMADA KULLANILAN YERSEL LAZER TARAYICI

Lazer tarayıcının seçimi, yapılan uygulamaya bağlıdır (Karabörk 2009). Bu tezde kullanılan yersel lazer tarayıcı Leica firmasının 2007 yılında üretimine başladığı Şekil 2.4'te görülen Scanstation 2 modelidir. Çizelge 2.1'deki teknik özelliklere sahip tarayıcı uçuş zamanlı ölçme prensibiyle çalışmaktadır (Sistemas 2009).

Çizelge 2.1 Scanstation 2 teknik özellikleri.

Cihaz türü	Pulsed, çift-eksen kompanse, çok yüksek hızlı lazer tarayıcı , ölçüm – dereceli doğruluk, mesafe ve görüş alanı ile beraber
Kullanıcı arayüzü	Dizüstü yada tablet bilgisayar
Tek ölçüm doğruluğu	pozisyon 6mm mesafe 4mm Açı(yatay/düşey) 60µ rad/60µ rad (3.8 mgon/3.8 mgon)
Lazer nokta boyutu	0-50m: 4mm (FWHH-tabanlı); 6mm(Gaussian-tabanlı)
Model yüzey doğruluğu/gürültü	2mm
Hedef doğruluğu	2mm standart sapma
Çift-eksenli kompansatör	çözünürlük 1'' , dinamik mesafe +/- 5'
Veri bütünlüğü izleme	Çalıştırma ve başlatma boyunca periyodik kendi kendine kontrol
Lazer tarama sistemi	mesafe 300m @ %90; 134m @18 albedo tarama oranı maksimum aynı anda 50,000 nokta/saniyeye kadar ortalama: belirli bir tarama yoğunluğu ve görüş alanına dayalı tarama yoğ. < 1mm maks. , tam mesafe boyunca tamamen seçilir yatay ve düşey aralık bırakma; tek nokta bulundurma özelliği
Lazer sınıfı	3R (IEC-60825), görünür yeşil
Işık	parlak güneş ışığı ve komple karanlıkta tam çalışır.

Tarayıcı bir dizüstü veya tablet bilgisayara ethernet kablosuyla bağlanarak Cyclone yazılımı ile kumanda edilir. Tarayıcı üzerinde bellek bulunmayıp, taranan noktalar eş zamanlı olarak dizüstü veya tablet bilgisayara kayıt edilmektedir.



Şekil 2.4 Leica Scanstation 2 (Sistemas 2009).

2.4 UYGULAMADA KULLANILAN YAZILIM

Uygulamada Leica tarafından geliştirilen Cyclone 7.3 yazılımı kullanılmıştır (Şekil 2.5). Program, İsviçre’den alınan özel izin ve bir aylık bir kullanım şifresi ile birlikte 3B modellemede kullanılmıştır. Milyonlarca nokta ile çok hızlı bir şekilde çalışma imkanı vermektedir. Taranan yüzeylerden elde edilen nokta bulutlarının birleştirilmesi, hataların giderilmesini, model üzerine giydirme yapılabilmesini, diğer CAD yazılımlarına veri aktarılmasını ve farklı mühendislik uygulamaları için gerekli metrik bilgilerin alınmasını sağlamakta en iyi şekilde çalışmaktadır. Cyclone fonksiyonel bir yapıya sahiptir. Nokta bulutları üzerinde görsellik açısından bir çok farklı işlem yapabilme özelliğine sahiptir. Tarama verileri ile oluşan 3B modeli farklı renklendirme özellikleri ile değişik şekillerde görüntüler kazandırmaktadır. Gerçek renk değerleri ile, madde yoğunluna göre özel renkler ile ve gri tonlamalı olmak üzere 3 farklı renkte görüntüm imkanı vermektedir. Ayrıca perspektif ve ortografik olmak üzere iki farklı fiziksel 3 boyutlu görünüş özelliği mevcuttur.



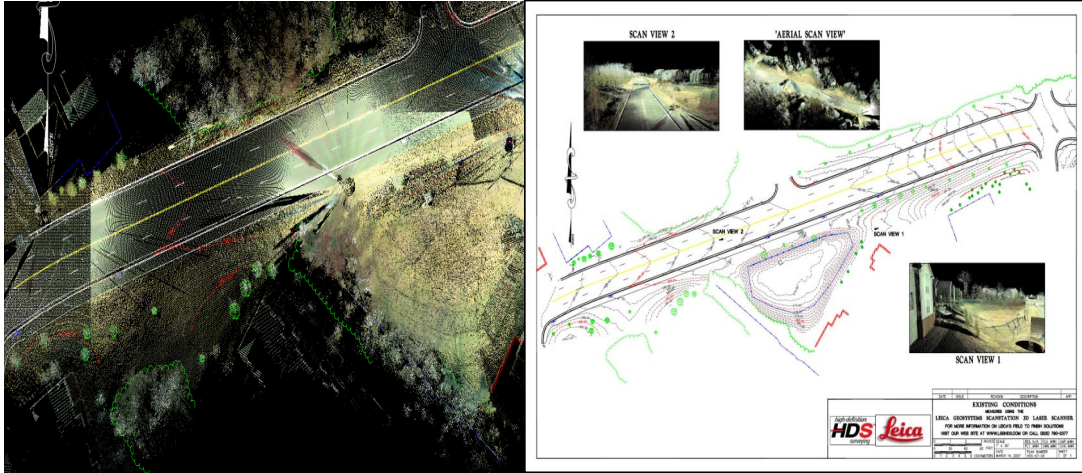
Şekil 2.5 Cyclone 7.3 yazılımı açılış ekranı.

BÖLÜM 3

YERSEL LAZER TARAYICILARIN UYGULAMA ALANLARI

3.1 ULAŞIM VE ALTYAPI UYGULAMALARI

Ulaşım ve altyapı sektöründe kullanılması, ölçme verilerinin toplanmasında sağlık, güvenlik ve zaman kısıtlamaları konuları ile ilgilidir. Karayolu ve demiryolu yapılarının yönetiminde ve ölçme işlemlerinde etkili bir Şekilde kullanılmaktadır. Kısa zamanda uzun hatların verilerinin toplanmasında büyük kolaylıklar ve doğruluklar sağlanmaktadır. Ayrıca kullanılan özel yazılımlar, taramalar sonucu elde edilen çeşitli verilerin Şekil 3.1'deki gibi çeşitli Şekilde gösterimi, görselleştirme, modelleme, nokta bulutu verisinden direkt ölçme işlemi yada kesit çıkarılmasına izin verir (Gümüş 2008).

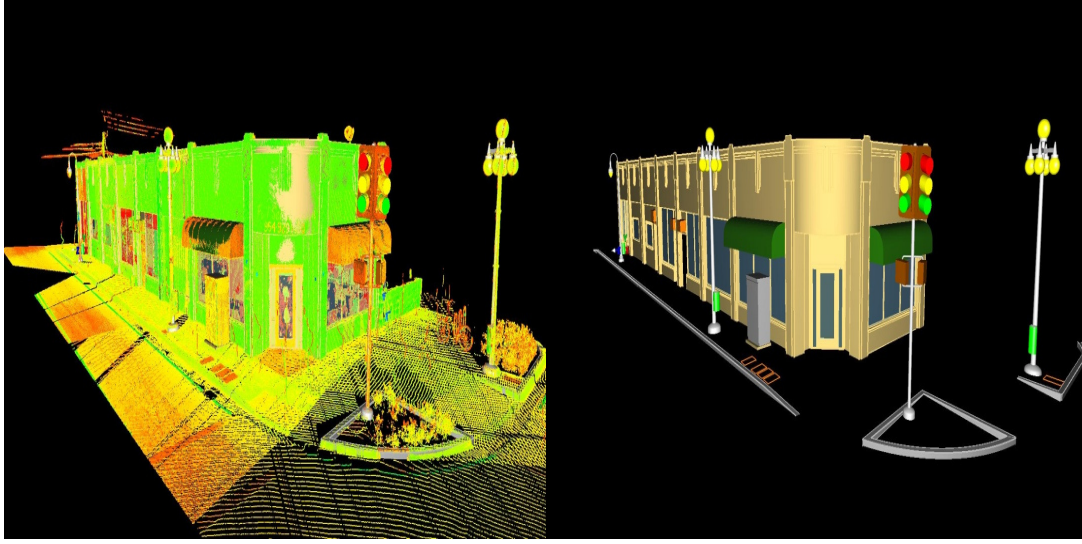


Şekil 3.1 Karayolu taraması ve tarama verisi üzerinden planlama (Harvey 2010).

3.2 MİMARİ VE BİNA ÖLÇME UYGULAMALARI

Lazer tarayıcıların yaygın olarak kullanıldığı uygulamalardan biridir. Tarayıcılar geniş görüş alanı, yüksek doğruluklu lazer verisi ile yüksek çözünürlüklü sayısal renkli görüntülerin birleştirilmesi imkanının olması sayesinde mimari ve bina ölçme uygulamaları için ideal bir

yöntemdir. Elde edilen veri gerçeğe birebir yakın, 3 boyutlu bir modeldir ve bu model üzerinden istenilen tüm teknik bilgilere (alan, hacim, uzunluk, konum ve sorgulama vb.) ulaşılabilmektedir. Tarama verileri üzerinden Şekil 3.2’deki gibi 3B model oluşturma imkanı da vermektedir.



Şekil 3.2 Tarama verisinden 3B modelleme (Harvey 2010).

3.3 KIYI UYGULAMALARI

Son yıllarda kıyı bölgelerinin izlenmesinde yersel lazer teknolojisinden oldukça fazla yararlanılmaktadır. Özellikle, erozyon, sahil yüzeyinin izlenmesi, sel tahminleri, detaylı sel bölgesi haritalama, geo-teknik çalışmalar, erişilemeyen bölgelerin ölçme işlemleri, yüksek riskli heyelan bölgelerinde sürekli şev izlenmesi, kıyı planlaması gibi uygulamalarda bu ölçme yönteminden sıkça yararlanılmaktadır (Gümüş 2008).

3.4 AFET İZLEME UYGULAMALARI

Lazer tarama sonucu elde edilen verilerin hızlı ve doğru bir şekilde elde edilmesi, kullanılan tarayıcıların diğer ölçme aletlerine göre teknik açıdan üstün özelliklerinin olması bu teknolojinin bu alanda kullanılmasında büyük rol oynamaktadır.

3.5 KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASINA YÖNELİK UYGULAMALAR

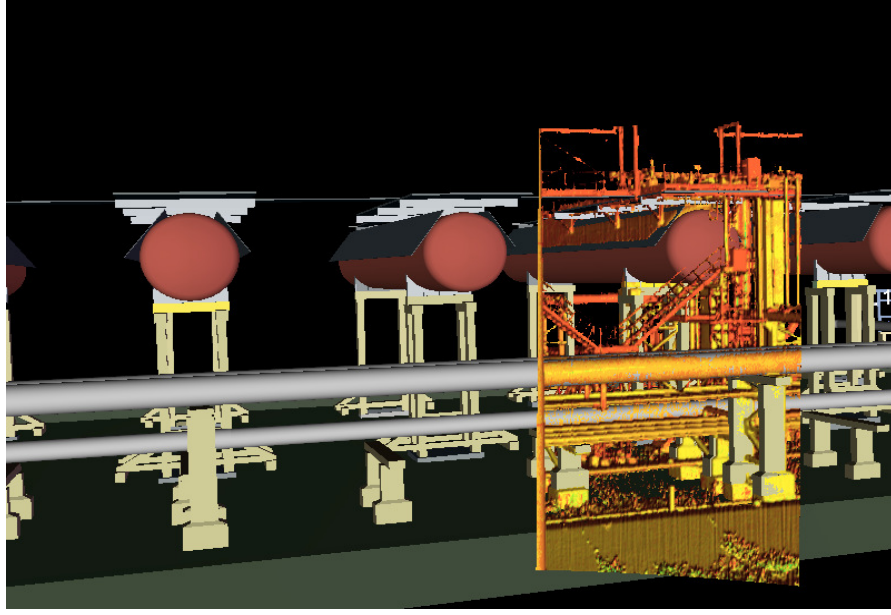
Yersel lazer tarayıcıların dünyada en yaygın olarak kullanım alanlarından birisidir. Kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması ülkeler, milletler için çok önemli bir olgudur. Tezin ana amacı da kültürel mirasın korunmasına yönelik bir uygulama yapmak ve oluşan sonuç ürünü insanların hizmetine sunabilmektir. YLT teknolojisi tarihi yapıların 3B modellenmesi, arşivlenmesi ve deformasyonlarının incelenmesi açısından oldukça önemli bir noktada bulunmaktadır. Restorasyon ve röleve çalışmalarında çok kullanılan modern bir ölçme yöntemidir. Bir bilgi sisteminin oluşturulması ve bu sisteme hem teknik bilgi hem de görsel açıdan ulaşılmasında çok etkilidir. Gerçek renkli birebir boyutta modelleme sayesinde sanal ortamlarda yapılan çalışmaların yayınlanmasına, istenilen teknik bilgilerin alınmasına olanak vermektedir. Tüm bu etkiler yersel lazer tarama teknolojisinin bu alanda kullanılmasında önemli rol oynamaktadır. Bu proje kapsamında da bu uygulama alanında yapılmış bir çalışma ortaya çıkmıştır. Restorasyonu yeni tamamlanmış tarihi bir kilisenin iç ve dışı taranarak Şekil 3.3'teki gibi 3B katı bir modeli oluşturulmuştur. Daha sonra bu model internet ortamına aktararak ziyarete açılmıştır.



Şekil 3.3 Gerçek renklendirme yapılarak elde edilen 3B tarihi Gölyazı Kilisesi.

3.6 ENDÜSTRİYEL UYGULAMALAR

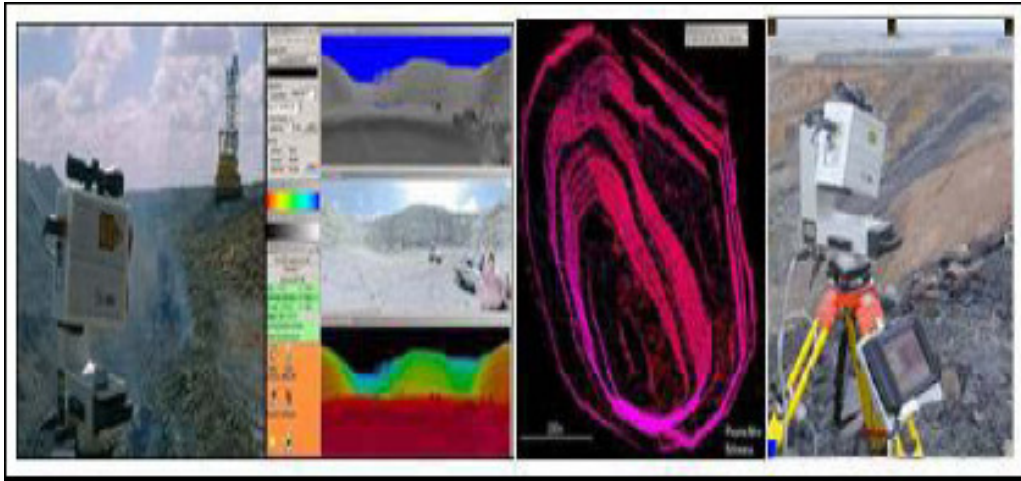
Yersel lazer tarayıcılar ile hızlı ve yüksek doğruluklu veri elde edimi sayesinde hızlı model üretimi ile istenilen analizler ve sorgulamalar yapılarak üretimde maksimum verim elde edilmesine büyük katkı sağlamaktadır (Şekil 3.4.) (Gümüş 2008).



Şekil 3.4 Endüstriyel yapının nokta bulutu ve modeli (Harvey 2010).

3.7 MADENCİLİK, TAŞ OCAĞI VE KAZI UYGULAMALARI

Gerek zaman, gerek maliyet açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Şekil 3.5'te görüldüğü üzere madencilikte, taş ocağı veya hafriyat işlerinde çıkarılan malzemenin bir yerden başka bir yere taşınmasında, hacim hesaplarının hızlı ve daha hassas şekilde yapılmasında yersel lazer tarayıcılardan yararlanılmaktadır (Gümüş 2008).



Şekil 3.5 Madencilik, taşocağı ve kazı uygulamaları örneği (Gümüş 2008).

BÖLÜM 4

KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASINI YÖNELİK YERSEL LAZER TARAMA UYGULAMASI

4.1 ÇALIŞMA YERİ VE ÇALIŞMA YAPILAN TARİHİ YAPI

Tezin uygulama çalışması için Bursa'nın tarihi köylerinden biri olan Gölyazı Köyündeki Aziz Pantelemaus Kilisesi seçilmiştir. Bursa kültürel miras ve tarihi zenginlikler açısından Türkiye'nin en önemli şehirlerinden biridir. Bursa, veya ilk ismiyle Prusias ad Olympum, 2200 yıllık geçmişinde pek çok uygarlığın beşiği olmuş bir kenttir. Kent, Bithynia Kralı I.Prusias'a atfen Güney Marmara Bölgesi'nde M.Ö. 185 yılında kurulmuş ve zamanla Prusias ismi önce Prusa, daha sonra Bursa olarak değişmiştir. Bithynia, Roma ve Bizans dönemlerinden sonra 1326'da Sultan Orhan tarafından Osmanlı topraklarına katılan ve Osmanlı Devleti'nin başkenti olan Bursa, bu işlevini 1331-1335 tarihleri arasında geçici bir süre İznik'in başkent olduğu süre haricinde, 1365'ten itibaren Edirne kentiyle paylaşarak, 1453'te İstanbul başkent olana kadar sürmüştür. 1450-1600 yılları arasında dünyanın sayılı ticaret ve üretim merkezlerinden biri olan Bursa, 17.Yüzyıl başlarında 19.Yüzyıl ortalarına kadar oldukça durağan bir görünüm sergilemiş, ancak 19.yüzyıl ortalarından itibaren sosyal, ekonomik ve fiziksel bir değişim süreci yaşamıştır. Bu değişim Cumhuriyet döneminde de devam etmiş ve Bursa, Cumhuriyet hükümetlerinin batılılaşma hedefine bağlı olarak dönüşmüş, giderek gelişmekte olan ülkelerin tipik dinamiklerini yansıtmıştır (Dostoğlu 2011).

Bursa'nın Nilüfer İlçesi'ne bağlı Gölyazı Köyü, tarihi adı Apolyont olan Uluabat Gölü ile kucaklaşan bir yarımada bulunmaktadır. Eskiden gölün suları yağışlarla yükselince köyün kurulu olduğu alan adaya dönüşmüştür. Tarihi Roma dönemine kadar giden bir yerleşim yeridir. Roma döneminden kalanları evlerin temel taşlarında görmek mümkündür. Tarihi ve coğrafi orijinal özellikler taşır. Apollon Krallığı'nın merkezi olarak bilinir. Köyün başlıca geçim kaynağı günümüzde balıkçılık ve zeytincilik'tir (Şekil 4.1). Tamamı birinci derece sit alanı olan Gölyazı 2006'da Tarihî kentler Birliği'ne üye olmuştur (URL-1 2012).



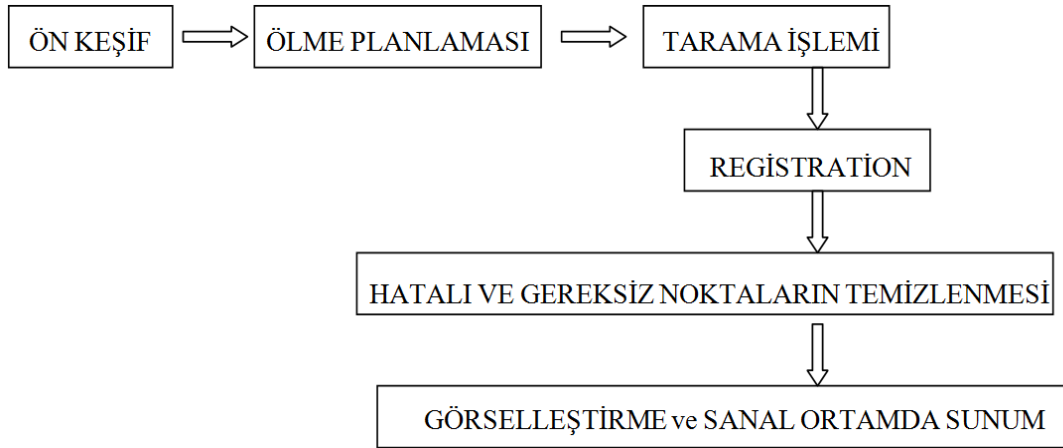
Şekil 4.1 Tarihi Gölyazı (Apolyont) Köyü (URL-2 2012).

Gölyazı Aziz Pantelemion (yada bazı kaynaklara göre Hagias Georgias) Kilisesi Anadolu Rum Ortodoks kiliselerinin önemli ve özgün örneklerindendir. Kaynaklar, eskiden köyde üç kilisenin bulunduğunu ve bu asıl kilisenin Aziz Georgias'a ithaf edildiğini belirtmiştir. Yapım tarihi ile ilgili bazı kaynaklar 19. Yüzyıl sonunu işaret etse de; kilisenin restorasyon çalışmaları sırasında ortaya çıkan 1903 ibaresi; büyük olasılıkla kilisenin bitiş tarihini göstermektedir. Aziz Pantelemion Kilisesi, üç nefli, dikdörtgen planlı bir bazilikadır. Batısında narteksi bulunmaktadır. Naostaki nefleri oluşturan desteklerden yalnızca kuzeyde üç, güneyde de iki desteğin kaidesi günümüze ulaşabilmiştir. Yekpare meşeden oluşan bu desteklerin sadece ikisi günümüze ulaşılabilmiş; restorasyon sırasında yine aslına uygun olarak yekpare meşe kullanılmıştır. Kilisenin doğusunda üç bölümlü apsisi bulunmakta olup, ana apsidde dışa doğru daralan bir pencere ve ana simetrik dikdörtgen iki niş bulunmaktadır. Apsidi tek basamaklı bir synthronon çevrelemektedir. İbadet mekanı kuzey ve güneydeki bir birlerine simetrik altışar pencere ile aydınlatılmıştır. Kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlı olan narteksin yanlarında yuvarlak planlı iki merdiven kulesi ile ortasında dikdörtgen planlı üç bölümden oluşmaktadır. Kilisenin güney ve kuzey cepheleri payelere beşer bölüme ayrılmıştır. Yapının üzerini örten çift pahlı çatının büyük bir bölümü restorasyon öncesi yıkılmıştır. Duvarları moloz taş ve tuğla ile örülmüştür. Mübadeleye kadar kullanılan kilise,

bu tarihten sonra çeşitli amaçlarla kullanılmış; ancak zamanın ve yangınların etkisiyle günümüze kadar ciddi anlamda hasar görmüştür. Bursa Nilüfer Belediyesi tarafından aslında uygun olarak restorasyonu yaptırılan kilise; kültürevi olarak işlevlendirilmiştir (URL-3 2012).

4.2 UYGULAMA İŞLEMİ VE ADIMLARI

Uygulama işlemi beş farklı adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adım olan arazinin ve tarihi yapının tanınması amaçlı yapılan gezi ve fotoğraf çekim aşamasıdır. İkinci aşama ise ölçme planlamasının yapıldığı aşamadır. Üçüncü adımda ise tarama işleminin yapıldığı bölümdür. Daha sonraki aşama ise tarama verilerinin bilgisayar ortamında değerlendirme aşamasıdır. Beşinci aşama ise değerlendirilen tarama verileri ile oluşturulan model üzerindeki hatalı ve gereksiz noktaların temizlenmesi aşamasıdır. Son adım ise elde edilen modelin görselleştirilmesi ve sanal ortamda sunum aşamasıdır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 İş akış diagramı.

4.2.1 Tarihi Yapı ve Arazinin Ön İncelemesi

Uygulama öncesi kilise bölgesi gezilerek Şekil 4.3'deki gibi fotoğrafları çekilmiştir. Kilisenin konumu, çevresindeki varsa yapılar, ağaçlar ve büyüklüğü değerlendirilmiştir. Bu veriler ışığında uygulamanın yaklaşık kaç gün süreceği tahmin edilmeye çalışılmıştır.

4.2.2 Ölçme Planlaması

Yapılan değerlendirmeler ışığında arazide ölçüm için 3 gün gibi bir süre belirlenmiştir fakat belirlenen bu süre normal çalışma şartlarında olmamıştır. Yoğun bir çalışma programı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.3 Tarihi Gölyazı Kilisesi.

Aksi halde böyle bir çalışma için ideal süre 6 gün olacağı düşünülmektedir. Araziye ilk olarak 18 Ocak 2012 Çarşamba günü gidilmiştir. Ön arazi değerlendirmesi sonucunda öncelikle kilisenin içinin ölçülmesi planlanmıştır.



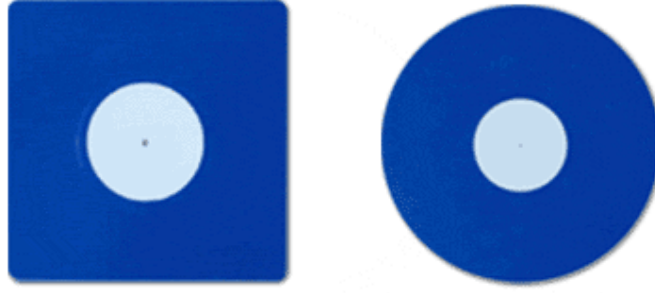
Şekil 4.4 ScanStation 2 ve ekipmanları.

Burada ölçme işlemine başlamadan önce mevcut ölçme aletine ve yardımcı ekipmanlarına göre bir ölçme yöntemi belirlenmiştir (Şekil 4.3). Sponsor firmanın elinde o an için bulunmayan özel jalonun yokluğundan dolayı, bazı özel hedefler kullanılarak ölçme işlemi yapılmaya çalışılmıştır. Bu jalonlar sayesinde tarayıcı tıpkı bir totalstation gibi kullanılabilir (Şekil 4.4). Fakat özel jalonların olmayışı işleri biraz zor hale getirmiştir. Bu zorluk ileriki aşamada oluşan nokta bulutlarını birleştirirken karşımıza çıkacaktır. Özel jalonlar kullanılmış olsaydı, normal bir totalstation mantığı ile bir polion ağı kurulup alet ile geri bağlanıp çıkış alınarak bir ölçme işlemi yapılmış olacaktı. Bu jalonların olmayışı bizi farklı bir ölçme yöntemi olan özel hedefler kullanılarak yapılan bir ölçme yöntemine götürmüştür.

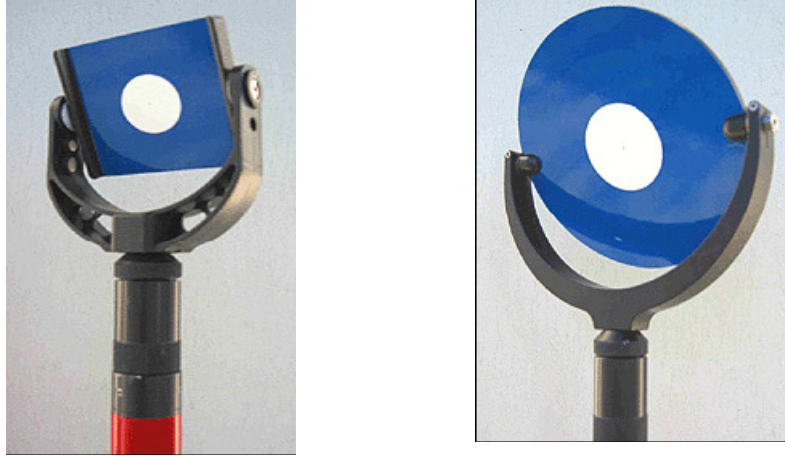


Şekil 4.5 HDS Twin-Target Pole (Complete Training Manual with C10).

Elimizde bulunan Şekil 4.8 de görülen siyah-beyaz ve Şekil 4.6, 4.7’da görülen HDS denilen hedefleri kilisenin duvarlarına yerleştirerek yapılan bir ölçü yöntemidir. Bu yöntemdeki amaç, her istasyonda lazer tarayıcının ortak en az 3 hedef görmesini sağlamaktır. Bu hedeflerin birbirinden farklı düzlemlerde ve farklı yüksekliklerde olmasına özen gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Kare ve Yuvarlak HDS Hedefler (Complete Training Manual with C10).



Şekil 4.7 Eğilen ve Dönen HDS Hedefler (Complete Training Manual with C10).



Şekil 4.8 Siyah/Beyaz Hedefler (Complete Training Manual with C10).

Bundaki hedef ise X, Y ve Z düzlemindeki, nokta bulutlarının birleştirilmesinden kaynaklanan hataları minimuma indirmektir. Bu kapsamda hedeflerin nerelere yerleştirileceği çok iyi planlanmalıdır. Alet bir istasyondan kurulup ölçü yaptıktan sonra diğer istasyona kurulduğunda önceki istasyondan en az üç farklı hedef görmelidir. Bunun için çok iyi bir planlama yapılması gerekmektedir. Öncelikli olarak kaç istasyonda ölçü yapılacağı ve bu istasyonların nerelere kurulacağı planlanmıştır. Buradaki amaç en az istasyonda maksimum alım yapabilmeyi sağlamaktır. Bu kapsamda kilisenin yapısına göre Şekil 4.9 deki gibi toplam 4 farklı yerde istasyon kurulması planlanmıştır. Bunlardan 3 tanesi alt katta 1 tanesi kilisenin asma katında olacak Şekilde belirlenmiştir. 1. istasyon kilisenin hemen giriş kısmına diğer iki istasyon iç sağ ve iç sol, son istasyon ise üst katın orta kısmına kurulmuştur.



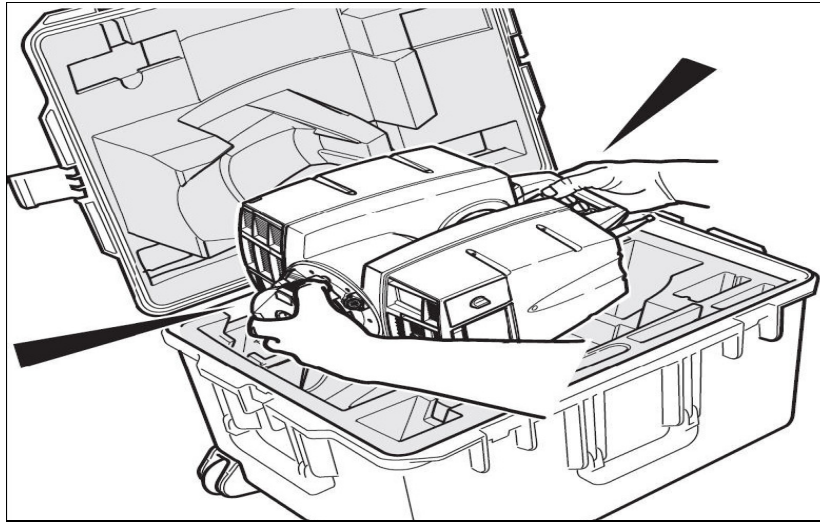
Şekil 4.9 İç İstasyonlarda alet kurulan noktalar.

Kilisenin iç taraması için toplam 9 farklı hedef kullanılmıştır. Bu hedefler farklı yerlere ve farklı yüksekliklere yerleştirilmiştir. Bu hedeflerin 5 tanesi siyah-beyaz 4 tanesi HDS hedeflerden oluşmaktadır. Burada kullanılan hedeflerin farklılığı tamamen konulduğu veya üzerine yapıştırıldığı yüzeyin fiziksel özelliğine göre belirlenmiştir. Duvarlara genellikle

siyah-beyaz hedefler bant yardımıyla yapıştırılmıştır. Ahşap yüzeylere HDS hedefler yapıştırılmış ayrıca metal yüzeylere de yine mıknatıslı HDS hedefler yerleştirilmiştir.

4.2.3 Tarama İşlemi

İstasyon yerlerinin ve hedeflerin nerelere yerleştirileceği belirlendikten sonra tarama işlemine geçilmiştir. Alet üzerinde gömülü bir ekran olmamasından dolayı ayrı bir dizüstü ile bağlantı kurularak çalışılmıştır. Ayrıca bataryalarda harici olup kendi alet kutularında taşınmaktadır. (Şekil 4.10).



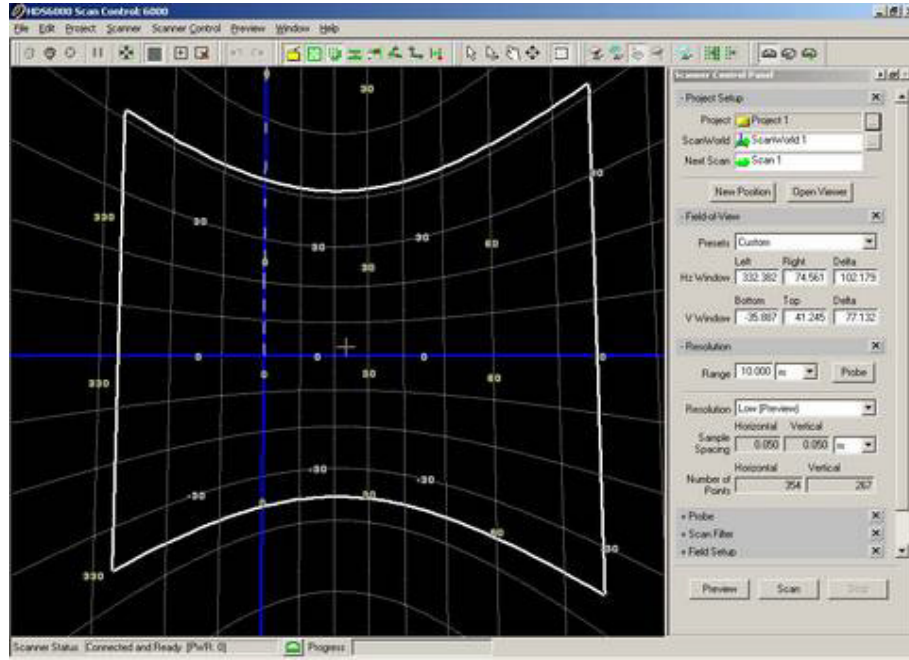
Şekil 4.10 Scan Station 2 Alet Kutusu (Complete Training Manual with C10).

Belirlenen ilk istasyona Şekil 4.11’deki gibi alet kurularak işleme başlanmıştır. Lazer tarayıcı sehpa üzerine düzeçli bir şekilde oturtulduktan sonra batarya ve bilgisayar bağlantısı için ethernet kabloları takılmıştır.



Şekil 4.11 Scanstation 2 YLT Kurulumu.

Tercih edilen ölçme yönteminde özel hedefler kullanıldığından alet kurulan yerde herhangi bir noktanın olmasına ve alet yüksekliğine gerek yoktur. Eğer yapılan ölçüleri bir koordinat sistemine bağlamak gerekirse yerleştirilen hedeflerin koordinatlarını belirleyerek bir koordinat sistemiyle birleştirip, daha sonra oluşan tüm nokta bulutları o sistemde belirlemek mümkün olacaktır. Aletin kurulum işleminden sonra lazer tarayıcının dizüstü ile bağlantısı sağlanmıştır. Burada bazı özel durumlar vardır. Öncelikle bilgisayarın bluetooth u kapatılması gerekmektedir. Ayrıca varsa tüm ağ bağlantılarının kapatılması gerekmektedir. Çünkü lazer tarayıcının bir sabit IP si bulunmaktadır. Bilgisayar ile bağlantısını bu sabit IP yi kullanarak bir ethernet kablosu ile sağlamaktadır. Bilgisayar için yapıldıktan sonra bilgisayarda yüklü olan Cyclone programı açılmıştır. Cyclone ile çalışmaya başlarken öncelikle olarak kullanacağımız tarayıcı modeli program içinden seçilmiştir ve lazer tarama cihazının IP si girilmiştir. Lazer tarama modeli Cyclone'a tanıtıldıktan sonra ve gerekli bağlantı ayarlamaları yapıldıktan sonra açılan tarama ekranından connect butonu tıklanarak tarayıcı ile bilgisayarın birbiri ile bağlantısı sağlanmıştır. Daha sonra proje yeni proje açılmıştır. Şekil 4.12’te görülen tarama kontrol ekranı üzerindeki menüler üzerinde Project setup menüsü üzerinde Project “Kilise” adı altında new Project tıklanarak Kilise projesi açılarak çalışmalara başlanmıştır.



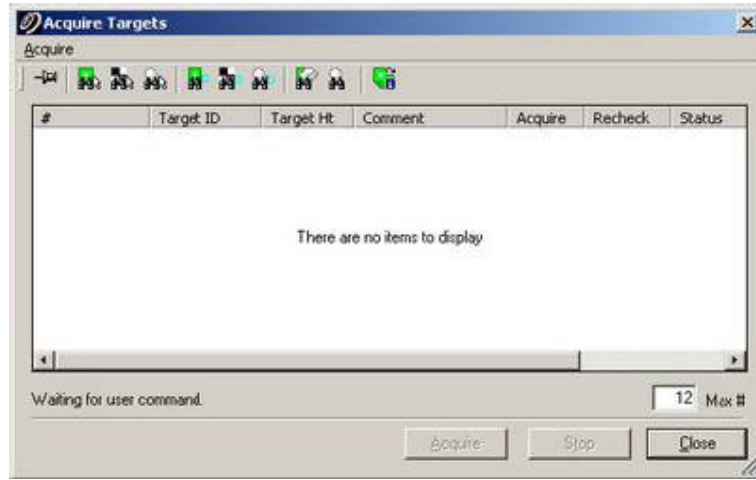
Şekil 4.12 Tarama kontrol ekranı.

Daha sonra tarama ve fotoğraf çekme ayarlamaları yapılmıştır. Bu ayarlamalar önemli noktalar içermektedir. Öncelikle tarama yapılacak bölgenin fotoğrafları çekilmiştir. Bu işlem için lazer tarayıcının fotoğraf çekme ayarları gün ışığının durumuna göre belirlenmiştir. Ayrıca 270° genişliğinde 360° tam tur tarama yapılmıştır. Fotoğraf çekme işlemi yaklaşık 5 dakika kadar sürmüştür. Bu işlemden sonra lazer tarama işlemine geçilmiştir. Lazer tarama işlemi de tam tarama olarak yapılmıştır. Burada tarama sıklığı olarak 20 m ye 1cm aralıklı bir çözünürlük seçilmiştir. Kullanılan çözünürlük değeri alet ile tarama yüzeyi arasındaki ortalama mesafeye göre belirlenmiştir. Bu değeri arttırmak yada azaltmak mümkündür. Fakat burada zaman ve elde edilmesi gereken veri için en iyi oran belirlenmiştir. Bu çözünürlük hassasiyeti ile yapılan ölçme işlemi yaklaşık 30 dakika sürmekte iken, çözünürlüğün daha da arttığı durumda bu sürenin çok fazla arttığı gözlemlenmiştir. Burada çok önemli bir nokta bulunmaktadır. Yapılacak işin türü, zamanı, kalitesi ve ekonomisine göre çözünürlüğün belirlenmesi oldukça önemlidir. Ayrıca tam tarama mı yoksa belirli bir bölgenin mi taranacağı gibi bazı kriterler istasyonun durumuna göre belirlenmelidir. 1.istasyondaki tarama işlemi tamamlandıktan sonra belirlenen ikinci istasyonda tarama yapılmak üzere lazer tarayıcı o noktaya kurulmuştur. Bu istasyonda 1. istasyondan farklı olarak seçilen bölgelerde tarama işlemi yapılmıştır. Ayrıca zamanın kısıtlı olmasından dolayı fotoğraf çekimi yapılamamıştır. 1. istasyonda taranamayan bölgeler 2. istasyonda manuel tarama denilen tarama işlemi ile

yapılmıştır. Bu istasyondaki tarama çözünürlüğü yine 20 m de 1cm olarak belirlenmiştir. Leica Scanstation 2 de istenilen bölgeyi tarama işlemi yani manuel tarama 2 Şekilde yapılmaktadır. İlki kurulan istasyonda tam fotoğraf çekimi yapıldıktan sonra tarama ekranından nerenin taranması isteniyorsa o bölge seçilerek tarama yaptırılabilir. 2. yolu ise lazer tarayıcının üzerindeki quick scan tuşu yardımıyla alet elle tarama yapılacak aralıkta sağ ve sol sınırlara çevrilecek bu tuşa basılıp tarama bölgesi seçilir. Burada tarama işleminde 2. yol kullanarak manuel tarama işlemi gerçekleştirilmiştir. Çünkü fotoğraf taraması yapılamamıştır. Bu istasyondaki tarama işleminde yaklaşık 15 dakika sürmüştür. 3. istasyon ve 4. istasyonda da 2. istasyondaki yöntemler kullanılmıştır. Bu istasyonlarda da bölgesel tarama işlemleri yapılmış, ayrıca fotoğraf çekilmemiştir. Fotoğraf çekilmemesinin iki temel sebebi vardır. Birinci sebep zamanın kısıtlı olmasıdır. Ölçme planlamasında 1.gün kilisenin içi 2. gün dışı ve son gün ise genel değerlendirme şeklinde planlanmıştır. Bu nedenden dolayı ilk gün kilisenin iç kısmının ölçme işleminin tamamlanması gerekiyordu. Diğer sebebi ise ölçme işlemine ilk gün öğleden sonra başlanmıştır. 2. ve diğer istasyonlarda hava kararmaya başladığından ve yapay aydınlatma olmadığından fotoğraf çekimi yapılamamıştır. Ayrıca son istasyonda ölçme işlemi havanın eksi derecelerde olmasından eksik kalmıştır. Lazer tarayıcı eksi sıcaklık değerlerinde çalışamamıştır. Kilise içi tarama işlemleri toplamda 4 istasyonda bitirilmiştir. Bundan sonraki aşamamız işe 4 istasyonda yapılan tarama ile oluşan nokta bulutlarının birleştirilerek bütünsel şeklin elde edilmesidir.

Kilisenin dış tarama ölçülerine 2. gün başlanmıştır. Dış tarama işlemine de öncelikle keşif yapılarak başlanmıştır. İstasyonların nerelere kurulacağı ve bu istasyonlara göre de hedeflerin nerelere yerleştirileceği belirlenmiştir. Hedefleri yerleştirme işlemi kilisenin içindeki adıma göre daha zor olmuştur. Çünkü hedeflerin sayısı içeriye göre daha fazla ve konulacağı yüzeylerde hedefleri sabit tutmak oldukça güç olmuştur. Kilise dışı taramalarda toplam 6 istasyon kurulması planlanmıştır. 6 istasyon içinde içerideki hedeflerin haricinde toplam 10 hedef kullanılmıştır. Kullanılan hedeflerin 5 tanesi siyah-beyaz, 6 tanesi HDS hedeflerdendir. Kilisenin dış ölçümlerinde sadece dışarıdaki hedefler kullanılmamıştır. Kilisenin içindeki hedeflerin de bazıları kullanılmıştır. Bu durumun sebebi daha önce yapılan iç ölçüler ile yeni yapılacak olan dış ölçülerin birleştirilmesidir. Kurulacak yeni istasyonlardan ilki iç ve dış ölçüleri birleştirme amaçlı yapılmıştır. Dış taramaların birinci istasyonu kilisenin giriş kapısının hemen dışına kurulmuştur. Burada içeriden en az 3 hedef görünmesi sağlanıp dışarıdan da 3 hedef görünecek şekilde tarama yapılmıştır. Bu istasyon iç ve dış taramaları birleştirme amaçlı olarak kullanılmıştır. Tam tarama olarak adlandırılan full scan yapılmıştır.

Fotoğraf taraması yapılmamıştır. Bu istasyon oldukça önemli bir istasyon konumundadır zira bir köprü istasyonudur. Daha sonraki istasyon kilisenin önüne kurulmuştur. Dış taramadaki bu 2. istasyonda diğer istasyonlardan farklı olarak çözünürlük daha yüksektir. Bunun sebebi kilisenin ön yüzü görsellik açısından önem arz etmektedir. Dış tarama ölçme işlemlerinde iç ölçme işlemlerine ek olarak hedef tarama işlemi yapılmıştır. Bu işlemin adına “acquire target” denmektedir. Bu işlemdeki amaç, taranan nokta bulutlarının birleştirilmesi aşaması olan “registration” da kullanmaktır. Farklı istasyonlardan taranan ortak hedefler üzerinde aynı noktayı bulmak için “acquire target” işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde normal tarama yapıldıktan sonra ortak hedefler üzerinde hassas tarama yapılarak “pick point” yani nokta seçme işlemi yapılmıştır (Şekil 4.13).

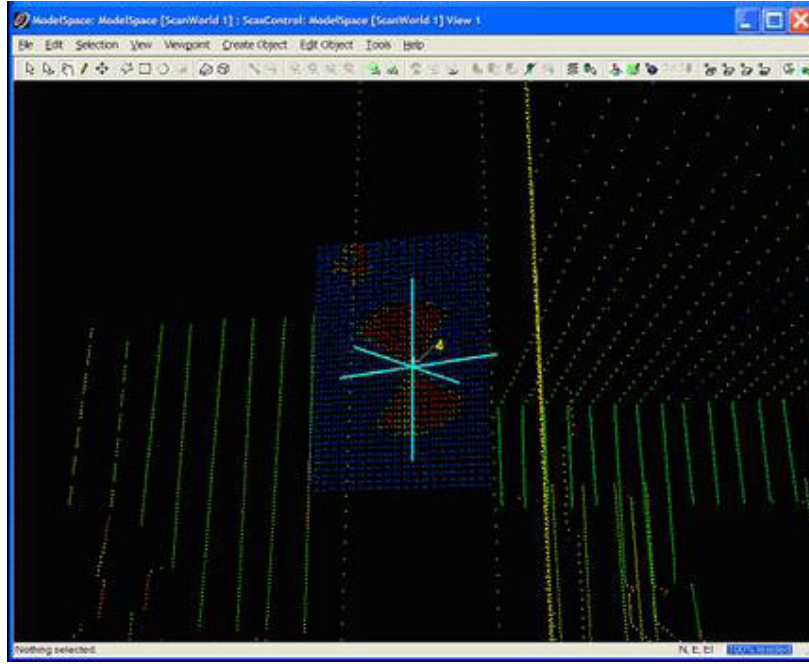


Şekil 4.13 Acquire Targets ekranı

Yapılan işlem adım adım anlatılacak olursa; tarama sonucu hedeflerin üzerindeki orta noktası seçilerek tarama kontrol ekranı üzerinde “scanner control” seçilerek daha sonra “acquire targets” tıklanarak işleme başlanılmıştır. İstenirse hedefler tek tek seçilerek ayrı ayrı hassas hedef taraması yaptırılabilir, ya da toplu hedef seçerek hepsi bir seferde hassas tarama yaptırılabilir. Bu proje de toplu hedef tarama işlemi kullanılmıştır. Bunun için hedefler HDS ve Siyah/Beyaz hedefleri olmak üzere iki grupta toplanmıştır. Öncelik sırasının önemi olmadığından istenilen hedef türü seçilerek uygulamaya başlanmıştır. “Multi select” fonksiyonu yardımıyla öncelikle siyah/beyaz hedeflerin üzerlerinde pick point denilen orta noktalar tek tek seçilerek daha sonra “scanner control→acquire targets→acquire” seçilerek açılan menü içerisinde “Black/White from Pick points” kullanılarak seçilen hedefler üzerinde hassas tarama işlemine başlanmıştır. ScanStation 2 hedef taraması yaparken belirlenen hedef üzerinde önce geniş bir tarama işlemi yaptıktan sonra 15 cm çerçeveli küçük,

hassas tarama işlemini yapmaktadır. Bu Şekilde hedeflerin orta noktalarını yüksek duyarlılıklı olarak belirlemektedir. Kullanılan hedeflerin her birine bir numara verilmiştir. Siyah/Beyaz hedefler numaralı olarak çıkartılmıştır. Geriye kalan HDS hedefler ise ayrı ayrı numaralandırılıp, verilen numaralar farklı bir yere not edilmiştir. Verilen bu numaralar hassas tarama yapıldıktan sonra taranan hedeflere Target ID olarak girilmiştir.

Target ID ler girildikten sonra hedeflerden “vertex” denilen kontrol noktaları oluşturma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için “acquire targets” menüsünden “acquire” seçilerek daha sonra “Black/White Target from Fence” seçilmiştir. Şekil 4.14’de görüldüğü üzere hedefler “vertex” denilen, numaraları verilen kontrol noktalarına dönüşmüştür.



Şekil 4.14 Hedeflerin Vertex haline dönüşmesi.

Oluşturulan vertex’ler daha sonra “registration” işleminde nokta bulutlarının birleştirilmesinde kullanılacaktır. Vertex elde etme işlemi tarama yapılan her istasyonun sonunda hem siyah/beyaz hedeflere hem de HDS hedeflere uygulanmıştır. Elde edilen vertexler yerel bir koordinat sisteminde oluşturulmuştur. Eğer hedef noktalarını ülke sistemindeki jeodezik bir ağa bağlarsak daha sonra oluşturulan model ülke sisteminde koordinatlandırılmış olur. Bu projede, uygulama süresinin kısıtlı olmasından ve tarama işlemleri sırasındaki kötü hava koşullarından dolayı koordinatlandırma yapılamamıştır. Dolayısıyla sadece yerel koordinat sisteminde çalışılmıştır.

3. istasyon kilisenin arka tarafını taramak için planlanmış ve tıpkı 1. istasyon gibi bir köprü istasyon amaçlı kullanılmıştır (Şekil 4.15).



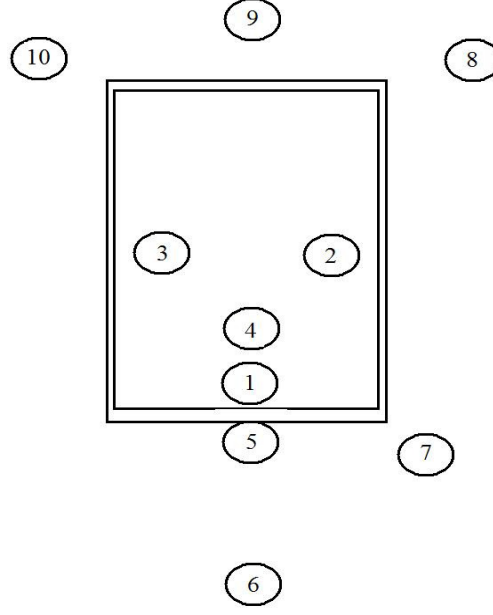
Şekil 4.15 Kilise arkasına geçiş güzergahı.

Kilisenin her iki yanında bulunan köy evleri tarama işlemlerinde güçlük oluşturmuştur. Evlerin kiliseye çok yakın olmasından dolayı kilise ile evler arasına alet kurulamamıştır. Bu sebeplerden kilisenin bu kısımlarında taranamayan kör noktalar kalmıştır. Bu noktaların giderilmesi için kilisenin bu bölgelerinde fazla istasyon kurulma olasılığı önceden bahsedilen zaman kısıtlılığı ve kötü hava koşulları nedeniyle gerçekleştirilememiştir.

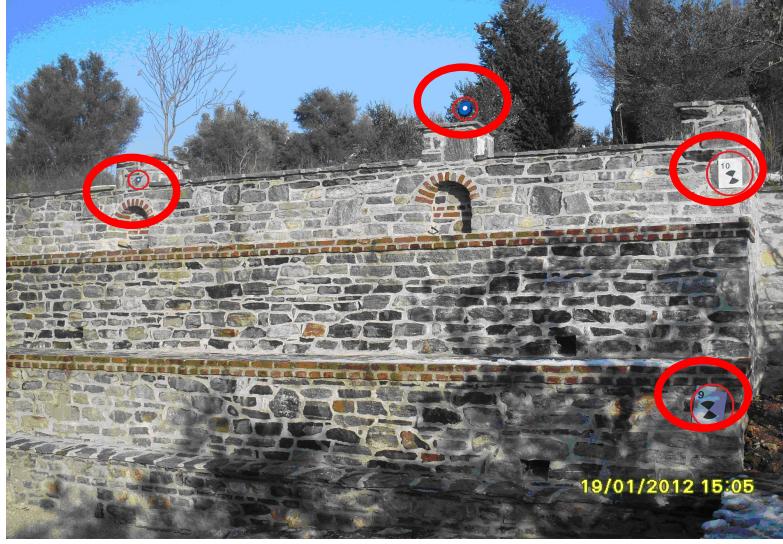


Şekil 4.16 4. Dış istasyondan bir görünüm.

Şekil 4.16’de görülen 4. istasyonda artık kilisenin arka kısmının tarama ölçümlerine geçilmiştir (Şekil 4.17). Kilisenin arka kısmının taraması işlemi 3 istasyonda yapılmıştır. Bu istasyonların hepsine bölgesel tarama yapılmıştır. Daha önceden söz edilen quick scan yöntemiyle taranan bölgelerin ayrıca fotoğraf çekimleri yapılmıştır. 5. ve 6. istasyonlarda da 4. istasyonda olduğu gibi aynı uygulamalar yapılmıştır (Şekil 4.18). Önce fotoğraf çekimleri yapıp daha sonra fotoğraflar üzerinden belirlenen bölgelerin lazer taramaları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.17 Tarama istasyonu kanavası

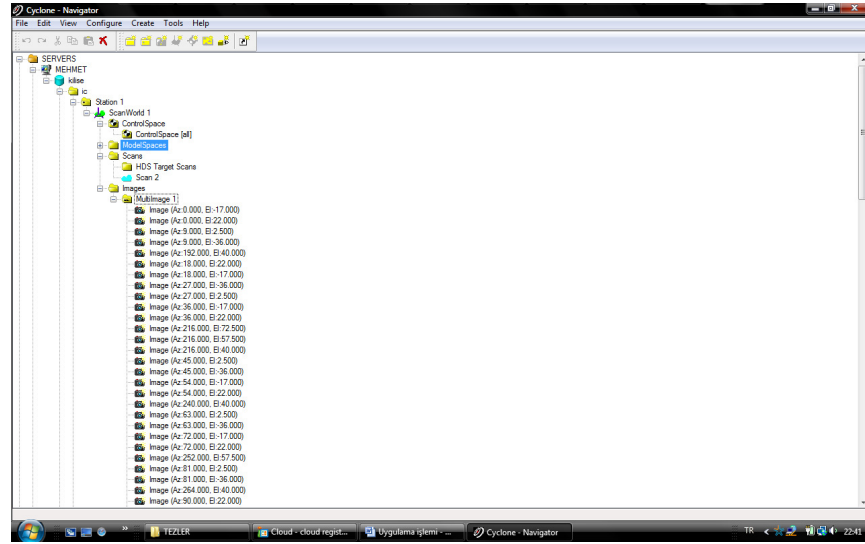


Şekil 4.18 Kilise arkasındaki HDS ve Siyah/Beyaz Hedefler

Kilisenin iç ve dış tarama işlemleri 2. günün sonunda tamamlanmıştır. Toplam tarama yapılan istasyon sayısı daha fazla olabilirdi fakat zaman ve hava koşullarından dolayı fazlası yapılamadı. Bu durum kilisenin içinde ve dışında taranmamış bazı bölgelerin kalmasına sebep olmuştur. Bu noktadan sonraki aşama her istasyonda tarama sonucu elde edilen nokta bulutlarını birleştirme ve bütünsel şekli elde etmektir. Nokta bulutları Cyclone yazılımı yardımıyla birleştirilmiştir.

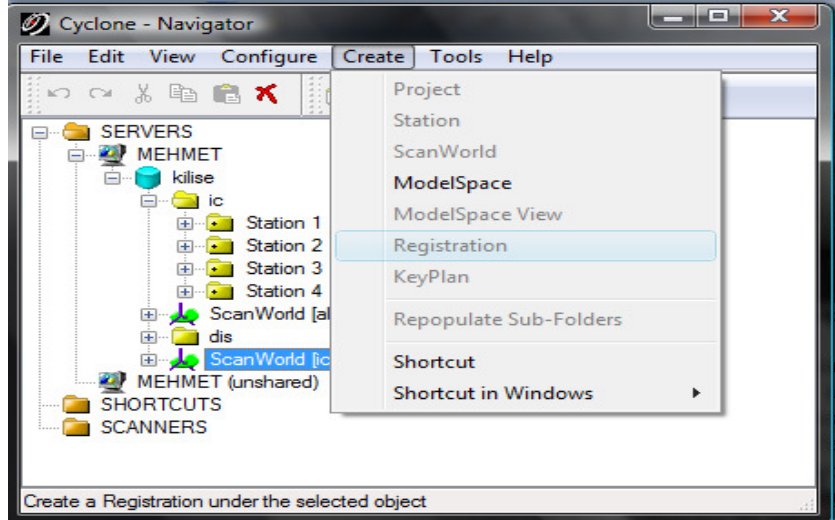
4.2.4 Registration İşlemi

Registration işlemi Cyclone içinde oluşturulan kilise database nin içindeki tarama verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tarama sonucu Cyclone da açmış olduğumuz dosya içerisine girilen istasyon adı altında bir scanworld dosyası oluşur. Bu scanworld dosyası altında control space, model space, scans ve image olmak üzere 4 dosya oluşur. Control space dosyası tarama yapılan istasyondaki oluşan nokta bulutudur. Bu nokta bulutu üzerinde herhangi bir işlem yapılamaz. Üzerine çift tıklanarak açılabilir fakat herhangi bir uygulama yapılamaz. Tarama istasyonunun bilgilerinin ham Şekilde saklandığı yerdir. Model space de tıpkı control space gibi tarama yapılan istasyondan elde edilen nokta bulutudur. Fakat burada nokta bulutu üzerinde istenilen işlem yapılabilmektedir. Nokta bulutları üzerinde çalışma yapılan yerdir. Scans dosyası ise tarama yapılan istasyonda “acquire target” yapılmışsa hedef taramalarının yani “target scan” ların içinde bulunduğu dosyadır. Son olarak image dosyası da adından anlaşılacağı gibi çekilen fotoğrafların içinden saklandığı dosyadır. Şekil 4.20’de scanworld dosyasının içi görülmektedir.



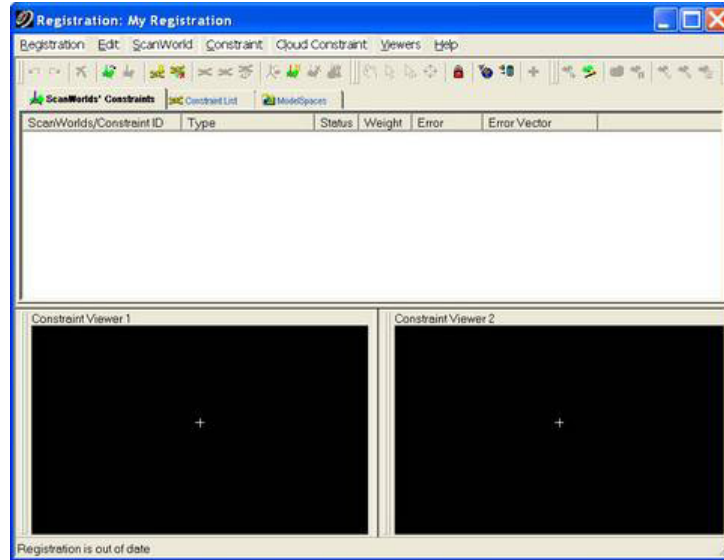
Şekil 4.19 Scanworld dosyasının içeriği

Öncelikli olarak iç ölçüler, sonra dış ölçüler ve son olarak da iç ve dış ölçüler birleştirilerek uygulama tamamlanmıştır. İlk olarak iç ölçüler için kilise database in içinde bulunan iç klasörünün içine scanworld(all) registration klasörü açılmıştır (Şekil 4.21).



Şekil 4.20 Create Registration.

Bu klasörün içine yine create/registration tıklanarak all klasörü açılmıştır. Bu klasöre çift tıklanarak registration penceresi açılmıştır.



Şekil 4.21 Registration penceresi.

Şekil 4.22’de görüldüğü gibi açılan pencerede üzerinde bulunan scanworld yardımıyla; her tarama yapılan istasyon sonrasında Cyclone da oluşan scanworld denilen tarama dosyası birleştirme işlemi için buraya eklenmiştir. Bunun için 4.23’de görülen “Scanworld/Add Scanworld” seçilmiştir.



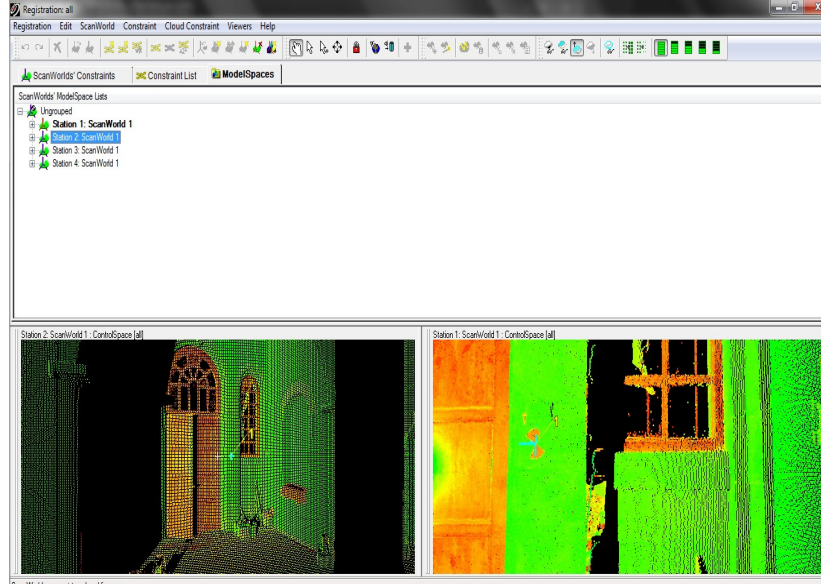
Şekil 4.22 Scanworld ekleme ekranı.

Daha sonra Şekil 4.24’de görülen ekran üzerinde proje tıklanarak scanworld 1, scanworld 2, scanworld 3 ve scanworld 4 dosyaları “>>” tıklanarak eklenmiştir.



Şekil 4.23 Scanworld ekleme ekranı-2.

Son olarak da “OK” kullanılarak registration penceresine geri dönlmüştür. Artık bu pencere üzerinde seçilen scanworld dosyaları görülebilir hale gelmiştir. Bu aşamadan sonra bu dosya bulutlarının birleştirilmesinin son evresine gelinmiştir. Cyclone da registration işlemi 3 farklı Şekilde yapılmaktadır. Bunlar vertex-vertex, cloud-cloud ve point-point ten oluşmaktadır. Burada iç tarama bulutlarının birleştirilmesinde cloud-cloud yönteminden faydalanılmıştır. Cloud kelimesinin Türkçe anlamı buluttur. İç ölçülerde dıştaki gibi “acquire target” denilen hassas tarama işlemi yapılmamıştır. Bu zaman sıkıntısından dolayı kaynaklanmıştır. Hedeflerin orta noktaları manuel olarak seçilerek vertexler oluşturulmuştur. Hedef taramasının yetersiz kaldığı yani, tarama sıklığından dolayı orta noktası belirlenemeyen veya tarama sonucu ölçülemeyen hedefler yerine ortamda bulunan belirgin nesnelerin köşe noktaları hedefmiş gibi kullanılarak vertex’ler oluşturulmaya çalışılmıştır. Örnek olarak pencere köşeleri, kolon köşeleri gibi belirgin noktalar kullanılmaya çalışılmıştır (Şekil 4.25).



Şekil 4.24 Constraints listesi.

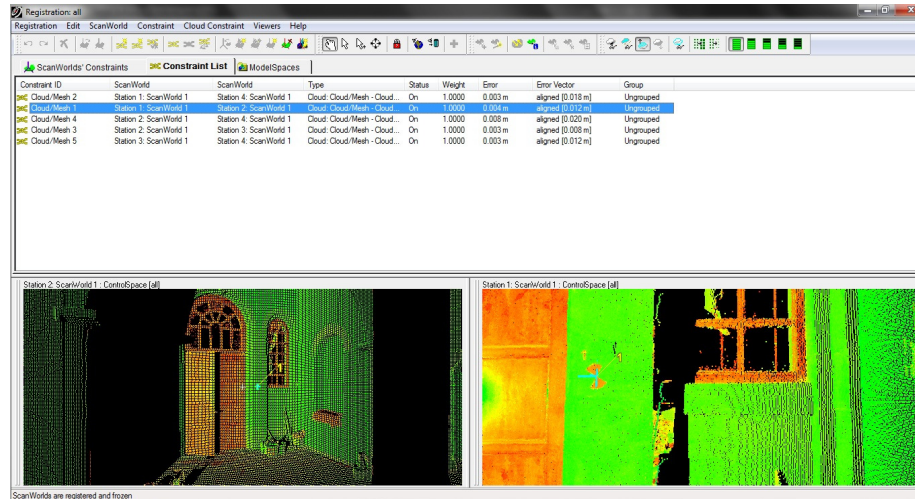
Yeterli sayıda vertex oluşturulmuştur. Bu Şekilde oluşturulan vertexler yardımıyla yapılan registration işlemine cloud-cloud adı verilmektedir. Daha sonraki aşama ise “Add-Constraints” denilen bağlantılı nokta bulutlarını eşleştirme aşamasıdır. Bu noktada bazı sıkıntılar yaşanmıştır. Bu iç taramada acquire target yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Normalde scanworld ler eklendikten sonra constraints işlemi otomatik olarak constraint/ Auto Add Constraints seçilerek bağlantılı scanworld eşleşmeleri otomatik olarak yapılmaktadır. Cyclone eşleştirme yaparken şöyle bir algoritma kullanmaktadır (Şekil 4.26).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix}_{4 \times 4}$$

Şekil 4.25 4x4 kare matris

İç taramalar 4 istasyon kurulmuştur. Cyclone bu istasyonlardan Şekil 4.26’daki gibi bir matris oluşturulur ve oluşan bu matrisin köşegeni yaratılır. Cyclone da işlem algoritması bu Şekilde oluşmaktadır. Yani bu işlemi yapmak için 1-2, 1-3, 1-4 ,2-3, 2-4 ve 3-4 şeklinde constraints ler oluşturulmuştur. Bu işlemler elle yapılmıştır. Buradaki avantaj sadece 4 istasyonda registration yapmış olmamızdır. İstasyon sayısının çok daha fazla olduğu düşünüldüğünde bu işlem oldukça uzun sürecektir. Fakat az istasyon ile olası uzun işlemlere gerek kalmamıştır.

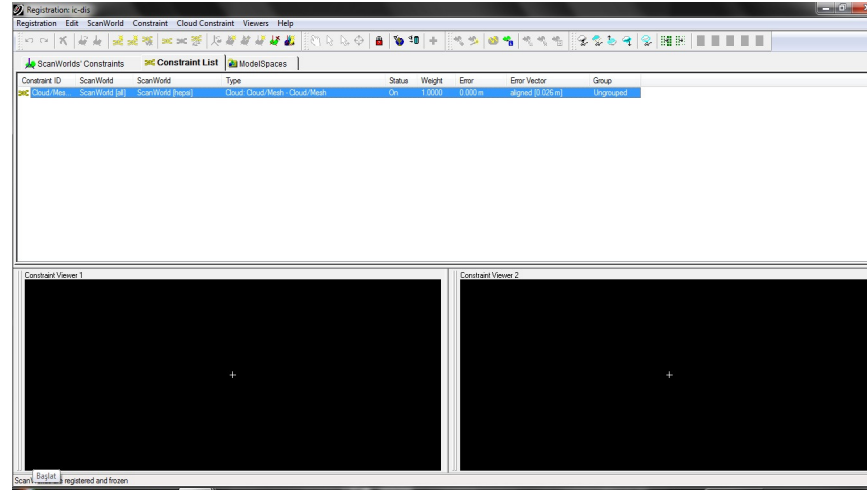
Matris köşegeni ilgili scanworldler tek tek seçilerek oluşturulduktan sonra registration/register tıklanarak birleştirme işlemi tamamlanmıştır (Şekil 4.27).



Şekil 4.26 İç tarama registration

İç ölçülerin birleştirme işlemi tamamlandıktan sonra dış ölçülerin birleştirme aşamasına geçilmiştir. Dış tarama ölçülerini birleştirme işlemi iç tarama ölçülerini birleştirmeye göre daha hızlı gerçekleşmiştir. Bunun sebebi dış taramada “acquire target” işleminin yapılmış olmasıdır. İç ölçüler için yapılan registration işleminden farklı olarak, constraints işlemi burada otomatik olarak yapılmıştır. Nokta bulutlarının birleştirilmesinde ve 3B yüzey eşlemede kullanılan farklı bir yöntemde en küçük karelerle 3B yüzey eşleme metodudur (Gruen ve Akça 2005). 21.ISPRS Kongresinde sunulan çalışmada 3B modellemede yüzey eşleştirme yöntemi kullanılmış ve elde edilen birleştirme doğrulukları, tezde kullanılan kontrol noktaları ile yapılan birleştirme ile aynı doğruluk değerlerinde olduğu görülmüştür (Akça, 2008) Burada da ilk olarak Cyclone da dış klasörünün içine create Project tıklanarak registration 12 oluşturulmuştur. Bu dosya çift tıklanarak registration penceresi ekranı açılmıştır. Buradan sonra yine birleştirme yapılacak olan scanworld’ler eklenmiştir. Dış taramada 6 istasyon kurulduğundan 6 tane scanworld dosyası eklenmiştir. Daha sonra constraints işlemine geçilmiştir. Uygulamada constraint/ Auto-Add Constraints fonksiyonu kullanılmış ve bu şekilde scanworld eşleştirmeleri otomatik olarak yapılmıştır. Daha sonra registration/ register tıklanarak dış ölçülerin birleştirme işlemi tamamlanmıştır. Register işlemlerinin sonuncusuna geçilmiştir. Bu aşama iç ve dış tarama ölçülerinin birleştirme aşamasıdır. Burada yeni bir iç-dış adında proje oluşturulmuştur ve bu proje içerisinde iç taramaların birleştirilmesi sonucu oluşan scanworld dosyası ile dış taramaların birleştirilmesi

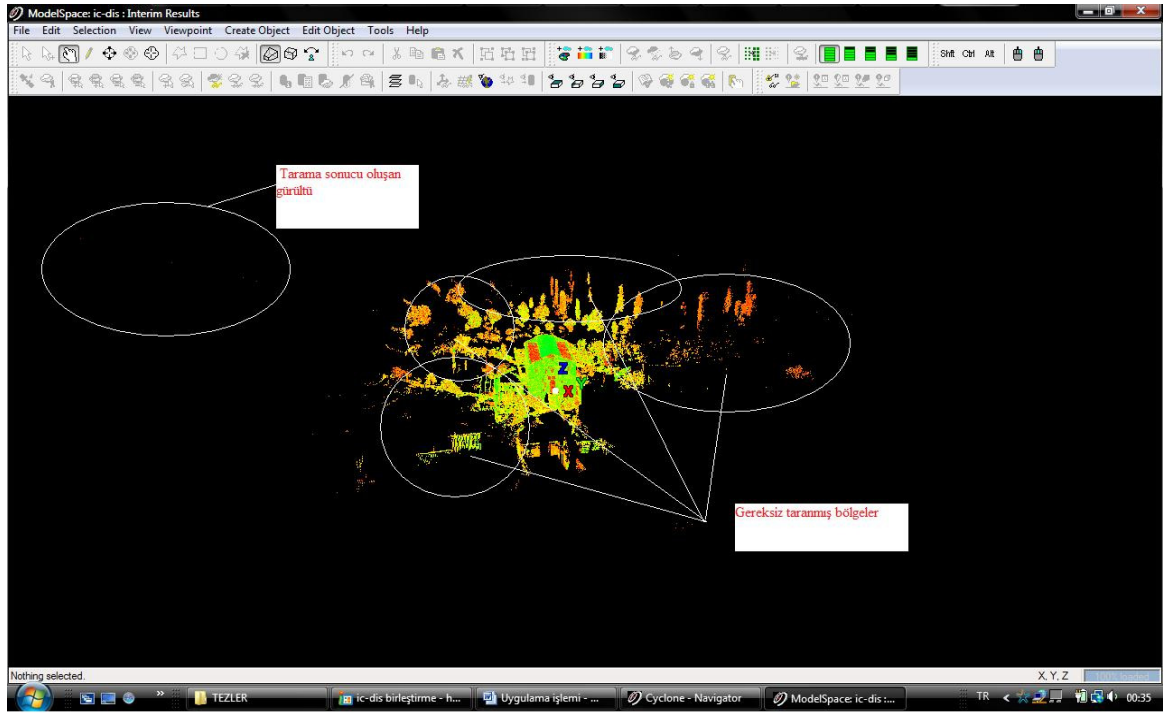
sonucu oluşan scanworld dosyaları eklenerek birleştirme işlemi yapılmıştır. Öncelikle ilk olarak constraint/Auto-Add constraints seçilerek eşleştirme yapılmıştır. Daha sonra register işlemi yapılarak iç dış taramaların birleştirme işlemi tamamlanmıştır (Şekil 4.28).



Şekil 4.27 İç-Dış registration işlemi.

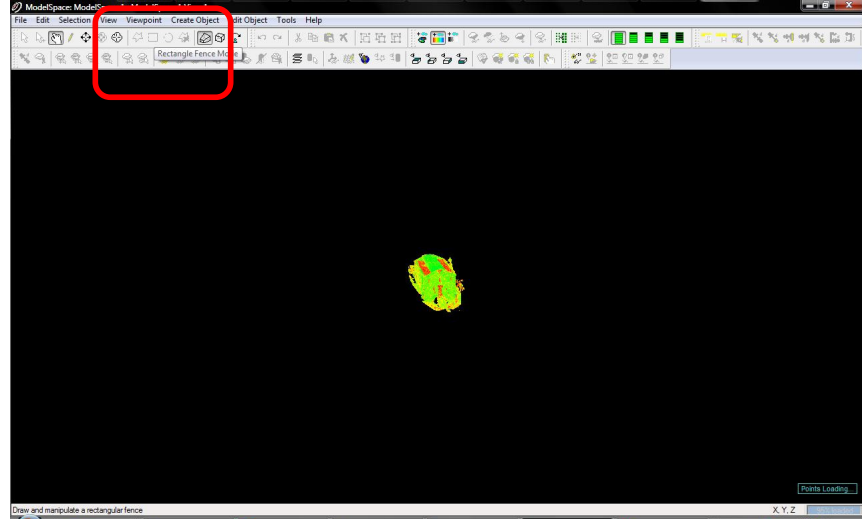
4.2.5 Hatalı ve Gereksiz Noktaların Temizlenmesi

Registration işlemleri sonucunda farklı istasyonlarda farklı koordinat sistemlerindeki nokta bulutları tek bir koordinat sisteminde bir araya getirilmişlerdir. Nokta bulutları ± 10 mm hassasiyetinde birleştirilmiştir. İşlem sonucunda yaklaşık üç milyon adet x, y, z koordinat değerleri bilinen noktalar topluluğu oluşmuştur. Oluşan bu nokta topluluğu bu haliyle kullanılabilir değildir. Bu aşamadan sonra nokta bulutu üzerinde bir takım işlemler yapılacaktır. Bu işlemler, tarama sırasında gereksiz taranan nesnelerden oluşan noktaların silinmesi işlemi, farklı istasyonlardan aynı yerin taranması sonucu o bölgedeki nokta yoğunluğunu giderilmesi ve tarama sırasında oluşan gürültü denilen hataların giderilmesinden oluşmaktadır. Gürültü, aletten ışının sapması sonucu ortaya çıkan düzensizliklere denir. Ayrıca yansıtma özelliğine sahip nesne yüzeyleri taranması sonucunda kaba hatalı ölçümler meydana gelmiştir. Şekil 4.29'da görüldüğü üzere tarama sırasında kilise dışında çevredeki birçok gereksiz detay da taranmıştır. Ayrıca eldeki nokta bulutu iç taramalardan 4 dış taramalardan 6 olmak üzere toplam 10 farklı nokta bulutundan meydana gelmiştir. Yapılacak işlemler sonucunda tek bir bulut elde edilmelidir. Projenin bu aşamasına gereksiz yere taranmış çevre detaylarının elle temizlenmesi işlemi ile başlanmıştır.



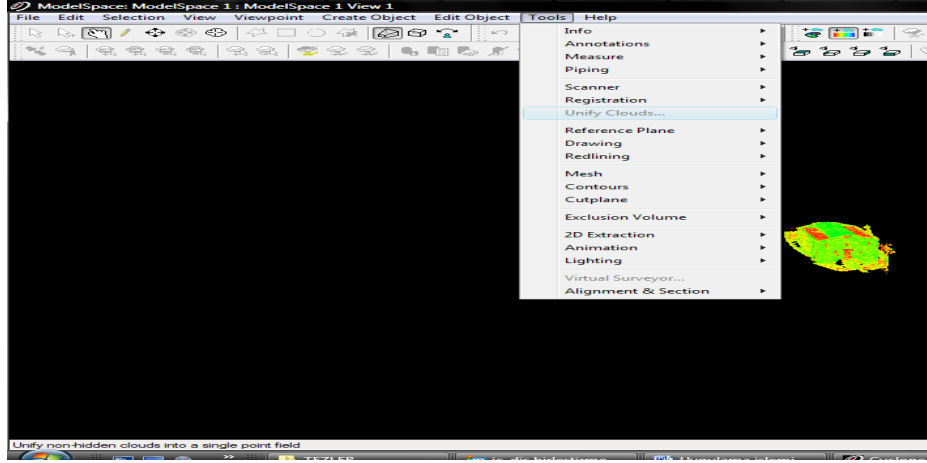
Şekil 4.28 Gereksiz taranmış çevresel nesneler ve gürültülü noktalar.

Bu işlem için Şekil 4.30’da görülen araç çubukları üzerindeki “fence mode” üzerinden ister poligonal, ister dörtgensel, ister dairesel fonksiyonu seçilerek silinmesi istenilen nokta bulutu üzerine Mouse un sol tuşu kullanılarak bir çerçeve oluşturulmuştur. Daha sonra Mouse’un sağ tuşu tıklanarak gelen fonksiyonlar üzerinden “delete fence inside” yani çerçeve içini sil tıklanarak seçilen bölge elle silinmiştir. Bu Şekilde nokta bulutu üzerindeki tüm gereksiz taranmış noktalar elle temizlenmiştir. Ayrıca gürültü sonucu oluşan noktalar da aynı Şekilde temizlenmiştir.



Şekil 4.29 Fence select fonksiyonu.

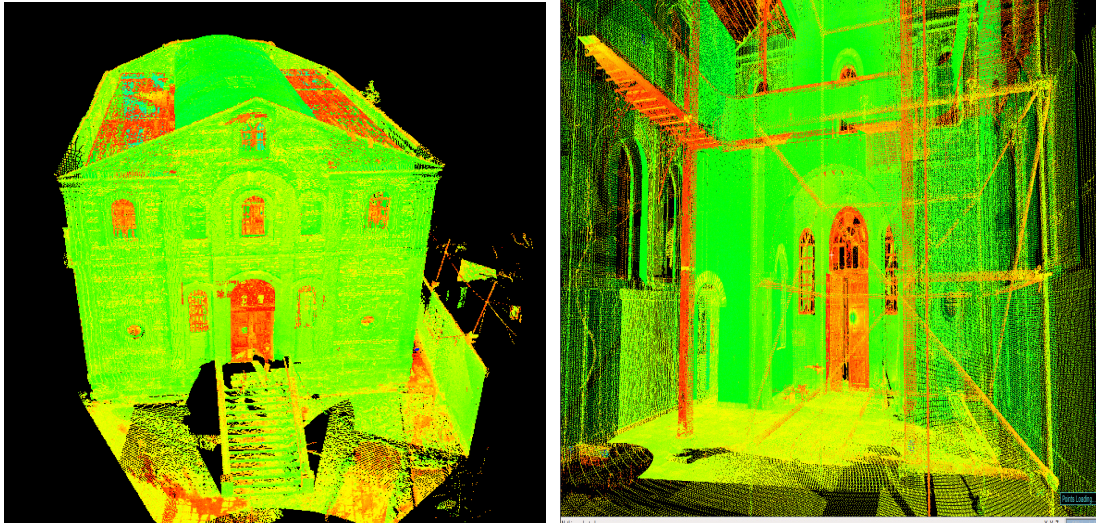
Elle temizleme işlemi sonucu gözle görülebilen gereksiz nokta yok edilmiştir fakat gözle fark edilemeyen noktaların da silinmesi gerekmektedir. Örneğin kilisenin bir duvarı iki farklı istasyondan da taranmıştır. Her iki tarama sonucunda aynı yüzeye ait noktalar oluşmuştur ve bu noktalar üst üste gelmiştir. Bu durum 2 den fazla istasyon için de geçerli olabilmektedir. Bunun sonucunda fazladan yüz binlerce nokta oluşmaktadır. Bu işlemde bu fazla noktalar temizlenmiştir. Bu işlem için Şekil 4.31’de görülen menü üzerinden tools/unify clouds... kullanılmıştır. Daha sonra “low cloud density reduction” yani nokta bulut yoğunluğunu düşük azalt seçilmiştir. Burada normal, yüksek, çok yüksek gibi nokta bulut yoğunluğunun azaltılması seçenekleri vardır. Proje uygulama ve görsel amaçlı bir proje olduğundan burada olabildiğince sık nokta ile yüksek çözünürlüklü görüntü için düşük azaltma işlemi kullanılmıştır. Ayrıca bu işlem sonucunda daha önceden söz edilmiş olan 10 istasyonlu nokta bulutu tek istasyonda toplanmıştır.



Şekil 4.30 Unify Cloud işlemi

4.2.6 Görselleştirme ve Sanal Ortamda Sunum

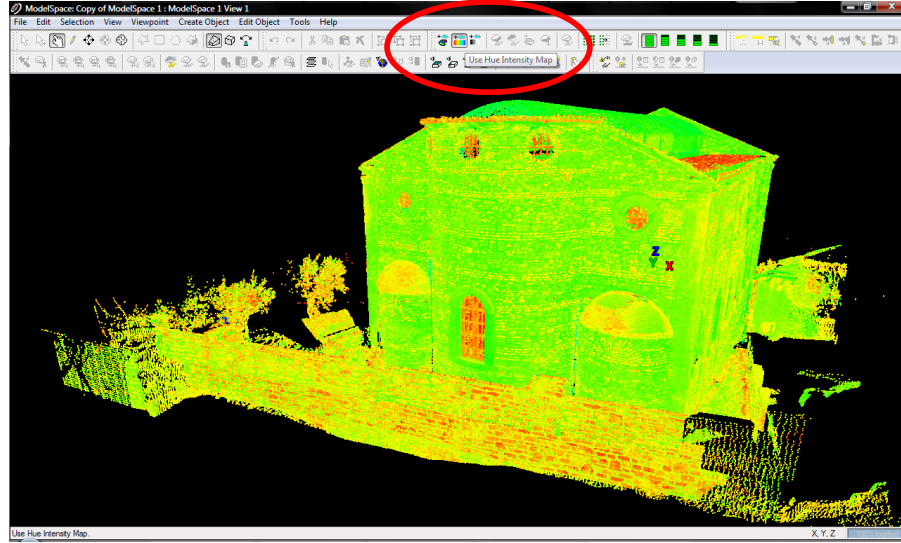
Uygulanan işlemlerden sonra kilisenin düzgün bir Şekilde taranmış net katı 3 boyutlu görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 4.32). Elde edilen nokta bulutu üzerinden artık istenilen metrik bilgiler rahatlıkla alınabilmektedir. Hacim, alan, uzunluk gibi kilisenin herhangi bir bölgesi üzerinden mm hassasiyetinde metrik bilgiye ulaşılabilir. Ayrıca yüzey üzerine giydirmeler, kaplamalar yapılabilir.



Şekil 4.31 Kilisenin temizlenmiş iç ve dış görünümü.

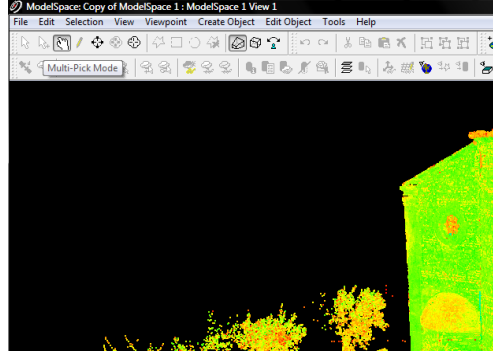
Scanstation2 YLT cihazımız tarama verilerini üç Şekilde renklendirmektedir. Renklendirme intensity denilen taranan maddelerin yoğunluğuna göre yapılmaktadır. Taranan objelerin

yoğunluğunu yansıyan lazer ışınından algılayan YLT cihazı, görsellemeyi Şekil 4.37'deki gibi renkli ve gri tonlamalı olarak yapmaktadır. Ayrıca tarama yapılan istasyonda eğer fotoğraf çekimi yapılmışsa o zaman gerçek renkli değerleri ile gerçek görünüm elde edilebilmektedir. Bu projede tarama yapılan istasyonların bazılarında önceden bahsedilen nedenlerden fotoğraf çekimi yapılamamıştır.



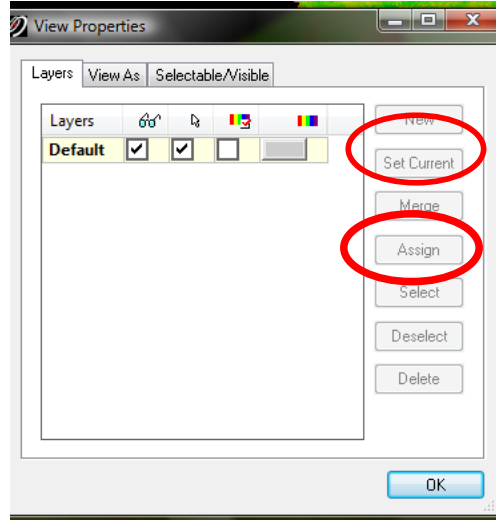
Şekil 4.32 Cyclone da nokta bulutunun farklı özelliklerde renklendirilmesi fonksiyonu.

Bu sorunlar, Cyclone içinden gerçek renkli görüntü fonksiyonunu seçildiğinde fotoğraf çekimi yapılmayan istasyonlarda nokta bulutları yoğunluk rengine göre gözükmemektedir. Yani gerçek renklerle yapay renkler birbirine karışmaktadır. Bu sorunu gidermek için fotoğraf çekimi yapılmayan nokta bulutu elle silinmiştir. Tabi bu yeterli bir çözüm olmamıştır. İç içe geçen noktalarda hala devam etmektedir. Bu durumda o istasyonun içerdiği nokta bulutlarını ya tamamen silerek yada fotoğraf çekimi yapılmayan istasyondaki nokta bulutu farklı bir tabakaya alınıp o tabaka kapatılarak sorun çözülmüştür. Tabi bu işlemi yapmak için projede önceden bahsedilen “unify cloud” işleminin yapılmamış olması gerekmektedir. Aksi halde noktaların ayrılması mümkün olmayacaktır. Tarama yapılmayan istasyondaki nokta bulutlarını farklı tabakaya alma işlemine o istasyondaki nokta bulutu seçerek başlanılmıştır. Şekil 4.34’de görüldüğü üzere Cyclone içindeki “multi-pick mode” fonksiyonu kullanılarak ekran üzerinde herhangi bir yapay renkli nokta tıklanarak o noktanın dahil olduğu nokta bulutu seçilmiştir.



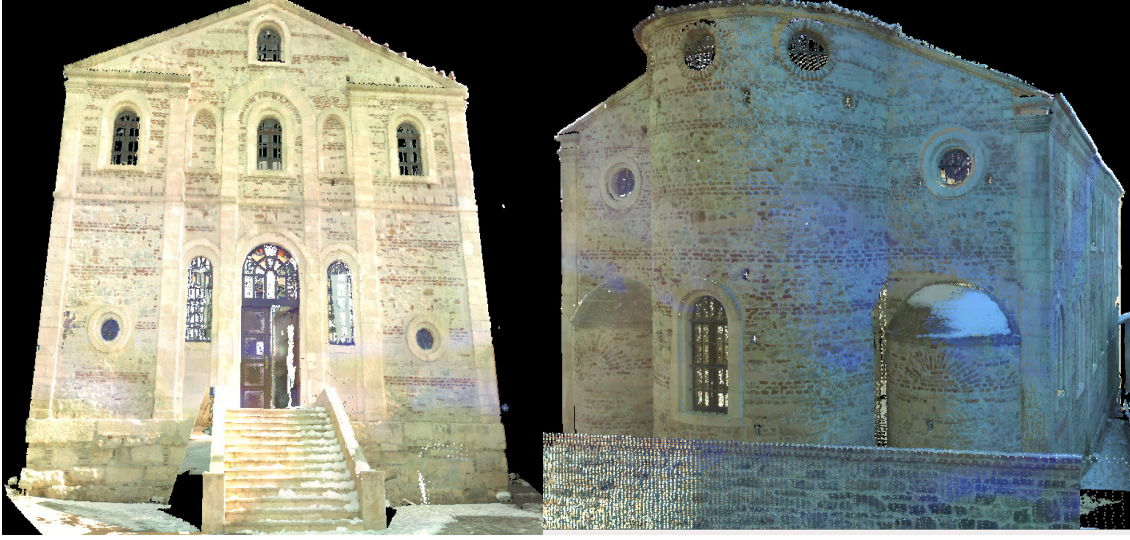
Şekil 4.33 Multi-Pick mode fonksiyonu.

Daha sonra “shift L” kısayolu açılan tabakalar menüsünden yeni bir tabaka açılarak bu nokta bulutu o tabakaya dahil edilmiştir (Şekil 4.35). Bu işlem adımları;



Şekil 4.34 Layers menüsü.

Açılan menü ekranından önce “New” seçilerek yeni tabaka oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan tabakanın üzerine tıklanıp ardından assign tıklanmıştır ve multi-pick mode ile seçilen nokta bulutu açılan bu yeni tabakaya alınmıştır. Son olarak gözlük işaretinin altındaki kutucuklardan yeni açılan tabakanın kiti kapatılarak o nokta bulutu ekrandan da aynı zamanda kapatılmıştır. Bu şekilde fotoğraf çekimi yapılmayan tüm nokta bulutları farklı tabakalara alınarak ekrandan kapatılmış ve sadece renk değerine sahip noktalar ekranda kalmıştır. İstenirse bu aşamadan sonra tekrar unify cloud işlemi yapılabilir. Bu işlemler sonucunda kilisenin gerçek renk değerlerine sahip nokta bulutu elde edilmiştir (Şekil 4.36).



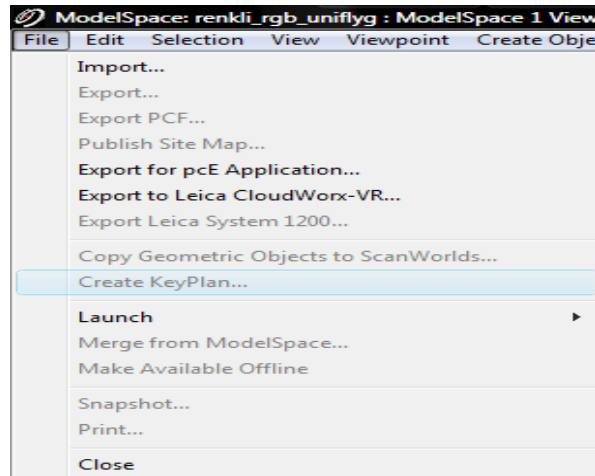
Şekil 4.35 Kilisenin tarama sonucu gerçek renkli önden ve arkadan görüntüsü.

Projenin amacı kültürel mirasın korunmasına yönelik 3B modelleme olduğundan elde edilen bu görüntü oldukça önem arz etmektedir. Görsellik açısından gerçeği ile birebir boyutta bir görüntü elde edilmiştir. Bu model üzerinde kilisenin istenilen bölgesi gerçekteki gibi incelenebilmektedir. Bu da yapılan çalışmanın bizim için ne kadar anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu model üzerinde farklı çalışmalar da yapılabilmektedir. Mesela kilisenin istenilen bir parçası kesilip ayrı bir “modelspace” e kopyalanarak o parça üzerinde çeşitli işlemler yapılabilmektedir. Bu parça değişik CAD yazılımlarına aktarılabilir ve üzerine çeşitli giydirmeler gibi çalışmalar yapılabilmektedir. 3B lu modelin bütünü CAD ortamına aktarıldığında, CAD yazılımlarının bu kadar çok nokta ile çalışması mümkün olmamaktadır. Fakat model parçalara ayrılarak üzerinde restorasyon gibi değişik çalışmalar yapılabilmektedir (Şekil 4.37).



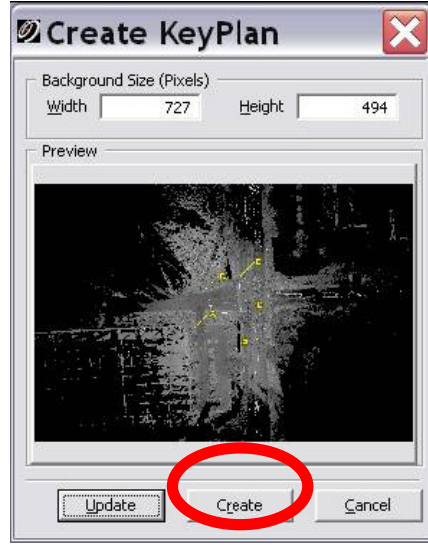
Şekil 4.36 Kilisenin iç taramasından oluşan gerçek renkli bir görünüm.

Son olarak kültürel mirasın korunmasındaki önemli noktalardan biri olan sanal ortamda sunum aşamasıdır. Amaç oluşturulan kilise modelini Üniversitenin web sitesi üzerinden yayınlanmasıdır. Bunun için Cyclone yazılımı içindeki keyplan modülü kullanılmıştır. Keyplan modül sayesinde tarama yapılan istasyonlardaki bakış açısı ile 2 boyutlu panoramik görünüm sağlanır ve bu görünüme internet üzerinde bağlanılarak Leica'nın ücretsiz bir yazılımı olan Truview ile incelenmesi, koordinat, metrik ve öznitelik bilgisi alınması sağlanmaktadır. Bu işlem için öncelikle iç ve dış taramalar için iki farklı keyplan oluşturulmuştur. Taramaların birleştirilmesi sonucu oluşan modelspace açılmış; sonra açılan modelspace üzerinden file/Create KeyPlan seçilmiştir (Şekil 4.38).



Şekil 4.37 KeyPlan oluşturma modülü.

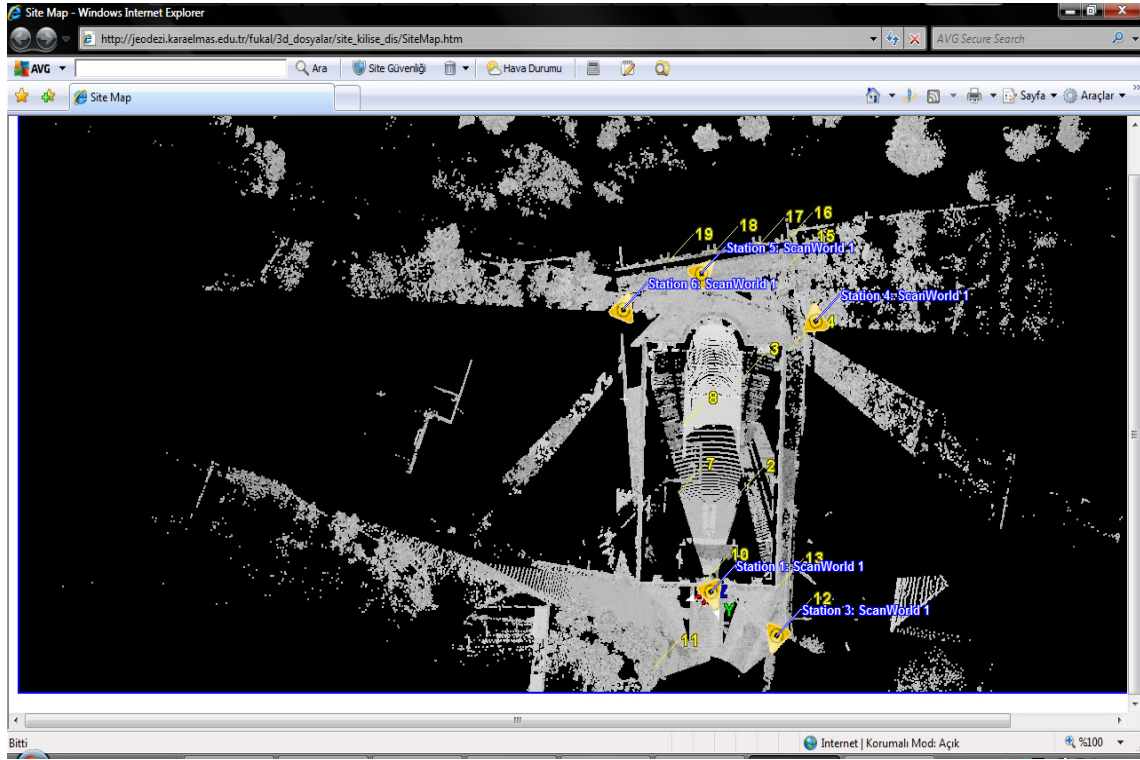
Şekil 4.39’da görülen Create KeyPlan penceresi üzerinden arka planda oluşacak görüntünün piksel boyutları belirlenmiştir. Ayrıca bu aşamadan oluşan keyplan üzerinde tarayıcının kurulduğu istasyonların yerlerine ikonlar otomatik olarak eklenir. Bu ikonların üzerlerine çift tıklandığı takdirde o tarama istasyonunda yapılan tarama, tarayıcının gözünden 2B panoramik olarak bir görüntü sağlamaktadır. Son olarak da create butonu tıklanmıştır ve oluşturulan dosyanın kaydı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.38 Create KeyPlan penceresi.

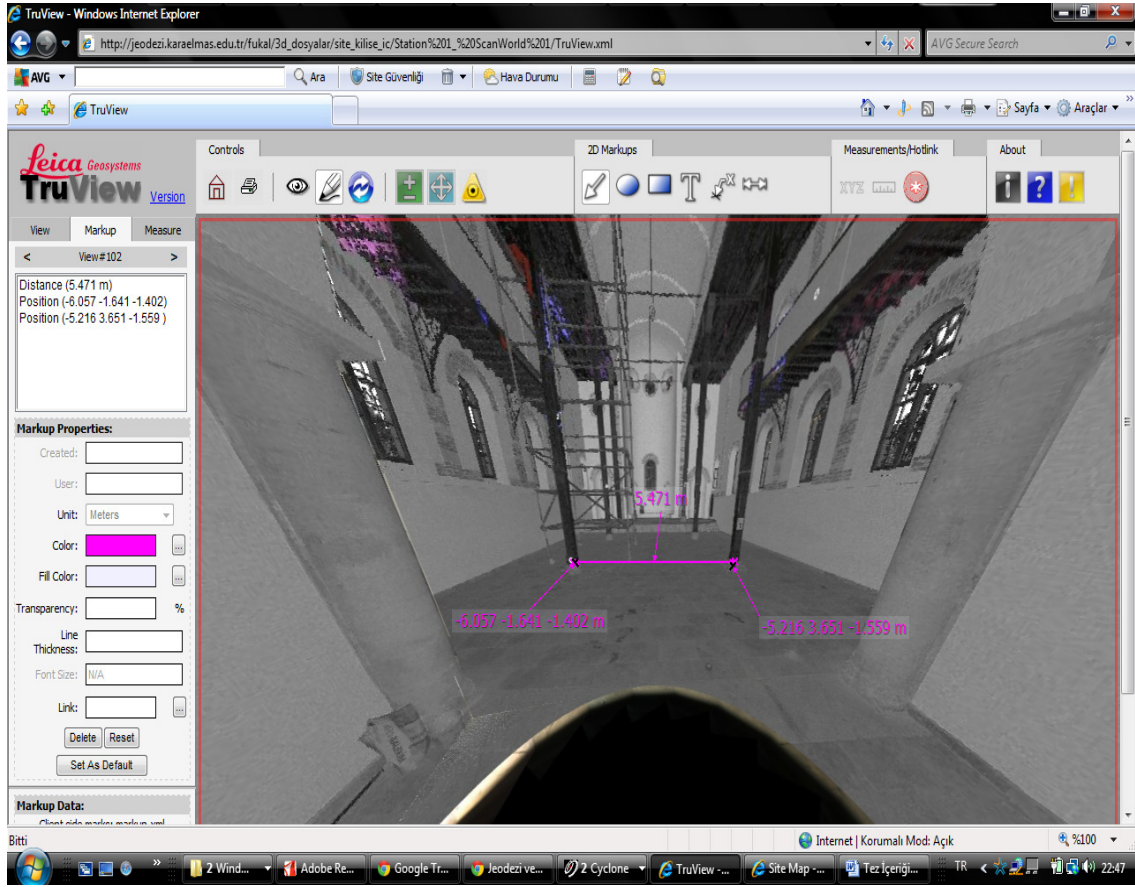
Daha sonra oluşturulan dosya Bölüm sunucusuna yüklenerek FUKAL’ın web sitesinden erişime açılmıştır (Şekil 4.40). Adres;

- http://jeodezi.karaelmas.edu.tr/fukal/3d_dosyalar/site_kilise_dis/SiteMap.htm.
- http://jeodezi.karaelmas.edu.tr/fukal/3d_dosyalar/site_kilise_ic/SiteMap.htm.



Şekil 4.39 FUKAL web sitesi üzerinden KeyPlan görüntüsü.

Kullanıcılar bilgisayarlarına Leica'nın ücretsiz olarak verdiği TruView yazılımı kurarak bu KeyPlan'a erişim sağlanabilmektedir. TruView yazılımı sayesinde kilisenin istenilen bölgesinden istenilen metrik bilgiye, koordinat bilgisine ve eklenmişse öznitelik bilgisine ulaşılabilir. Çalışmadaki önemli noktalardan biri KeyPlan oluştururken seçilen görüntü gri tonlamalı yoğunluk görüntüsüdür. Bu durumun sebebi her istasyonda fotoğraf çekimi yapılamadığından gerçek renkli görüntüde bazı eksik noktalar oluşmuştur. O yüzden gri tonlamalı renkteki görüntü tercih edilmiştir (Şekil 4.41). Görselleştirme kapsamında gerçekleştirilemeyen 3B model yüzeyi girdirme işlemi olmuştur. 3B modellemenin önemli noktalarından biri olan yüzey giydirmeleri, kullanılan yazılımın sınırlı lisans süresi nedeniyle yapılamamıştır.



Şekil 4.40 FUKAL web sitesi üzerinden ulaşılan iç istasyondan 2B panoramik görüntü.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyadaki hızlı teknolojik gelişmelerle birlikte ölçme yöntemlerinde de büyük gelişmeler meydana gelmiştir. Yersel lazer tarama teknolojisi de ölçme tekniklerinin en gelişmiş ürünlerinden biri olmuştur. Gün geçtikçe kullanımı yaygınlaşmakta ve kullanım alanları genişlemektedir. Günümüzde hızlı, doğru ve az zamanda 3B geometrik ve görsel bilgiye sahip olmak çok önemli hale gelmiştir. Elde edilen bilgilerle model oluşturmak ve bu model üzerinden mühendislik çalışmaları yapma gereksinimleri ortaya çıkmıştır. Klasik ölçme yöntemleri ve fotogrametri bu ihtiyaçları yeterince karşılayamaz durumda kalmıştır. İşte bu noktada yersel lazer tarama teknolojisinden yararlanılmaya başlanmıştır. YTL sayesinde büyük miktarlardaki veriler hızlı bir şekilde toplanarak işlenebilmektedir. Mühendislik uygulamaları için, görsel çalışmalar için kullanılabilir duruma gelmiştir. 1960'lı yıllarda başlayan bu teknoloji günümüzde çok önemli bir ölçme yöntemi konumuna ulaşmıştır.

Bu çalışmada çok zengin kültür tarihine ve varlıklarına sahip şehirlerimizden biri olan Bursa'nın tarihi köylerinden biri olan Gölyazı Köyü'ndeki tarihi Gölyazı Aziz Pantelemion Kilise'si kullanılmıştır. Nilüfer Belediyesi tarafından restorasyonu yeni tamamlanmış Aziz Pantelemion Kilise'si yersel lazer tarama teknolojisi ile 3B modeli oluşturulmuştur. Dünyadaki en gelişmiş lazer tarayıcılardan biri olan uçuş zamanlı olarak çalışan SİSTEM A.Ş. tarafından temin edilen Leica Scanstation 2 model tarayıcı kullanılmıştır. Proje kapsamında tarihi kilisenin içi ve dışı lazer tarayıcı ile taranarak ölçülmüştür. İç taramalarda toplam 4, dış taramalarda toplam 6 istasyonda ölçümler yapılmıştır. Daha sonra Leica tarafından geliştirilen Cyclone yazılımı kullanılarak registration işlemi ile taranan nokta bulutları birleştirilmiştir. Farklı nokta bulutlarının ortak noktalar yardımıyla birleştirilme işlemi ± 1 cm hassasiyetle gerçekleştirilmiştir. Önce iç tarama sonucu oluşan nokta bulutları birleştirilmiş, sonra dış tarama sonucu oluşan nokta bulutları birleştirilerek bütün modelin nokta bulutu elde edilmiştir. Taramalar sırasında fotoğraf çekimi de yapılarak ölçülen her bir noktaya o noktanın gerçek renk değerleri RGB değerlerinden eklenmiştir. Bu şekilde gerçek

görünümlü, katı bir 3B model elde edilmiştir. Fakat bazı istasyonlarda fotoğraf taraması yapılamamıştır. Bu durumun sebepleri; zaman sıkıntısı, soğuk hava koşulları ve gece taramalarında kilise içinde ışık olmamasıdır. Ancak normal taramalar kilisenin her yerinde yapılmıştır. Birleştirme işleminden sonra oluşan modeldeki, tarayıcı ve çevresel kaynaklı hatalar giderilmiştir. Tarama sırasındaki çevredeki taranan objelerin oluşturduğu noktalar temizlenmiştir. Taranan nesnenin yapısından kaynaklanan gürültülü noktalar temizlenmiştir. Ayrıca farklı istasyonlardan aynı bölgeye yapılan taramalar sonucu oluşan nokta yoğunluğu azaltılmıştır. Bu şekilde gereksiz fazla veriden kurtulunmuş olup, daha rahat ve daha hızlı çalışma imkanı sağlanmıştır. Görsel açıdan da temiz görünümlü bir model oluşturulmuştur. Tüm bu işlemlerin sonucunda ister gerçek renk değerlerine sahip, ister taranan nesnenin yapısına göre tarayıcı tarafından belirlenmiş renk değerlerinde, gerçeğe birebir olarak modellenmiş 3B katı model görüntüsü elde edilmiştir. Oluşturulan modelden istenilen metrik bilgi elde edilebilir hale gelmiştir. Ayrıca kilisenin her yeri görsel açıdan incelenebilir hale gelmiştir. Modelleme aşamasından sonra ise, kültürel mirasın korunması uygulamasının önemli noktalarından biri olan, sanal ortamdan kültürel varlıkların incelenmesi ayağı gerçekleştirilmiştir. Cyclone yazılımı yardımıyla kilisenin ana verisi içindeki modelspace üzerinden KeyPlan denilen 2B panoramik görüntüsü oluşturulmuştur. Oluşturulan KeyPlan dosyaları FUKAL'ın server'ına yüklenerek internet kullanıcılarının hizmetine açılmıştır. Kullanıcılar bilgisayarlarına yine Leica'nın ürettiği ve ücretsiz olarak kullanıma sunduğu TruView yazılımını yükleyerek, internetten FUKAL web sitesine girerek oluşturulan modeli inceleme fırsatı bulabilirler. Model üzerinden gerekli metrik bilgiye, koordinat verisine ve eklenmişse öznitelik bilgisine ulaşılabilir.

Tez kapsamında ulaşılan sonuçlar yersel lazer tarama teknolojisinin 3B modellemeye oldukça başarılı bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Fakat bazı durumlarda YLT'nin yetersiz kaldığı gözlenmiştir. Mesela kilisenin her iki yanında bulunan köy evleri yüzünden o bölgelerde yeterli tarama yapılamamış ve sonucunda taraması eksik kalmış bölgeler ortaya çıkmıştır. Bu tür eksikliklerin giderilmesi için o bölgelerde optik görüntüleme yöntemlerinden faydalanılabilir. Buradan her iki sistemin birbirine bazen rakip bazen de bütünleyici birer eleman olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak tez kapsamında yersel lazer tarama teknolojisinin tarihi, teknik yönleri ve uygulama alanları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Teknik boyutlarından çok uygulama esasları ön planda tutulan bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Hızla gelişen dünyada ve ülkemizde

konum bilgisinin hızlı Şekilde elde edilmesi ve rahatça o bilgiye ulaşılmmasının önemi bu proje ile uygulamalı olarak gösterilmiştir. Klasik ölçme yöntemleri ve fotogrametrinin yetersiz kaldığı noktalarda yersel lazer tarayıcıların sağladığı yararlar uygulamalı olarak anlatılmıştır. Ayrıca yersel lazer tarayıcıların en yaygın kullanım alanlarından biri olan, kültür mirasının korunması, arşivlenmesi ve gelecek nesillere aktarılması alanındaki rolü ortaya çıkarılmıştır. Dünyada önemi çok iyi bilinen ölçme mühendisliği ülkemizdeki adıyla harita mühendisliğinin ülkemizde de hak ettiği değeri kazanmasında bu tür projeleri yapabiliyor olunması oldukça önemlidir. Bu ve benzeri Şekildeki projelerin sadece akademik çalışmalarda değil normal mühendislik uygulamalarında da kullanılması çok önemlidir.

KAYNAKLAR

- Akca D, Freeman M, Gruen A and Sargent I** (2008) Quality assessment of 3D building data by 3D surface matching. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37: 771-777.
- Askın H F** (2009) Lazer Tarama Verileriyle 3B Obje Modellemesinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi* (Yayımlanmamış), İstanbul.
- Ay E** (2009) Lazer Tarama Verisinde Geometrik Obje Tabanlı Üç Boyutlu Filtreleme Uygulaması GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi* (Yayımlanmamış), Gebze.
- Barber D Mills J and Bryan P G** (2001) Laser Scanning and Photogrammetry: 21st century metrology. *Proceedings of 18th International Symposium CIPA 2001*. Potsdam, Germany, September 18 – 21, pp. 360 – 366.
- Boehler W and Marbs A** (2002) 3D Scanning Instruments. In Proceedings of International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording. *Complementing or Replacing Photogrammetry*. Corfu, Greece, September, 1 – 2.
- Boehler W, Heinz G, Marbs A and Siebold M** (2002) “3D Scanning Software: An Introduction”, *University of Applied Sciences*, <http://scanning.fh-mainz.de/scannertest/results300305.pdf>. Mainz, Germany.
- Dostoğlu N T ve Dostoğlu H** (2011) *Bursa Kültür Varlıkları Envanteri: Anıtsal Eserler*, Bursa.Cilt 1, s:15-16.
- Gruen A and Akca D** (2005) Least Squares 3D Surface and Curve Matching, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59:151-174.
- Gumus K** (2008) Yersel lazer Tarayıcıların ve Konum Doğruluklarının Araştırılması, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi* (Yayımlanmamış), İstanbul.
- Harvey M** (2010) *Basic of Laser Scanning*, Hexagon. Product Marketing Manager, Scanning http://www.leica-geosystems.us/en/News-Archive-2010_89883.htm.
- Kahmen H and Faig W** (1988) *Surveying*. Walter de Gruyter, Berlin/New York. 578 pages.
- Karabörk H, Göktepe A, Yılmaz H M, Mutluoğlu Ö, Yıldız F and Yakar M** (2009) Tarihi ve Kültürel Varlıkların Lazer Tarama ve Lazer Nokta Ölçme Teknolojileri ile 3B Modellenmesinde Duyarlılık Araştırması ve Uygulama Modelinin Belirlenmesi, *HKMO 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, s. 25-31.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Krotkov E and Serhebert A** (1992) Laser Rangefinder Calibration for a Walking Robot. Technical Report CMURI-TR-90-30, *The Robotics Institute*, Carnegie Mellon University.
- Leica Geosystems** (2009) Complete Training Manual with C10. European Office Munich, Germany.
- Lingua A and Rinaudo F** (2001) The statue of Ramsete II-integration of digitalphotogrammetry and laser scanning technique for 3D modelling. *Proceedings of 18thInternational Symposium CIPA 2001*. Potsdam, Germany, September 18 – 21.
- Pınarcı E** (2007) İki Boyutlu Kalman Filtresinin Yersel Lazer Tarama Verisine Uygulanması, GYTE Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Gebze.
- Reshetyuk Y** (2006) Investigation of the Influence of Surface Reflectance on the Measurements with the Terrestrial Laser Scanner Leica HDS 3000. ZfV, Zeitschrift fürGeodäsie, *Geoinformation und Landmanagement*, 131(2):96 – 103.
- Sistemas** (2009) www.sistemas.com.tr http://www.sistemas.com.tr/leica_3b_lazer_ScanStation_2.htm.
- URL-1** (2012) www.wikipedia.org/wiki/Gölyazı,_Nilüfer.
- URL-2** (2012) www.forumgercek.com <http://www.forumgercek.com/showthread.php?t=69617>.
- URL-3** (2012) www.nilufer.bel.tr <http://www.nilufer.bel.tr/icerik.php?s=hizmetlerimiz&hp=3>.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet ÖKSÜZ 1986'da Bursa'da doğdu. İlk öğretim ve liseyi aynı şehirde tamamladı. Yabancı dil ağırlıklı Bursa Anadolu Erkek Lisesinden mezun olduktan sonra 2010 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi (ZKÜ) Mühendislik Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliğine girdi. 2010 yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra aynı yıl Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Cumhuriyet Mah. 2. Avcılar Sit. A Blok D:10
Gemlik – BURSA
Tel: 05428186978
E-posta: mehmetoksuz1986@hotmail.com