

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

3D TARAYICILAR İLE PEYZAJ OBJELERİNİN MODELLENMESİ

Eyüp YOL

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**ÇANKIRI
2024**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Eyüp YOL tarafından hazırlanan “3d Tarayıcılar ile Peyzaj Objelerinin Modellenmesi” adlı tez çalışması 12/07/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Bayram Cemil BİLGİLİ

Jüri Üyeleri :

Başkan : Prof. Dr. Bayram Cemil BİLGİLİ
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı
Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Volkan MÜFTÜOĞLU
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı
Bursa Teknik Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hamit ALYAR

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum “**3d Tarayıcılar ile Peyzaj Objelerinin Modellenmesi**” konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan “Bilimsel İntihal Tespit Programı”yla tarandığını, “intihal içermediğini” beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (12/07/2024).

Eyüp YOL



Bu alışma ankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FF240223L10 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

3D TARAYICILAR İLE PEYZAJ OBJELERİNİN MODELLENMESİ

Eyüp YOL

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bayram Cemil BİLGİLİ

Peyzaj mimarlığı uygulamalarında, gerçek dünya nesnelerinin tasarım süreçlerine entegre edilmesi, detaylı ve zaman alıcı bir süreçtir. Özellikle heykeller veya insan figürleri gibi karmaşık objelerin, tasarım projelerinde doğru ve etkili bir şekilde kullanılabilmesi için, bu nesnelerin dijital ortama aktarılması gerekmektedir. Ancak, bu geleneksel yöntemlerle yapılan işlemler zaman alıcıdır ve genellikle istenilen doğruluk seviyesini sağlamak için tekrarlı düzeltmeler gerektirebilir. Bu sebeplerden dolayı, lidar tarayıcılar gibi ileri teknoloji araçlarının kullanılması giderek daha popüler hale gelmektedir. Lidar tarayıcılar, nesnelerin hızlı ve hassas bir şekilde taranmasını sağlayarak, sanal ortama aktarılmasını kolaylaştırır. Bu tarayıcılar, nesnelerin geometrik yapısını ve yüzey detaylarını hassas bir şekilde yakalayıp, tasarımcılara gerçekçi ve detaylı modeller oluşturma imkanı verir. Bu çalışma kapsamında, peyzaj nesnelerinin lidar tarayıcılarla taranması ve sanal ortama aktarılmasıyla ilgili yöntemler ve süreçler incelenmiştir. Belirli bir nesnenin taranması ve dijital modelinin oluşturulmasıyla elde edilen verilere dayanarak, nesnenin tasarım sürecine entegre edilmesi sağlanmıştır. Bu yöntem, tasarım sürecinin daha verimli hale gelmesini sağlar ve peyzaj mimarlığı alanında daha gerçekçi ve detaylı projelerin oluşturulmasına katkı sağlar.

2024, 31 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Lazer tarama, Lidar, 3d yazıcı

ABSTRACT

Master of Science Thesis

MODELING LANDSCAPE OBJECTS WITH 3D SCANNERS

Eyüp YOL

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Landscape Architecture

Advisor: Prof. Dr. Bayram Cemil BİLGİLİ

In landscape architecture applications, integrating real-world objects into design processes is a detailed and time-consuming process. In order for complex objects, especially sculptures or human figures, to be used accurately and effectively in design projects, these objects must be transferred to the digital environment. However, these traditional methods are time-consuming and may often require repeated corrections to achieve the desired level of accuracy. For these reasons, using high-tech tools such as lidar scanners is becoming increasingly popular. Lidar scanners enable fast and precise scanning of objects, making it easier to transfer them to the virtual environment. These scanners precisely capture the geometric structure and surface details of objects, allowing designers to create realistic and detailed models. Within the scope of this study, methods and processes related to scanning landscape objects with lidar scanners and transferring them to the virtual environment were examined. Based on the data obtained by scanning a specific object and creating its digital model, the object was integrated into the design process. This method makes the design process more efficient and contributes to the creation of more realistic and detailed projects in the field of landscape architecture.

2024, 31 pages

Keywords: Laser scanning, Lidar, 3d printer

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“3d Tarayıcılar ile Peyzaj Objelerinin Modellenmesi” adlı çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne “Yüksek Lisans Tezi” olarak sunulmuştur. Bu çalışmanın amacı; peyzaj mimarlığı alanında amorf yapıya sahip nesnelerin 3D tarayıcılar yardımıyla bilgisayar ortamına aktarım sürecini incelemektir. 3D tarayıcıların kullanımının bu süreci nasıl kolaylaştırdığını ve modelleme sonuçlarının doğruluğunu nasıl artırdığını göstermeyi amaçlamaktadır. Amorf yapıda olan nesnelerin taranması ve dijitalleştirilmesi konusundaki zorluklar ve bu zorlukların 3D tarayıcılar ile nasıl aşılabileceği incelenecektir.

Bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FF240223L10 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Yüksek Lisans danışmanlığımı üstlenen, yakın ilgisi ve tecrübesiyle tez çalışmam boyunca araştırma konusunun belirlenmesinden sonuçlandırılmasına kadar olan süreçte, desteğinden ötürü değerli hocam Sayın Prof. Dr. Bayram Cemil BİLGİLİ’ye ve Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK’e teşekkür ederim.

Tüm eğitim-öğretim hayatım boyunca maddi-manevi her konuda beni destekleyen, sabır gösteren annem Cemile YOL, babam Mustafa YOL, abim Mustafa YOL, ablam Narin KARAKAYA ve kardeşim Yusuf Emre YOL’a sonsuz teşekkür ederim.

Eyüp YOL

Çankırı, Temmuz 2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER DİZİNİ	vi
KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
3. MATERYAL VE METOT	7
3.1 Materyal.....	7
3.2 Metot	8
3.2.1 Taranacak model için ortam oluşumu ve tarama işlemi.....	8
3.2.2 Nokta bulutunun bilgisayar ortamına aktarılması ve incelenmesi	10
3.2.3 Oluşan gürültü ve kirliliğin temizlenmesi	11
3.2.4 Katı cisim haline dönüştürülmesi.....	11
3.2.5 Baskı alınabilecek dosya formatına dönüştürme ve aktarımı	13
3.2.6 Nesnenin 3 boyutlu yazıcıdan çıktısının alınması	15
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	16
4.1 Lazer Taramanın Tarihi ve Gelişimi	16
4.2 Lazer Tarayıcı	16
4.2.1 Hava lazer tarama	18
4.2.2 Mobil lazer tarama	19
4.2.3 Yersel lazer tarayıcı.....	20
4.3 3d Baskı Tekniğinin Tarihi ve Gelişimi	21
4.4 3d Baskı Teknolojisi.....	23
4.4.1 Üç boyutlu yazıcı.....	23
4.4.2 Üç boyutlu yazdırma işlemi aşamaları	23
4.4.3 3d yazdırma tekniğinin avantajları ve dezavantajları	24

4.5 Peyzaj Mimarlığında Lazer Taramanın Kullanılabilirliği.....	24
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	26
KAYNAKLAR	28
ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.



SİMGELER DİZİNİ

°	Derece
°C	Santigrat derece



KISALTMALAR DİZİNİ

3D	Üç boyutlu
YLT	Yersel lazer tarama
3B	Üç boyutlu
MLS	Mobil lazer tarama sistemi
RANSAC	Rastgele örnek konsensüsü
LIDAR	Light detection and ranging
GPS	Global positioning system
CAD	Computer aided design
İHA	İnsansız hava aracı
INS	Inertial navigation system
DEM	Sayısal yükseklik modeli
DSM	Sayısal yüzey modeli
IMU	Atalet ölçüm birimi
SLAM	Giyilebilir lazer tarayıcılarına eşzamanlı konum belirleme ve haritalama sistemi
UV	Ultraviyole
VR	Sanal gerçeklik
AR	Artırılmış gerçeklik

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Tarama işlemi öncesinde 360 derece dönülebilecek alana taranacak kişinin yerleştirilmesi	8
Şekil 3.2 Tarama sonrasında elde edilen nokta bulutu verisi.....	9
Şekil 3.3 Bilgisayar ortamında taramanın geometrik yapısının incelenmesi	10
Şekil 3.4 Tarama sonrasında çevreden kaynaklı gürültünün temizlenmesi	11
Şekil 3.5 Katı model haline dönüştürülmüş tarama	12
Şekil 3.6 Nesne üzerinde istenildiği taktirde değişiklik yapılabilcek araçlar.....	13
Şekil 3.7 Katı hale dönüştürülen cismin g kodunun alınma işlemi.....	14
Şekil 3.8 G kod olarak .hfb uzantısıyla kayıt işlemi	14
Şekil 3.9 Çıktı alınabilmesi için yazıcıya gönderimi	15
Şekil 4.1 Renklendirilmiş nokta bulutu örneği (Nemli 2002).....	17
Şekil 4.2 Hava lazer tarama sisteminin genel yapısı (Polat ve Uysal 2016).....	19
Şekil 4.3 Mobil lazer tarama sistemi bileşenleri (Polat ve Uysal 2016)	20
Şekil 4.4 Yersel lazer tarayıcı modelleri (a: El tipi lt, b:Giyilebilir lt, c: Mobil lt d: Sabit lt) (Balcı 2022).....	20
Şekil 4.5 Stereolitgrafi cihazı (Gibson, Rosen, ve Stucker 2015).....	22
Şekil 4.6 Üç boyutlu üretimin aşamaları (Sürmen 2019).....	24

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Ölçüm yöntemlerine göre lazer tarayıcılar (Çömert 2014).....	18
--	----



1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler, çizim programlarının ortaya çıkması üzerinde etkili olmuş ve mimari tasarım alanlarında önemli değişikliklere neden olmuştur. Bu gelişmelerle birlikte, 3D modeller bir istek olmaktan çıkmış ve bir ihtiyaç haline gelmiştir. Tasarım sürecinde, bilgisayar programları aracılığıyla oluşturulan 3D modeller, tasarımların gerçekçi ve etkileyici bir şekilde ifade edilmesine olanak tanımaktadır (Özdemir Işık 2017).

Bir objenin 3D modellenmesi, ilk olarak verilerin toplanmasıyla başlar ve bilgisayar ortamında görselleştirmeye dönüşür. Gerçekçi bir modelin oluşturulabilmesi için objeye ait doku, ölçü ve şekil gibi verilerin bilinerek modellenmesi gerekmektedir. Bu veriler keskin ve düzgün yapıya sahip olan objeler üzerinden alınabilmesi mümkündür. Fakat amorf yapıya sahip olan objelerin bire bir modellenmesi ihtimali düşüktür.

Objelere ait 3 boyutlu modellemelerin elde edilebilmesi için, objelerin 3 boyutlu ortamdaki koordinatlarını bilmek gereklidir. Geliştirilen teknolojiyle birlikte bu verileri elde etmek için lazer tarama ve fotogrametri gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. 3D modelleme için genellikle tercih edilen bu yöntemler yersel ve hava olmak üzere iki kategoride değerlendirilebilir.

Lazer tarama ve fotogrametri olarak ayrılan her iki teknoloji farklı disiplinlerde çeşitli amaçlar için 3D modelleme üzerine çalışmalar yürütmektedir. Bu çalışmalar özellikle sanal gerçeklik, mimari dekorasyon, peyzaj tasarımı, mimari tasarımlar, CBS ve arkeoloji gibi alanlara büyük oranda uygulama yelpazesi sunmaktadır (Çömert 2014).

Son dönemde, özellikle veri toplama hızı ve hassasiyetin artmasıyla beraber, yersel lazer tarama teknolojisi, çeşitli alanlarda kullanılan 3D modelleme teknikleri için vazgeçilmez hale gelmiştir. Tersine mühendislik uygulamalarından kültürel mirasın belgelenmesine, sanal müze projelerinden kentsel alanlarda bulunan bazı binaların modellenmesine kadar geniş bir yelpazede kullanımı mümkün olan bu tarayıcılar, modelleme çalışmalarında

oblerin yüzeyine ait hızlı ve yüksek hassasiyetli 3 boyutlu nokta bulutu verilerinin elde edilmesini sağlamaktadır (Boulaassal vd. 2007).

Yersel lazer tarama tekniği, nesnenin yüzey şekillerine bağlı kalmadan verileri elde etme imkânı sunmaktadır. Bu teknik sayesinde yersel lazer tarayıcı konumlandığı bir noktadan hızlı ve yüksek hassasite sahip yoğun bir 3 boyutlu nokta bulutu verisi toplayabilmektedir. Toplanan bu nokta bulutları belirlenmiş olan referans koordinat sistemiyle birleştirilmelidir. Farklı noktalardan elde edilen nokta bulutu, birleştirilme işlemi sonrasında nesneye eksiksiz bir 3D nokta bulutu modeli oluşturmaktadır (Abdelhafiz 2009).

3D tarayıcılar, modellemesi zor veya zaman alıcı peyzaj objelerinin modellenmesinde kullanılması özellikle görsel modelleme aşamasında gerçekçiliği artırıp, tasarımın görsel ve fonksiyonel niteliklerini artırmaktadır. Doğal ve kültürel peyzaj objelerinin Yersel Lazer Tarama (YLT) tekniği ile 3B sayısallaştırılması, tasarımda başarının artırılmasında oldukça önemlidir (Kaçarlar 2021).

Bu tez çalışması, peyzaj mimarlığında kullanılan objelerin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi için 3D tarama teknolojisinin kullanılmasını hedeflemektedir. Bu süreç, lazer tarayıcı kullanılarak gerçekleştirilecek ve elde edilen veriler, bilgisayar yazılımlarında detaylı bir gürültü temizliği ve düzenleme sürecinden geçirilecektir. Bu aşama, elde edilen 3D verilerin daha doğru, hassas ve kullanılabilir hale getirilmesini sağlamayı amaçlamaktadır.

Veri toplama ve düzenleme aşamalarının tamamlanmasının ardından, elde edilen 3D modeller, çeşitli modelleme programlarında etkili bir şekilde kullanılabilecek nitelikte olacaktır. Bu modellerin somut bir ifade kazanması için ölçeklendirilmiş çıktıları almak amacıyla 3 boyutlu yazıcılar kullanılacaktır. Bu sayede, peyzaj mimarlığında kullanılan objelerin detaylı fiziksel temsili sağlanacak ve bu temsil, tasarım süreçlerine önemli katkılarda bulunacaktır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Çelebi (2023) “Yersel Lazer Tarama Yöntemi ve Ortofotoların Kullanımı İle Kültür Varlıklarının Cephelelerindeki Malzeme Bozulmalarının Dokümantasyonu: Mardin Mungan Konağı Örneği” adlı eserinde Belgeleme ve koruma gerekliliğine sahip bir kültür mirası yapısı, özel bir yerel lazer tarama yöntemi kullanılarak ölçülmüş ve elde edilen model verileri CAD yazılımlarında işlenerek koruma projesine referans oluşturmuştur. Bu süreçte, lazer tarama yönteminin mimari belgeleme alanındaki yenilikler, kullanım olanakları ve sunduğu avantajlar deneyimlenmiş ve değerlendirilmiştir. Alanın koruma projesi çizilmiş ve lazer tarama yönteminin getirdiği inovasyonlar, kullanım avantajları ve tespit edilen sınırlar akademik bir perspektiften ele alınarak analiz edilmiştir.

Arda (2023) “Arkeolojik Eser Belgelemelerinde Tersine Mühendislik Uygulaması Üzerine Bir Çalışma Beçin Kalesi Kazısı Küçük Eserleri” adlı eserinde Beçin Kalesi'nde yapılan arkeolojik çalışmalarda, 2018-2019 yılına ait belirli bir eser grubu 3D tarayıcı kullanılarak incelenmiştir. Pişmiş toprak, metal ve cam gibi malzemelerden oluşan eserler, bilgisayar ortamında üç boyutlu modellere dönüştürülmüş ve çizimleri yapılmıştır. Katı modelleme ve yüzey modelleme teknikleri kullanılarak elde edilen 3D modeller, özellikle tek örnek malların hassas bir şekilde belgelenmesini ve korunmasını sağlamaktadır.

Karataş (2023) “Dara Antik Kenti (Anastasiopolis) Nekropol Alanının Malzeme Sorunlarının Fotogrametrik Yöntemlerle Belgelenmesi” adlı eserinde Mardin ilinde yer alan tarihi Mungan Konağı, geleneksel konut mimarisinin önemli bir örneğidir. Bu çalışmanın odak noktası, konağın taş malzeme sorunlarının detaylı bir şekilde araştırılmasıdır. Malzeme sorunlarının incelenmesinde, gözlemsel tespit ve yersel lazer tarama yöntemleri kullanılmıştır.

Us vd. (2022) “Antik Mezar Taşlarının Yersel Lazer Tarama (YLT) Yöntemi ile Üç Boyutlu (3B) Belgelenmesi” adlı eserinde YLT (Yersel Lazer Tarama) cihazının kullanımıyla tarihi mezar taşlarının herhangi bir temas olmadan dijital olarak belgelenmesini amaçlamaktadır. Mezar taşları, farklı konumlardan YLT cihazı ile

taranarak elde edilen veriler kullanılarak 3B modeller üretilmiştir. Bu 3B modeller, görsel olarak sunulurken tarihi mezar taşlarının dijital belgelenmesi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Karataş ve Menteşe (2022) “Dara Antik Kenti (Anastasiopolis) Nekropol Alanının Malzeme Sorunlarının Fotogrametrik Yöntemlerle Belgelenmesi” adlı eserinde Mardin Antik Dara Kenti'nde (Anastasiopolis) yer alan Nekropol alanındaki Büyük Galerili Mezar yapısının taş malzeme sorunlarının belgelenmesi amacıyla lazer tarama yöntemi kullanılmış ve ortofoto görüntüler elde edilmiştir. Çalışmada, yapı üzerindeki taş malzeme sorunları saha gözlemleri ile belirlenmiş ve ortofotolardan elde edilen analitik çizimler üzerinde mevcut durum haritaları oluşturularak taşınan sorunlar detaylı bir şekilde belgelenmiştir.

Fidan ve Fidan (2021) “Yersel lazer tarama teknolojileriyle oluşturulan 3B modellerin Akıllı kent uygulamalarında kullanımı: Mersin Süslü Çeşme örneği” adlı eserinde kentlerin 3B sanal modellerinin üretilmesi için bir metodoloji önermektedir. Çalışmada, 3B kent uygulamalarında kullanılmak üzere bir yapının 3B modelini üretmek amacıyla YLT teknolojilerinin kullanım olanakları araştırılmıştır.

Kaçarlar (2021) “Küçük Objelerin 3B Modellenmesinde Lazer Tarama Tekniği” adlı eserinde literatürdeki çalışmalar değerlendirilerek kullanılan yöntemlere odaklanılmıştır. Bu bağlamda, Mersin ilindeki tarihi öneme sahip Soli Pompeopolis Antik kenti içinde yer alan taş bloklar, yersel lazer tarayıcı kullanılarak taranmıştır. Elde edilen tarama verileri, ticari bir yazılımda birleştirilmiş ve kültürel mirasa ait 3B model oluşturulmuştur.

Seyfel (2021) “Classification Of Point Clouds Acquired Through Mobile Laser Scanner In Urban Areas Using Geometric And Shape Features” adlı eserinde kentsel alanlarda araç tabanlı Mobil Lazer Tarama Sistemi (MLS) aracılığıyla elde edilen nokta bulutlarının geometrik ve şekil özelliklerini kullanarak nokta tabanlı kontrollü sınıflandırılmasını ele almaktadır.

Karasaka ve Beg (2021) “Yersel Lazer Tarama Yöntemi ile Farklı Geometrik Yapıdaki Özelliklerin Modellenmesi” adlı eserinde yersel lazer tarama ile farklı uygulamalarda yer alan çeşitli geometrik özelliklere sahip yapılar modellenmiştir.

Sabuncu ve Özener (2020) “Mimari Dökümantasyonda Yersel Lazer Tarama Teknolojisi Kullanımı: Tarihi Sismoloji Binası Örneği” adlı eserinde Boğaziçi Üniversitesi Kandilli kampüsü içinde bulunan Bilim Tarihi Koleksiyonu (Tarihi Sismoloji Binası) binasının yersel lazer tarama aleti kullanılarak 3 boyutlu bir modelinin oluşturulması ve mimari dökümantasyonunun gerçekleştirilmesi amacını taşımaktadır.

Nazari (2020) “Yersel Lazer Tarayıcılar: Geomatik Mühendisliğinde Uygulama Örneği” adlı eserinde günümüzde hızla gelişen Yersel Lazer Tarama'nın (YLT) çalışma prensibi, bileşenleri, veri birleştirme yöntemleri, bazı uygulama alanı örnekleri ve özellikle Faro Focus 3D X330 YLT aleti tanıtılmıştır. Geomatik mühendisliği bağlamında bir örnek uygulama olarak, Bülent Ecevit Üniversitesi Farabi kampüsünde bulunan Farabi Camii'nin dış yüzeyinin 3B modeli elde edilmiş ve bu veriler, Faro Scene 2019, Autodesk Recap ve Autodesk AutoCAD yazılımları kullanılarak değerlendirilmiştir.

Gül (2019) “Tarihi Sit Alanlarının Üç Boyutlu Modellerinin Üretiminde Lazer Tarayıcı Kullanımı” adlı eserinde yersel lazer tarayıcı verileri kullanarak yapıların üç boyutlu kesit çizimleri ve modellerinin oluşturulması amacıyla yapılmıştır. Ayrıca, yapıların konum bilgileri, bakış açıları ve savaş esnasında kullanılan silahların menzilleri göz önünde bulundurularak çeşitli coğrafi bilgi sistemi ortamlarında analizleri gerçekleştirilmiştir.

Aytürk (2019) “Tarihi Alanlardaki Kentsel Yenileme Çalışmalarında Lazer Tarayıcıların Yeri ve İzmir Kemeraltı Örneği” adlı eserinde yakın tarihte mimaride kullanılan belgeleme tekniklerinin gelişimi ve çağımızın en gelişmiş jeodezik ölçüm tekniği olan yersel lazerlerin, özellikle tarihi alanlarda gerçekleştirilen kentsel yenileme çalışmalarında nasıl kullanıldığı incelenmiştir. Tarihi yapıların korunması ve restore edilmesi süreçlerinde yersel lazer teknolojisinin rolü ve sağladığı avantajlar üzerinde durularak, bu tekniklerin mimari belgeleme süreçlerindeki katkıları ele alınmıştır.

Beg (2018) “3 Boyutlu Modellemede Yersel Lazer Tarama ve İnsansız Hava Araçları Verilerinin Entegrasyonu ve Kilistra Antik Kenti Örneği” adlı eserinde Haç Kilisesi, Seramik Atölyesi ve Başpınar Sarnıcı yapılarının yersel lazer tarama teknolojisi ve insansız hava aracı platformu kullanılarak elde edilen veriler, çeşitli yazılımlarda değerlendirilmiş ve bu veriler kullanılarak üç boyutlu modeller ve diğer fotogrametrik veriler üretilmiştir.

Cheng vd. (2018) “Registration of Laser Scanning Point Clouds: A Review” adlı eserinde fotogrametri ve uzaktan algılama alanlarındaki LiDAR verisi kayıt sürecini kapsayan kapsamlı bir inceleme sunmaktadır.

Çömert (2014) “Yersel Lazer Tarayıcılardan Elde Edilen Veriler Kullanılarak Otomatik Nesne Çıkarımı” adlı eserinde Geometrik temelli modelleme yaklaşımının segmentasyon aşaması gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, Rastgele Örnek Konsensüsü (RANSAC) algoritması, yersel lazer tarayıcılardan elde edilen nokta bulutu verisine uygulanarak, nokta bulutu içinde yer alan düzlem, silindir, koni ve küre yüzeyine sahip nesneler otomatik olarak çıkarılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Bu çalışmanın ana materyalini 3D tarayıcılar ile peyzaj objelerinin modellenmesi oluşturmaktadır. Peyzaj mimarlığı alanında modellenmesi zor olan amorf yapıya sahip nesneler bilgisayar ortamına aktarılması oldukça zor ve zaman alıcı bir işlemdir. Bu işlem sonucunda bile elde edilen sonuçların bire bir ve gerçekçi yapıya sahip olması ihtimali düşüktür. Bu kapsamda modellenmesi zor olan amorf yapıdaki nesnelerin 3d tarayıcıların yardımıyla modelin bilgisayara aktarımını ve çıktısının alınmasındaki kolaylıkları kapsayan bu çalışmada; lazer taramanın tarihi ve gelişimi, lazer tarayıcı, tarama çeşitleri, 3d baskı tekniğinin tarihi ve gelişimi, 3d baskı teknolojisi, üç boyutlu yazıcılara ve baskı aşamalarına dair bilgiler verilmiştir. Bu bilgiler kapsamında lidar tarayıcıya sahip cihaz yardımıyla insan modeli taraması yapılarak çıktısı alınmıştır. Yardımcı materyal olarak;

- 3 boyutlu tarama ile ilgili yapılmış çalışmalardan,
- Çalışma konusuna ilişkin önceden yapılmış tez, araştırma, makale, bildiri ve kitaplardan,
- Tarama, veri işleme ve düzenleme konusunda yardımcı programlardan (Meshmixer, Meshlab, Cubicreator4)

Çalışma kapsamında elde edilen verilerin toplanması ve işlenmesi aşamasında Meshmixer ve Meshlab yazılımlarını kullanılmıştır. İşlenen verilerin üç boyutlu yazıcıdan çıktı alınabilmesi için G kodu haline dönüştürülmesinde Cubicreator4 yazılımı kullanılmıştır.

3.2 Metot

Tarama işlemi için örnek model olarak insan modeli seçilmiştir. 3 boyutlu taraması yapılacak olan nesneye ait koordinatlarını gösteren nokta bulutu lidar tarayıcı yardımıyla alınır. Elde edilen nokta bulutu verileri meshmixer, meshlab ve cubicleator programlarında işlenerek yazdırılabilir hale getirildi. Baskı işlemi ve öncesine ait tüm aşamaları aşağıda başlıklar haline incelenmiştir.

3.2.1 Taranacak model için ortam oluşumu ve tarama işlemi

Peyzaj mimarlığı alanında kullanılan nesnelerin dijital modellemesi için tarama önemli bir adımdır. Tarama işlemi, nesneye ait tüm detaylarını içeren ve 360 derece görüntü sağlayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bunun için, nesne etrafında 360 derece dönebilecek bir alan kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Tarama işlemi öncesinde 360 derece dönebilecek alana taranacak kişinin yerleştirilmesi

Tarama işleminin başarılı bir şekilde tamamlanabilmesi için nesnelerin her açıdan detaylı bir şekilde taranması gerekmektedir. Bu nedenle, tarama esnasında üst, orta ve alt kısımlarından olmak üzere farklı bakış açılarıyla 360 derece çevresinde dönülerek tarama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, modelin her bir yüzeyi ve detayı, üç boyutlu bir nokta bulutu verisi olarak elde edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Tarama sonrasında elde edilen nokta bulutu verisi

Elde edilen nokta bulutu verisi, renkleri, dokusu, boyutları ve detayları gibi önemli bilgileri içermektedir. Bu veri, nesnenin dijital modellenmesinde ve analizinde kullanılarak, tasarım sürecinde değerli bir kaynak oluşturmaktadır.

3.2.2 Nokta bulutunun bilgisayar ortamına aktarılması ve incelenmesi

Elde edilen nokta bulutu verisi, içerdği renk, doku ve diğer bilgilerle birlikte, tarama cihazından USB bağlantısıyla alınmıştır. Bu nokta bulutu verisi, MeshLab uygulaması kullanılarak bilgisayara aktarılmış ve bütün halinde görülebilir bir nokta bulutu olarak işlenmiştir. Bu işlem sayesinde, tarama sonrasında detaylar ve özellikler dijital ortamda net bir şekilde gözlemlenebilir hale getirilmiştir.

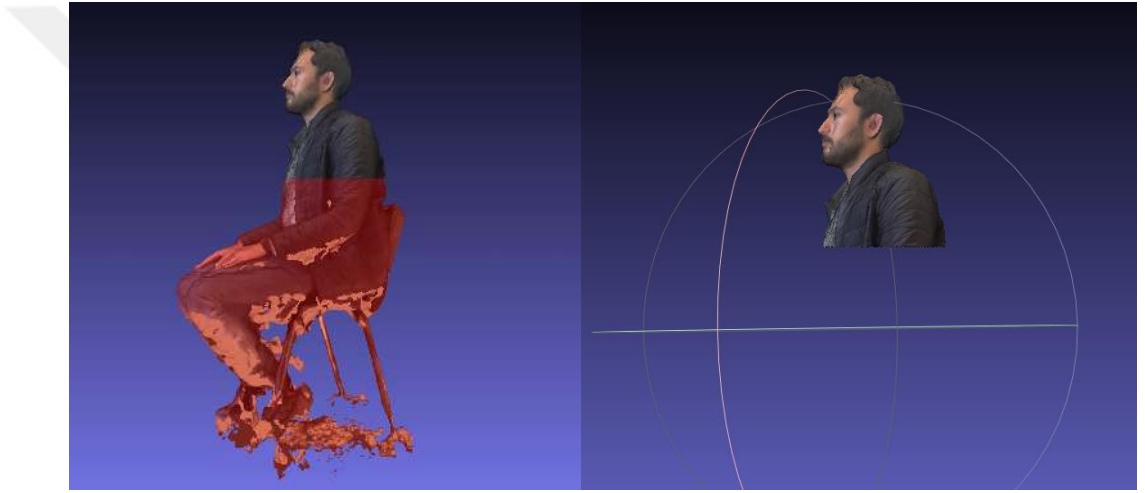


Şekil 3.3 Bilgisayar ortamında taramanın geometrik yapısının incelenmesi

Ayrıca, elde edilen nokta bulutu içerisinde taraması yapılan kişiye ait diğer veriler de bulunmaktadır. Bu veriler, nesnenin geometrisi, boyutları ve diğer özellikleri gibi detayları içermekte olup, heykelin dijital modellemesi ve analizi için önemli bir kaynak teşkil etmektedir (Şekil 3.3). Bu sayede, nesnenin tarama işlemi sırasında elde edilen verilerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olmaktadır.

3.2.3 Oluşan gürültü ve kirliliğin temizlenmesi

Bilgisayar ortamına aktarılan nesnenin işlenmesi sürecinde, MeshLab uygulaması kullanılarak nesneye ait olmayan nesnelerin oluşturduğu gürültü ve kirlilik verileri noktasal alanlar belirlenerek temizlenmiştir. Bu adımla, objenin kendisi dışında kalan gereksiz detaylar ve artıklar ortadan kaldırılmıştır. Sonuç olarak, nesnenin kendisi net bir şekilde belirlenmiş ve sadece bu nesne görselleştirilmiştir. Bu temizleme işlemi sayesinde, objenin dijital modellemesi ve analizi daha doğru ve net bir şekilde gerçekleştirilebilir hale gelmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Tarama sonrasında çevreden kaynaklı gürültünün temizlenmesi

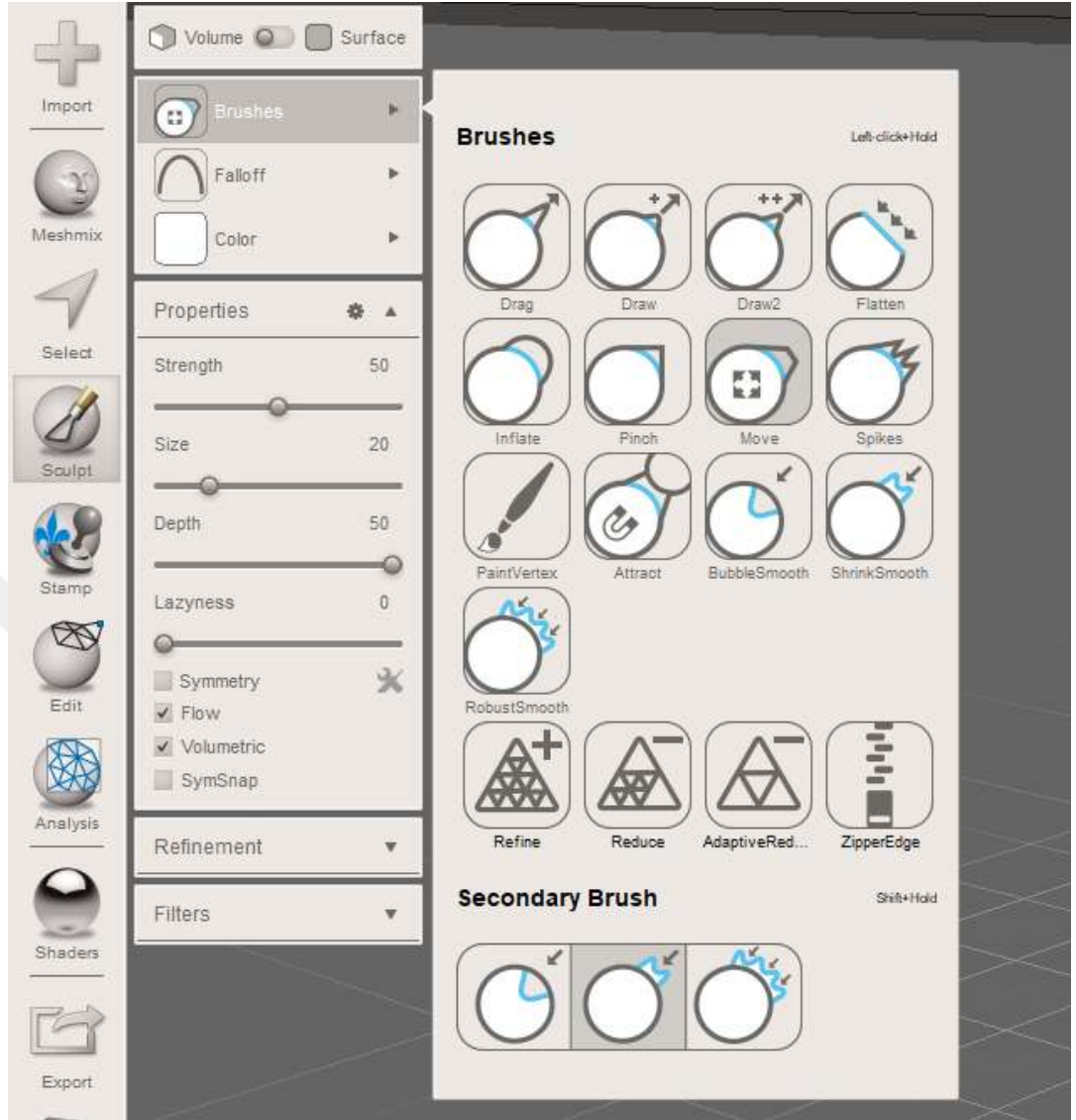
3.2.4 Katı cisim haline dönüştürülmesi

MeshLab'da yapılan gürültü ve kirlilik temizliği işleminden sonra, işlenmiş üç boyutlu model MeshMixer uygulamasına aktarılır. Bu aktarımın ardından, model noktasal veri halinden içi boş katı bir yüzeye sahip bir nesne haline getirilir (Şekil 3.5). Daha sonra, MeshMixer uygulaması kullanılarak hata analizi gerçekleştirilir. Bu analizde, modelin yüzeyinde ortaya çıkan hatalı bölgeler belirlenir ve düzenleme işlemi yapılır. Hatalı yerlerin analizi sonucunda, gereken düzeltmeler yapılarak nesnenin doğruluğu artırılır.



Şekil 3.5 Katı model haline dönüştürülmüş tarama

Bu süreçte, model üzerinde istenilen değişiklikler de yapılabilmektedir. Örneğin, oyma, delme, büyütme veya küçültme gibi düzenlemeler bu aşamada gerçekleştirilebilir. MeshMixer uygulaması, modelin detaylı düzenlenmesi ve istenilen sonuca ulaşılması için kullanıcıya geniş bir araç yelpazesi sunmaktadır (Şekil 3.6). Bu sayede, modelin dijital modellemesi ve analizi sürecinde istenilen sonuçların elde edilmesi sağlanmaktadır.

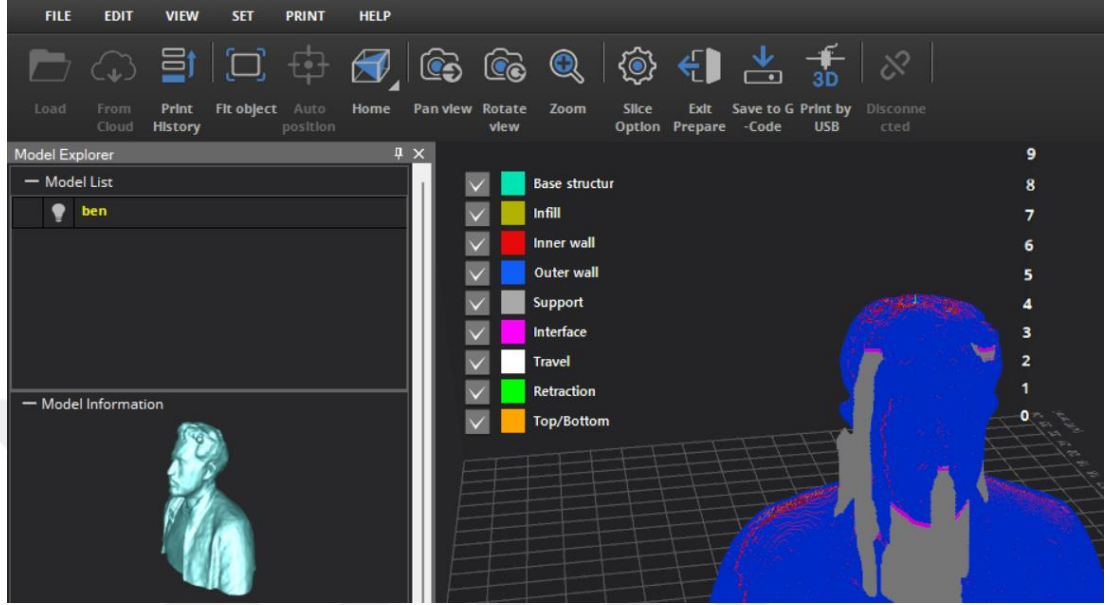


Şekil 3.6 Nesne üzerinde istenildiği takdirde değişiklik yapılabilecek araçlar

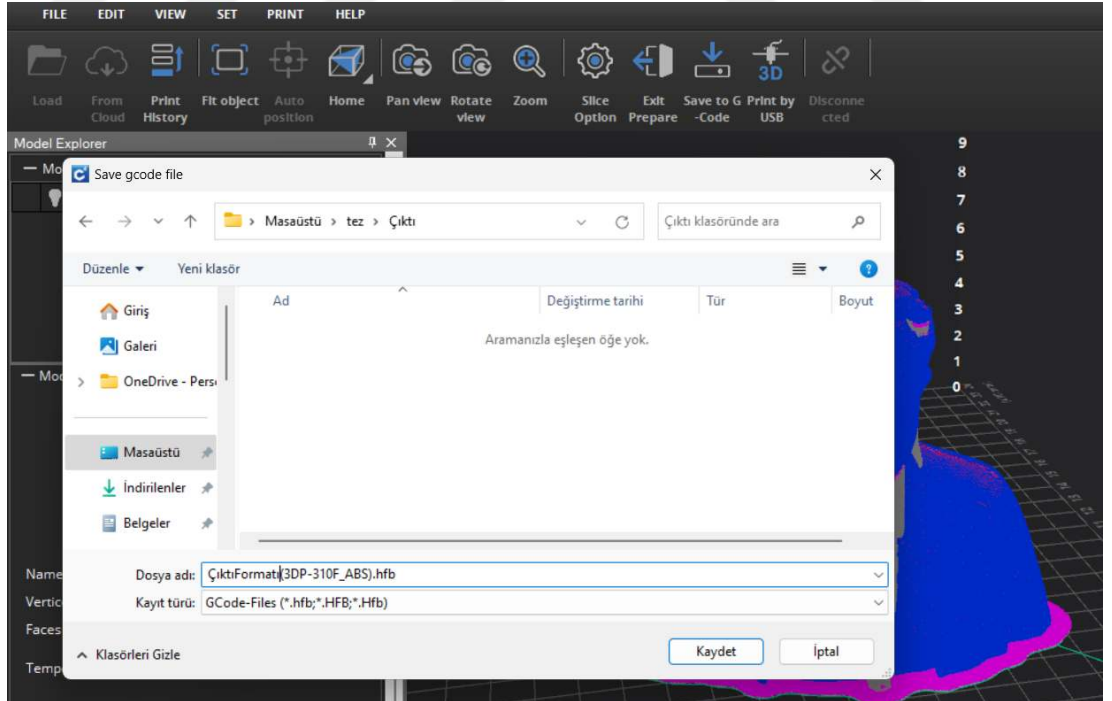
3.2.5 Baskı alınabilecek dosya formatına dönüştürme ve aktarımı

Katı hale dönüştürülmüş nesnenin 3D yazıcıdan çıktısını alabilmek için G kodunun oluşturulması gerekmektedir (Şekil 3.7). Bu işlem için nesne, Cubicreator uygulamasına yüklenerek gerekli ölçeklendirme ayarları yapılmıştır. Ölçeklendirme işlemi tamamlandıktan sonra, uygulama üzerinden G kodu kaydetme seçeneğiyle birlikte nesne, bir taşınabilir belleğe kaydedilir (Şekil 3.8). Bu adım, 3D yazıcıya nesnenin basılması için gereken talimatları içeren G kod dosyasının oluşturulmasını sağlar. Taşınabilir

bellege kaydedilen G kod dosyası, 3D yazıcıda kullanılarak nesnenin fiziksel olarak basılmasını sağlar.



Şekil 3.7 Katı hale dönüştürülen cismin g kodunun alınma işlemi



Şekil 3.8 G kod olarak .hfb uzantısıyla kayıt işlemi

3.2.6 Nesnenin 3 boyutlu yazıcıdan çıktısının alınması

Taşıyabilir bellekteki bilgiler, kullanılan yazıcı olan Cubicon'a takılarak çıktısı alınması istenen nesne seçilir. Ardından, hangi tür filamentin kullanıldığı bilgisine tıklanır ve print komutuna basılarak nesnenin çıktısı alınır (Şekil 3.9). Bu süreçte, yazıcı üzerinde çıktının kaç °C ve kaç saatte tamamlanacağı gibi bilgiler görülebilir. Bu bilgiler, nesnenin boyutuna, karmaşıklığına ve kullanılan filament malzemesine bağlı olarak değişebilir. Örneğin, büyük ve karmaşık nesneler daha uzun sürelerde çıktı alabilirken, daha küçük ve basit nesneler daha kısa sürelerde çıktı alabilir. Bu bilgiler, kullanıcının çıktı sürecini planlamasına ve gerektiğinde ayarlamalar yapmasına olanak tanır.



Şekil 3.9 Çıktı alınabilmesi için yazıcıya gönderimi

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde 3 boyutlu taramanın tarihi, kullanım alanları ve çeşitlerine yönelik araştırma yapılmış, peyzaj mimarlığı disiplininde kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Bu kapsamda bulgular Lazer taramanın tarihi ve gelişimi, lazer tarayıcı, 3d baskı teknolojisi ve peyzaj mimarlığında lazer taramanın kullanılabilirliği olarak ana başlıklar altında sistematik olarak irdelenmiştir.

4.1 Lazer Taramanın Tarihi ve Gelişimi

Lazer tarama teknolojisini oluşturan en önemli etken LIDAR teknolojisidir. LIDAR (Light Detection and Ranging), Türkçe literatürdeki anlamı “Işık Algılama ve Mesafe Ölçme”dir. LIDAR teknolojisi ilk olarak 1960’lı yıllarda uçaklarda denizaltı ölçümleri için kullanılmaya başlanılmıştır. 1980’li yıllarda ticari piyasaya giren GPS sistemleriyle birlikte LIDAR verilerinde kesinlik artmış ve doğru coğrafi koordinatlama için uygun bir yöntem haline dönüşmüştür (Aytürk 2019).

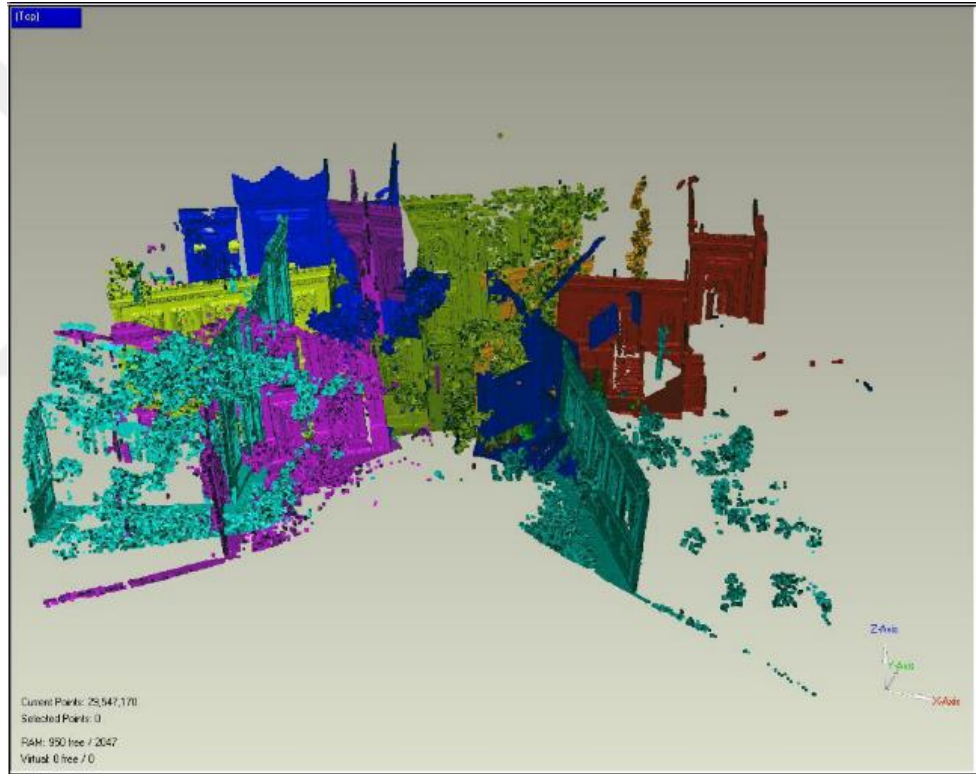
1990’lı yıllara gelindiğinde ilk ticari yersel lazer tarayıcılar ortaya çıkmıştır. Bu yıllarda ölçme tekniğinde önemli gelişmeler yaşanarak lazer tarayıcıların kullanım alanları yaygınlaşmıştır (Karasaka ve Beg 2021). 2000’li yıllara gelindiğinde lazer tarayıcılar sabit alanlarda kullanıldığı gibi mobil (araba, gemi vb.) araçlara da entegre edilerek büyük alanların taramaları da yapılabilir hale gelmiştir (Arslan 2023). Lidar teknolojisi son 20 yıl içerisinde kullanım alanlarını geliştirerek orman parametrelerinin tahmini, bina inşası, doğal afet izleme ve dünya yüzeyi araştırmalarında genel olarak tercih edilmiştir.

4.2 Lazer Tarayıcı

Lazer tarama teknolojisi geleneksel ölçüm yöntemlerinin yetersiz kaldığı ve ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda kullanılmaya başlamıştır. Bir nesneye ait 3 boyutlu konum bilgilerini doğrudan elde etme yeteneğine sahiptir. Geleneksel ölçme yöntemleri noktaların ayrı ayrı ölçülerek yapılmasına dayalı olduğu için hem zaman hemde pratiklik

açısından yetersiz olmakla beraber nesneye ait net bir modelleme oluşturmada yetersiz kalmaktadır. Lazer tarayıcılarla çok daha hızlı ve pratik olmasıyla avantajlıdır (Arslan 2023).

Lazer tarayıcılar, bir nesne yüzeyinin geometrik şeklinden aldığı yüksek çözünürlüğe sahip koordinat verileri yardımıyla nesneye ait gerçeğe çok yakın olan görüntüye sahip nokta bulutu oluşumunu sağlar. Modellenmesi yapılan nesne amorf bir yapıya sahip olsa bile son derece kaliteli veriler koyabilen lazer tarayıcılar bu özellikleriyle ölçme cihazlarıyla alınabilecek verilerden daha verimlidir (Aygün 2018).



Şekil 4.1 Renklendirilmiş nokta bulutu örneği (Nemli 2002)

Taramanın ardından ortaya çıkarılan nokta bulutları eş zamanlı veya sonradan bilgisayar ortamında gösterilebilmektedir (Şekil 4.1). Elde edilen nokta bulutlarıyla istenildiği zaman elimine edilebilir ve CAD modelleri oluşturabilir. Lazer tarama yöntemleriyle modellenmesi gereken nesneler üzerinde tersine mühendislik uygulaması yapılabilir hale gelmektedir (Nemli 2002).

Çizelge 4.1 Ölçüm yöntemlerine göre lazer tarayıcılar (Çömert 2014)

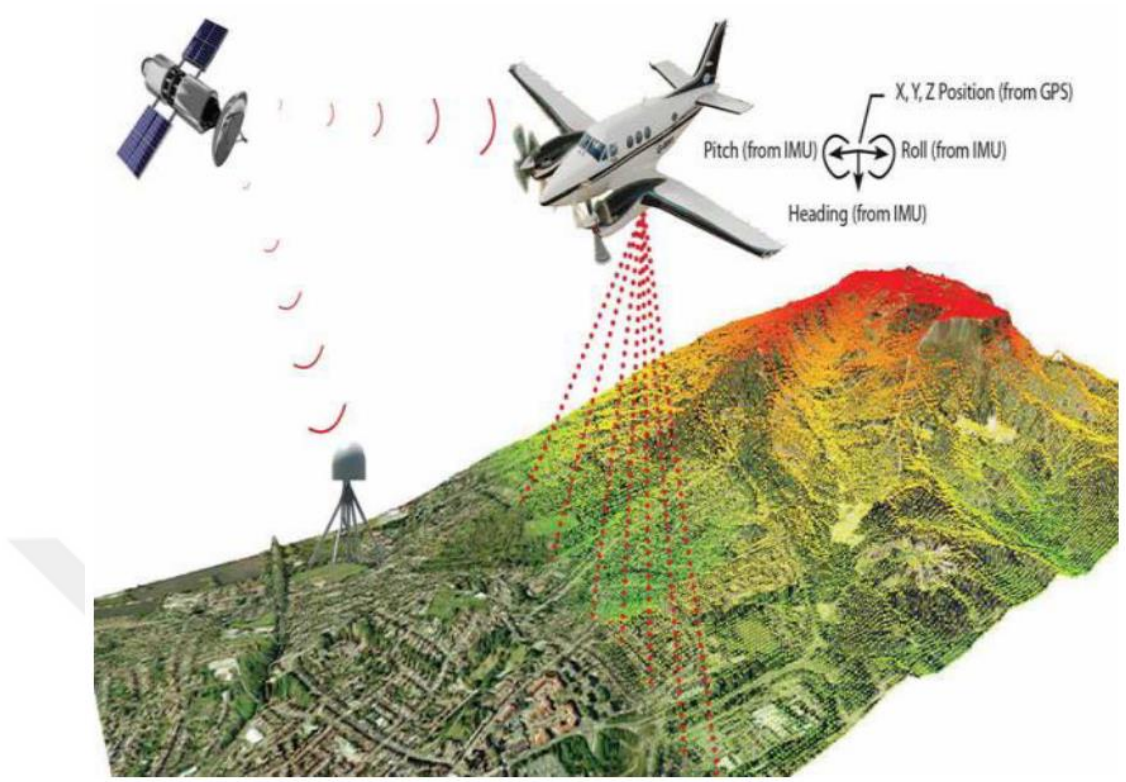
Ölçüm Yöntemi	Menzil (M)	Hassasiyet (Mm)	Üretici Firma
Uçuş Zamanlı	<100	<10	Callidus, Leica, Mensi, Optech, Riegl
	<1000	<20	Optech, Riegl
Faz Farkı	<100	<10	IQSun, Leica, VisImage, Zoller+Fröhlich
Triangulasyon	<5	<1	Mensi, Minolta

Lazer tarayıcıların tarama mesafesi kullanılacak olan iç veya dış alana göre değişkenlik gösterebilmektedir. Lazer tarayıcılar içerisinde kullanım amacına yönelik tasarlanmış donanımına göre bazıları birkaç metre uzaklıktaki nesneleri algılayabilirken bazıları 100m veya daha fazlasındaki nesneleri algılayabilmektedir (Çizelge 4.1). Lidar tarayıcıları çeşitleri bakımından hava, yersel, İha ve mobil olmak üzere 4 başlık altında incelenebilmektedir (Arslan 2023).

4.2.1 Hava lazer tarama

Hava lazer tarama sisteminde uygun bir hava aracına entegre edilen tarayıcının gönderdiği lazer ışınlarının gitme ve gelme sürelerinin kaydedilerek yeryüzünde bulunan nesnelerle aralarındaki mesafeyi hesaplayan aktif bir şekilde çalışabilen ölçüm sistemidir. Nesneye ait konum ve dönüş verisi sistem içerisinde bulunan INS ve GPS yardımıyla alınmaktadır. Bu yöntemle binlerce lazer ışınları gönderilerek yeryüzüne ait yüksek yoğunluğa sahip üç boyutlu nokta bulutu verisi elde edilmektedir (Polat ve Uysal 2016). Hava lazer tarama sisteminin genel yapısı Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Hava lazer tarama sonrasında DEM (sayısal yükseklik modeli), DSM (sayısal yüzey modeli), koordinat bilgisine sahip nokta bulutu verileri ve ortofoto verileri elde edilir. Bu veriler doğrultusunda modellemeler yapılmaktadır. Hava lazer tarama sistemlerinin genel kullanım alanları tarım, ormancılık, su baskını ve akış modelleri, sayısal yükseklik modeli, çevresel sınıflandırma, su altı modelleme, hava kirliliği, haritacılık, kıyı izleme, ulaşım, madencilik, arkeoloji ve bina modelleme olarak ele alınabilir (Polat ve Uysal 2016).



Şekil 4.2 Hava lazer tarama sisteminin genel yapısı (Polat ve Uysal 2016)

4.2.2 Mobil lazer tarama

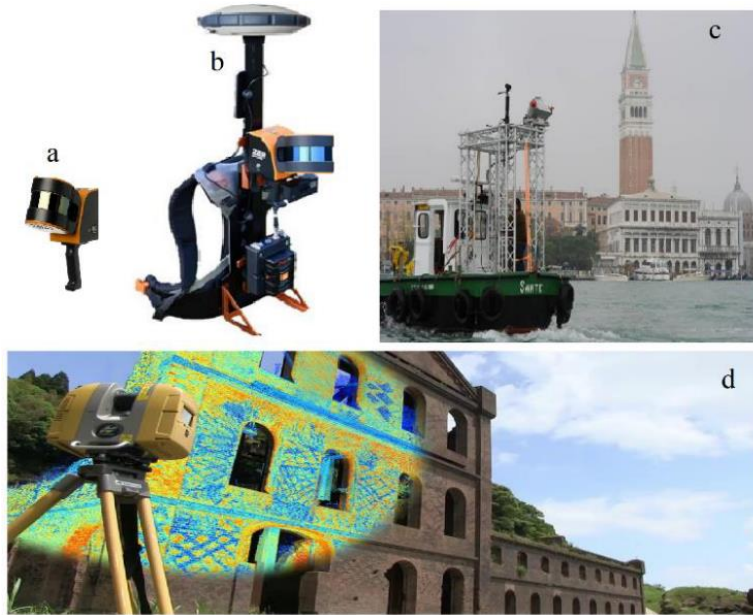
Mobil lazer tarama sistemi hareketli bir vasıta üzerine aracın hareketi esnasında sarsıntıya bağlı hataların giderilmesi için IMU (Atalet Ölçüm Birimi), konumuna ait verileri toplamak için GPS (Küresel Konumlama Sistemi), panoramik fotoğraf çekme yeteneğine sahip 360° kamera ve tarayıcının monte edilmesinden oluşmaktadır (Şekil 4.3). Donanımların standart malzemeler olması sebebiyle hava lazer taramasına benzemektedir. Verilerde düzensizlik olmaması için kullanılan aracın hızıyla tarama yapacak cihazların hızlarının eşleşmesi gerekmektedir. 360° dönme yeteneğine sahip lidar tarayıcı sayesinde tarama yapılması istenilen alana ait saniyede milyonlarca veri elde edilebilmektedir. Mobil lazer tarayıcıların kullanım alanları esasen yol ölçümleri için olsa da çok geniş alanlarda tercih edilmektedirler.



Şekil 4.3 Mobil lazer tarama sistemi bileşenleri (Polat ve Uysal 2016)

4.2.3 Yersel lazer tarayıcı

Lazer taramalar içerisinde en çok tercih edilen yöntem yersel lazer tarama yöntemidir. Bu yönteminde çalışma prensibi diğer yöntemlerle benzerdir. Yersel lazer tarayıcıların el tipi, giyilebilir ve sabit olmak üzere bazı çeşitleri vardır (Şekil 4.4) (Balcı 2022).



Şekil 4.4 Yersel lazer tarayıcı modelleri (a: El tipi It, b:Giyilebilir It, c: Mobil It d: Sabit It) (Balcı 2022)

4.2.3.1 El tipi lazer tarayıcılar

Sabit ve mobil (gezici) olarak kullanılabilen el tipi lazer tarayıcılar her iki fonksiyonu da karşıladığı için yersel ve mobil tarama sistemlerinin kombinasyonu gibi düşünülebilir. Her iki tarama sistemlerinin kombinasyonu olması sebebiyle içerisinde bulunan ölçme tekniği hibrit yapıdadır (Zeybek ve Vatandaşlar 2021).

4.2.3.2 Giyilebilir lazer tarayıcılar

Giyilebilir lazer tarayıcılarına eşzamanlı konum belirleme ve haritalama sistemi (SLAM) teknolojisinin ilave edilmesiyle, kapalı ve açık alanlarda anlık olarak kaydetme ve taramaya imkan sağlamaktadır. Pratik olarak sırt çantasına takılabilir. Bu sayede ormancılık, madencilik, mimari, harita gibi alanlara hitap edebilmektedir. Taramanın yapıldığı anda ve sonrasında ölçüm yönü, yoğunluğu ve zamanına dair bilgiler istenildiği zaman anlık olarak görüntülenebilmektedir (Balcı 2022).

4.2.3.3 Sabit lazer tarayıcılar

Maliyet, zaman ve kullanım kolaylığı açısından değerlendirildiğinde arkeolojik alanlarda ve birçok mühendislik alanında en çok tercih edilen tekniklerden biridir. Lazer teknolojisindeki gelişmeler sonrasında objelerin ya da kültürel değer taşıyan alanların zamanla uğradığı tahribatın deformasyonu, çeşitli objelerin modellenmesi ve mimari alanlardaki yapılması istenilen üç boyutlu dökümantasyon için genellikle tercih edilmektedir. Lazer tarayıcıların ölçümlerinde cihaz ve taranan alan arasındaki mesafe temel büyüklüktür (Çömert vd. 2015).

4.3 3d Baskı Tekniğinin Tarihi ve Gelişimi

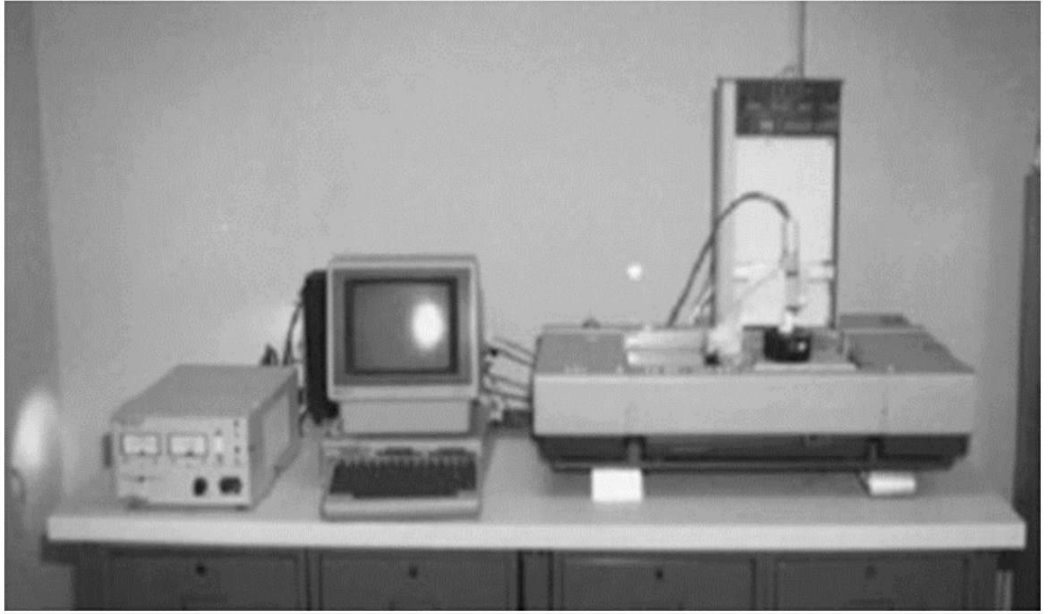
Günümüzde, üretim ve imalat süreçlerinin daha hızlı, daha ekonomik ve daha az insan gücü gerektiren bir şekilde gerçekleştirilmesine yönelik çeşitli teknolojiler geliştirilmektedir. Bu teknolojilerden biri de üç boyutlu baskı tekniğidir. Üç boyutlu

baskı, bir dijital modelin katman katman malzeme biriktirilerek fiziksel bir nesneye dönüştürülmesini sağlayan bir üretim sürecidir (Sağlam 2017).

Başlangıçta üç boyutlu baskı tekniği Charles Hull'un fotopolimerin lazer ışınlarıyla kürleştirilmesiyle katlarının katman katman oluşturulması olayının keşfedilmesi sayesinde ortaya çıkmıştır (Oktay 2015). 3D yazıcı teknolojisiyle ilgili ilk ticari girişim stereolitografi adı verilen cihaz ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.5) (Gibson vd. 2015).

Stereolitografi, nesnelerin yüksek hassasiyet ve son derece ince detaylarla oluşturulabilmesini sağlayan bir üretim teknolojisidir. Bu teknoloji, bir UV lazer ışınının sıvı reçine tabakalarına odaklanarak katman katman polimerleşmesini gerçekleştirir. Her katman, önceki katman üzerine yavaşça sertleştirilerek nesnenin istenen şeklini oluşturur (Yalvaç 2023).

Bilinen ilk 3D baskı tekniği, 1998 yılında Dr. Behrokh Khoshnevis ve ekibinin geliştirdiği Contour Crafting adlı yöntemdir. Contour Crafting, polimer, seramik bulamaç, çimento ve çeşitli diğer malzemelerin kullanıldığı katmanlı bir imalat yöntemidir (Khoshnevis vd. 2006).



Şekil 4.5 Stereolitografi cihazı (Gibson, Rosen, ve Stucker 2015)

4.4 3d Baskı Teknolojisi

Günlük hayatta üç boyutlu baskı, giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamış ve farklı endüstriyel alanlarda geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Havacılık, otomotiv ve tıp gibi birçok farklı endüstride üç boyutlu baskı teknolojinin başarılı uygulaması görülmüştür (Yalvaç 2023).

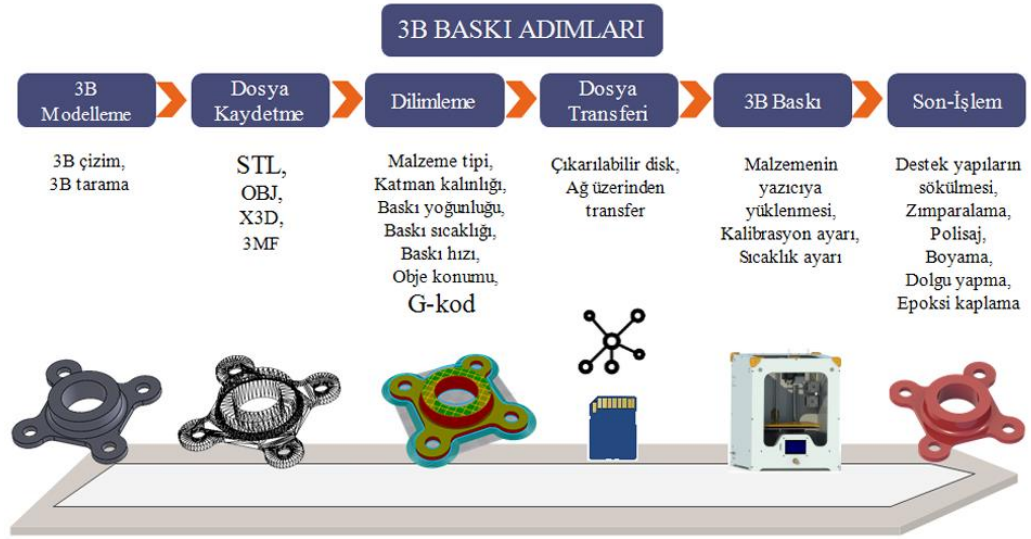
3D yazdırma işlemi, dijital ortam içerisinde hazırlanan üç boyutlu modellerin katı nesne haline dönüştürülmesi olayıdır. Bu dönüşümü gerçekleştirme mekanizmasına sahip makinalara üç boyutlu yazıcı adı verilmektedir (Kruth vd. 1998).

4.4.1 Üç boyutlu yazıcı

Üç boyutlu yazıcılar, bilgisayar verisini elle tutulabilir gerçek nesnelere dönüştüren makinelerdir. Bu makineler, geleneksel imalat yöntemleri kullanılarak üretilmeyen karmaşık geometriye sahip parçaları üretebilme yeteneğine sahiptir. Üç boyutlu yazıcılar, dijital tasarım dosyalarını (örneğin CAD çizimleri) kullanarak, katman katman malzeme biriktirerek istenilen nesneyi oluştururlar. Bu özelliği sayesinde, özellikle karmaşık yapıya sahip parçaların hızlı ve doğru bir şekilde üretilmesini sağlarlar. Bu teknoloji, endüstriyel üretim süreçlerinde ve prototip üretiminde önemli avantajlar sunmaktadır

4.4.2 Üç boyutlu yazdırma işlemi aşamaları

3D yazdırma işlemi sürecinde kalıp veya herhangi bir hat kurulumuna ihtiyaç duyulmamaktadır. Yazdırılması istenen objenin doğrudan üretilmesi için Şekil 4.6'daki adımlar izlenir. Bu adımlar sırasıyla; parçanın 3D modelinin dijital ortamda oluşturulması, oluşturulan modelini katmanlarına ayırabilmek için uygun bir dosya formatına dönüştürülmesi, yazılımla katmanlara ayrılması işlemi, G kodlarının elde edilmesi, elde edilen G kodlarının taşınabilir diske ve cihaza yüklenmesi, G kodu yardımıyla katı modelin üretilmesi, destek yapılarının temizlenmesidir (Sürmen 2019).



Şekil 4.6 Üç boyutlu üretimin aşamaları (Sürmen 2019)

4.4.3 3d yazdırma tekniğinin avantajları ve dezavantajları

- Amorf yapıya sahip tasarımların üretilmesine olanak sağlamak,
- Hafif ve boşluklu modellerin üretilmesindeki zorlukları en aza indirmek,
- Nesnenin geometrik yapısının oluşmasında herhangi bir kalıp ihtiyacı duymadan üretimini sağlamak,
- Çıktının alınmasından sonra modeli elde etmek için ekstra bir işlemin uygulanması gerekmemesi gibi birçok avantaja,
- Üretim hacminin düşük olması,
- Üretim süreci hacimsel olarak büyük olan nesnelerde uzaması,
- Seri üretim olması halinde maliyetinin artması,
- Destek yapılarının sonradan ayrılması ve temizlenmesi,
- Üretimde %99,9 yoğunluğa sahip çıktılar elde edilmekte fakat üretimde boşlukla orantılı mekanik özellik farklılığı gibi birçok dezavantaja sahiptir (Sağlam 2017)

4.5 Peyzaj Mimarlığında Lazer Taramanın Kullanılabilirliği

Bir nesnenin 3 boyutlu geometrik şekli ve görsel yapısına dair bilgileri eksiksiz, hızlı ve az maliyetle ulaşabilmek için lazer tarama teknolojileri kullanılmaktadır. Lazer taramanın

geleneksel modelleme yöntemlerine göre öne çıkmasının nedeni verilerinin elde edilme hızı, verilerin nokta bulutu haline bulunması ve koordinat sistemiyle nesneye dair kesin seviyesinde sonuçlar vermesidir. Lazer taramanın sağladığı imkanlar dahilinde nesne ile herhangi bir temas olmadan modeli üretilebilmektedir. Lazer tarama teknolojisiyle bir arazi veya nesneye dair sayısal veriler ve gerçek renklerdeki modeller oluşturulabilmektedir.

Lazer tarama teknolojisinin peyzaj mimarlığı alanında kullanılması, yüksek doğrulukta modeller üretme kabiliyeti sayesinde peyzaj projelerinin vazgeçilmezi olma potansiyeline sahiptir. Günümüzde peyzaj modelleme projelerinde kullanılan modeller, genellikle bilgisayar ortamında oluşturulan çizimlerden meydana gelmektedir. Ancak, lazer tarama teknolojisi kullanılarak elde edilen verilerle oluşturulan modeller, çok daha yüksek hassasiyet ve doğruluk sunarak projelerin kalitesini artırabilir.

Bu teknolojinin bir diğer önemli avantajı, tarihi öneme sahip yapıların projelere dahil edilme olanağıdır. Tarihi heykel veya nesnelerin lazer tarama yöntemiyle dijitalleştirilmesi, bu eserlerin detaylı analiz edilmesine olanak tanırken, aynı zamanda peyzaj mimarlığı projelerinde de kullanılabilir. Bu sayede projelerin gerçekleştirildiği alana özgü tarihi ve kültürel unsurlar daha etkin bir şekilde yansıtılabilir. Özellikle kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması açısından büyük bir değer taşımaktadır.

Lazer tarama ile elde edilen verilerin 3D yazıcılarla üretiminde, geleneksel yöntemlerle el işçiliği ile yapılan nesnelere kıyasla çok daha minimal hatalarla neredeyse bire bir kopyalar oluşturulabilir. Bu da peyzaj projelerinin hem estetik hem de işlevsellik açısından daha gerçekçi ve etkileyici olmasına katkıda bulunur.

Lazer tarama teknolojisinin peyzaj mimarlığı alanında kullanımı, zamanla daha büyük bir rol oynayarak bu alandaki projelerin kalitesini ve doğruluğunu artırabilir. Gerçekçi tasarımların oluşturulmasına yardımcı olan bu teknoloji, peyzaj mimarlarının projelerinde daha inovatif ve etkili çözümler sunmalarına imkan tanıyacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Peyzaj alanında 3 boyutlu tarama teknolojilerinin kullanımı, projelerin bilgisayar modellemelerine oranla daha gerçekçi ve detaylı bir şekilde modellenmesine olanak tanır. Tarama teknolojisinin sağladığı avantajlar, peyzaj projelerinin tasarım aşamasından başlayıp uygulanma aşamasına kadar her adımda sağladığı avantajlarla kendini göstermektedir. 3D tarama teknolojisinin yardımıyla, gerçek dünyadaki nesnelerin ve istenildiği takdirde topoğrafyaya ait verilerin dijital ortama doğru bir şekilde aktarılması mümkün olur. Bu sayede peyzaj projelerinin görsel açıdan zengin, gerçekçi ve müşteri beklentilerini karşılayacak nitelikte olmasını sağlar.

Gelişen 3D tarama teknolojileri, yüksek doğrulukta veri toplama ve işleme kapasitesine sahiptir. LIDAR (Light Detection and Ranging), fotogrametri ve lazer tarayıcılar gibi ileri teknolojiler, peyzaj mimarlarının karmaşık ve geniş alanları hızlı ve detaylı bir şekilde taramalarını mümkün kılar. Bu teknolojiler, topografik haritalar, bitki örtüsü ve diğer peyzaj unsurlarının yüksek çözünürlüklü modellerini oluşturmak için kullanılır. Bu da, tasarım sürecinde daha fazla esneklik ve doğruluk sağlar.

Peyzaj projelerinde 3D tarama teknolojisinin kullanımı, çeşitli uygulama alanlarında büyük avantajlar sunar. Örneğin, tarihi alanların ve doğal parkların korunması ve restorasyonu projelerinde, mevcut durumun doğru bir şekilde belgelenmesi ve modellenmesi sağlanır. Aynı zamanda, kentsel peyzaj projelerinde, mevcut yapıların ve doğal unsurların entegrasyonu kolaylaşır. Bu da, tasarımın çevreyle uyumlu ve sürdürülebilir olmasını destekler.

Her teknolojiye olduğu gibi, 3D tarama teknolojisinin de bazı zorlukları ve sınırlamaları bulunmaktadır. Tarama işlemi, büyük alanlar ve karmaşık detaylar söz konusu olduğunda zaman alıcı olabilir. Ayrıca, elde edilen verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi, ileri düzeyde teknik bilgi ve yazılım gerektirir. Bu nedenle, peyzaj mimarlarının ve tasarımcılarının bu teknolojiyi etkin bir şekilde kullanabilmeleri için sürekli eğitim ve teknik destek almaları önemlidir.

3D tarama teknolojisinin peyzaj alanında daha yaygın hale gelmesiyle birlikte, projelerin kalitesinin ve doğruluğunun artması beklenmektedir. Gelecekte, bu teknolojinin daha da gelişmesi ve kullanıcı dostu hale gelmesiyle, peyzaj mimarlarının iş süreçleri daha verimli ve etkili olacaktır. Ayrıca, sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR) teknolojilerinin 3D tarama ile entegrasyonu, tasarım ve sunum süreçlerinde yeni olanaklar sunacaktır.

Sonuç olarak, 3D tarama teknolojisi, peyzaj mimarlığı alanında büyük bir potansiyele sahiptir. Bu teknolojinin doğru ve etkin kullanımı, projelerin daha gerçekçi, detaylı ve müşteri beklentilerini karşılayacak nitelikte olmasını sağlar. Gelecekte, bu teknolojinin daha da yaygınlaşması ve gelişmesiyle, peyzaj projelerinin kalitesi ve başarısı önemli ölçüde artacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdelhafiz, A. 2009. Integrating digital photogrammetry and terrestrial laser scanning. Doctoral Thesis, Carolo-Wilhelmina Technical University, 105 pages, Munich.
- Arda, G. 2023. Arkeolojik eser belgelenmelerinde tersine mühendislik uygulaması üzerine bir çalışma beçin kalesi kazısı küçük eserleri. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 22(86): 520–33.
- Arslan, H. 2023. Yeraltı maden ocaklarında yersel lazer tarayıcı kullanımı ve iha ile yersel lazer tarayıcının entegrasyonunun araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, 54 sayfa, Elazığ.
- Aygün, A. 2018. Yersel lazer tarama ölçme stratejisi geliştirme. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 165 sayfa, İstanbul.
- Aytürk, T. 2019. Tarihi alanlardaki kentsel yenileme çalışmalarında lazer tarayıcıların yeri ve izmir kemeraltı örneği. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, 129 sayfa, İzmir.
- Balcı, D. 2022. Kültürel mirasın belgelenmesinde lazer tarayıcıların kullanılması. Türkiye Lidar Dergisi, 4(1): 27-36.
- Beg, A. 2018. 3 boyutlu modellemede yersel lazer tarama ve insansız hava araçları verilerinin entegrasyonu ve kilistra antik kenti örneği. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 74 sayfa, Konya.
- Boulaassal, H., Landes, T., Grussenmeyer, P. ve Tarsha-Kurdi, F. 2007. Automatic segmentation of building facades using terrestrial laser data. In ISPRS Workshop on Laser Scanning and SilviLaser, pp. 65-70.
- Çelebi, B. 2023. 3d yersel lazer tarama teknolojisinin güncel mimari koruma proje uygulamalarında kullanım olanaklarına yönelik değerlendirmeler. Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, 80 sayfa, Konya.
- Cheng, L., Chen, S., Liu, X., Xu, H., Wu, Y., Li, M. ve Chen, Y. 2018. Registration of laser scanning point clouds: A Review. Sensors Switzerland, 18(5): 1641.
- Çömert, R. 2014. Yersel lazer tarayıcılardan elde edilen veriler kullanılarak otomatik nesne çıkarımı. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, 177 sayfa, Eskişehir.
- Çömert, R., Avdan, U., Tün, M. ve Ersoy, M. 2015. Mimari belgelenmede yersel lazer tarama yönteminin uygulanması Seyitgazi askerlik şubesi örneği. Harita

- Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4(1): 1-18.
- Fidan, D. ve Fidan, Ş. 2021. Yersel lazer tarama teknolojileriyle oluşturulan 3b modellerin akıllı kent uygulamalarında kullanımı: Mersin Süslü Çeşme örneği. Türkiye Lidar Dergisi, 3(2): 48-57.
- Gibson, I, Rosen, D. ve Stucker, B. 2015. Direct digital manufacturing. Additive manufacturing technologies 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing. Springer Yayınevi, 675 sayfa, Switzerland.
- Gül, M. 2019. Tarihi sit alanlarının üç boyutlu modellerinin üretiminde lazer tarayıcı kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 51 sayfa, Çanakkale.
- Kaçarlar, Z. 2021. Küçük Objelerin Üç Boyutlu (3B) Modellenmesinde Yersel Lazer Tarama (YLT) Tekniği. Türkiye Lidar Dergisi, 3(2): 65-70.
- Karasaka, L. ve Beg, A. 2021. Yersel lazer tarama yöntemi ile farklı geometrik yapıdaki özelliklerin modellenmesi. Geomatik, 6(1): 54-60.
- Karataş, L. 2023. Yersel lazer tarama yöntemi ve ortofotoların kullanımı ile kültür varlıklarının cephelerindeki malzeme bozulmalarının dokümantasyonu: Mardin Mungan Konağı örneği. Geomatik, 8(2): 152-162.
- Karataş, L. ve Menteşe, D. 2022. Dara Antik Kenti (Anastasiopolis) Nekropol alanının malzeme sorunlarının fotogrametrik yöntemlerle belgelenmesi. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 4(2): 41-51.
- Khoshnevis, B., Hwang, D., Yao, K. ve Yeh, Z. 2006. Mega-scale fabrication by contour crafting. International Journal of Industrial and Systems Engineering, 1(3): 301-320.
- Kruth, J., Leu, M., Nakagawa, T. ve Annals, C. 1998. Progress in additive manufacturing and rapid prototyping. Cirp Annals, 47(2): 525-540.
- Nazari, S. 2020. Yersel lazer tarayıcılar: geomatik mühendisliğinde uygulama örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi, 111 sayfa, Zonguldak.
- Nemli, G. 2002. Yersel lazer tarayıcı verileri ile üç boyutlu modelleme. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 73 sayfa, İstanbul.
- Oktay, K. 2015. Ergitmeli yığma yöntemiyle üretim yapan 3d yazıcılarda çift filament süren ekstruder tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 71 sayfa, İstanbul.

- Özdemir Işık, B. 2017. Bilgisayar destekli tasarım programlarının mimarlık eğitimine katkısı. *Journal of International Social Research*, 10(51): 778–83.
- Polat, N. ve Uysal, M. 2016. Hava lazer tarama sistemi, uygulama alanları ve kullanılan yazılımlara genel bir bakış. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(3): 679-692.
- Sabuncu, A. ve Özener, H. 2020. Mimari dökümantasyonda yersel lazer tarama teknolojisi kullanımı: tarihi sismoloji binası örneği. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 1(1): 45-52.
- Safkan, S., Hamarat, H., Duran, Z., Aydar, U. ve Çelik, M. 2014. Yersel lazer tarama yönteminin mimari belgelemede kullanılması tarihi sismoloji binası örneği. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 1(1): 45-52.
- Sağlam, O. 2017. Atık plastik maddeden 3d yazıcılar için filament üretimi ve mekanik analizi. 10. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi, ss.1804, İstanbul.
- Seyfel, S. 2021. Classification of point clouds acquired through mobile laser scanner in urban areas using geometric and shape features. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 80 sayfa, Ankara.
- Sürmen, H. 2019. Eklemeli imalat (3b baskı): teknolojiler ve uygulamalar. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(2): 373-392.
- Us, H., Köse, S. ve Bıyık, M. 2022. Antik mezar taşlarının yersel lazer tarama (ylt) yöntemi ile üç boyutlu (3b) belgelenmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1): 11–16.
- Yalvaç, E. 2023. 3d yazıcı ile üretilecek tip beton konut projesinin türkiye’deki farklı iklim bölgelerine göre enerji etkinlik analizi. Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, 104 sayfa, Konya.
- Zeybek, M. ve Vatandaşlar, C. 2021. El-tipi lidar verisiyle ağaç gövdelerinin tespiti ve sınıflandırılmasında yapay zeka teknikleri. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1): 27-36.

