



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**FİZİKİ MEKANIN META EVRENİ İÇİN FOTOGRAFETRİ İLE
DİJİTALLEŞTİRİLMESİ**

Ali Saithan ULUSOY

Yüksek Lisans Tezi

**KONYA
Ocak 2023**

FİZİKİ MEKANIN META EVRENİ İÇİN FOTOGRAMETRİ İLE
DİJİTALLEŞTİRİLMESİ

Ali Saithan ULUSOY

KTO Karatay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Halil SEVİM

Konya
Ocak 2023

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans/Doktora tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren en fazla 6 ay ertelenmiştir.²

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

17 Ocak 2023

Ali Saithan ULUSOY

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

² MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³ MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Dr. Öğr. Üyesi Halil SEVİM danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarımı kabullendiğimi beyan ederim.

17 Ocak 2023

Ali Saithan ULUSOY

Sevgili aileme ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

“Fiziki Mekanın Meta Evreni için Fotogrametri ile Dijitalleştirilmesi” konusunun belirlenmesinde, çalışma kapsamının oluŐması ve yürütülmesinde, gerek samimi katkılarıyla gerekse konuya yardımcı kaynak ve önerileriyle desteğini hiç eksik etmeyen, tez danıŐmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Halil SEVİM hocama, eğitim ve çalışma hayatım boyunca aldığım kararların sürekli arkasında duran ve bana hep inanan sevgili babam Kadir ULUSOY’ a, ilgi, sevgi ve Őefkatiyle bu günlere yetiŐmemi sağlayan bir diğer insan, sevgili annem Firdevs ULUSOY’ a, beŐ yaŐımdan bu güne kadar kardeŐlik bağı ile hayatıma ortak olarak değer katan sevgili kardeŐim AyŐe Hilal ULUSOY’ a, sahip olduğu deneyim ve akademik bilgi birikim ile yol gösteren, her türlü imkânı bizlere tanıyan sayın dekanımız Prof. Dr. Kerim ÇINAR hocama, çalışma kapsamında belirlenen örnek taşınmaz kùltür varlığı hakkında bilgi ve belge edinilmesinde büyük destek veren sayın Prof. Dr. HaŐım KARPUZ hocama, 2210/A yurt içi genel yüksek lisans burs programıyla maddi ve manevi desteğini esirgemeyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna sonsuz teŐekkürü bir borç bilirim.

17 Ocak 2023

Ali Saithan ULUSOY

ÖZET

Ali Saithan ULUSOY

Fiziki Mekanın Meta Evreni İçin Fotogrametri İle Dijitalleştirilmesi

Yüksek Lisans

Konya, 2023

Günümüzde neredeyse tüm dünya tarafından kullanılmakta olan sosyal medya platformu, yakın zamanda büyük bir yenilik olan Meta evren ile dönüşüm geçirmiştir. Bu yenilik, ünlü bir sosyal medya uygulaması olan Facebook şirketinin kurucusu ve CEO'su Mark Zuckerberg 'ün şirketin yeni ismini Meta olarak duyurduğu açıklamasıyla ilerleme ve hız kazanmıştır. Günden güne popülerleşen meta evren platformu, mimarlık dahil pek çok alanda potansiyeller barındırmaktadır. Özellikle bu çalışma kapsamında tariflenen yöntemin meta evren entegrasyonu gerçekleştirilen mimari mirasın, korunması ve gelecek nesillere aktarılmasında önemli bir yol olduğu düşünülmektedir. Bu düşüncenin ışığında yürütülen çalışma; örnek bir yapı üzerinden fotogrametri ile 3B dijital modelleme sürecini uygulamakta, bu süreç içindeki farklı değişkenlere göre belirlenen ideal bir 3B modelin meta evren platformuna aktarımını açıklamaktadır. Korelasyonel araştırma yöntemi ile yürütülen çalışma, fotogrametri ile model oluşturma sürecinde iki farklı dijitalleştirme değişkeninin modelleme üzerindeki etkilerini analiz ederek meta evren için ideal bir 3B modelleme pratiği sunmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda Konya ili Karatay ilçesinde yer alan ve Selçuklu dönemine ait bir taşınmaz kültür varlığı yapısı olan Seyfeddin Karasungur Türbesi çalışma kapsamı olarak belirlenmiştir. Fotogrametri ile 3B modelleme sürecinde; ilk dijitalleştirme değişkeni olarak türbe çevresinden görüntü alınan cihazlar ve bunların donanım özellikleri, ikinci dijitalleştirme değişkeni olarak akıllı telefon ile alınan görüntülerin renk ve ışık değerleri analiz edilmektedir. Yapılan analizler sonucunda cihaz çözünürlüğü ile oluşturulan nokta sayısı doğru orantılıyken, görüntülerin ışık değerindeki değişikliklerle modellerin yüzey sayısının artırılabilir olduğu görülmüştür. Çalışma sonunda yüksek çözünürlüklü görsellerden elde edilen ve çok sayıda yüzey ile en iyi detaya sahip olan 3B model meta evrene aktarılmaktadır. Bu aktarım için bir meta evren platformu olan, Mona arayüzü kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Fotogrametri, meta evren, 3B modelleme, sosyal medya, kültürel miras

ABSTRACT

Ali Saithan ULUSOY

Digitization of Physical Space with Photogrammetry for Metaverse

Master's Thesis

Konya, 2023

The social media platform, which is used by almost the whole world today, has recently been transformed with a great innovation, Metaverse. This innovation gained momentum and progress with the announcement of Mark Zuckerberg, the founder and CEO of Facebook, a famous social media application, that the company announced its new name as Meta. The metaverse platform, which is getting popular day by day, has potentials in many fields, including architecture. In particular, the method described in this study is thought to be an important way to preserve and transfer the architectural heritage, which has been integrated into the metaverse, to future generations. The study carried out in the light of this thought; It applies the 3D digital modeling process with photogrammetry on a sample structure, and explains the transfer of an ideal 3D model determined according to different variables in this process to the metaverse platform. The study, carried out with the correlational research method, aims to present an ideal 3D modeling practice for the metaverse by analyzing the effects of two different digitization variables on the modeling process in the modeling process with photogrammetry. For this purpose, Seyfeddin Karasungur Tomb, which is an immovable cultural property belonging to the Seljuk period and located in the Karatay district of Konya province, has been determined as the scope of the study. In the 3D modeling process with photogrammetry; As the first digitization variable, the devices and their hardware features are analyzed, as the second digitization variable, the color and light values of the images taken with a smart phone are analyzed. As a result of the analysis, it was seen that the number of points created with the device resolution was directly proportional, while the number of surfaces of the models could be increased with the changes in the light value of the images. At the end of the study, the 3D model, which is obtained from high resolution images and has the best detail with many surfaces, is transferred to the metaverse. For this transfer, the Mona interface, which is a metaverse platform, is used.

Keywords

Photogrammetry, metaverse, 3D modelling, social media, cultural heritage

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
BİLDİRİM	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR	4
3. DİJİTAL ORTAM	8
3.1. Fotogrametri	8
3.1.1. Fotogrametrinin Tarihi.....	8
3.1.2. Fotogrametrinin Sınıflandırılması	11
3.1.3. Fotogrametride Kullanılan Araçlar.....	13
3.2. LIDAR.....	17
3.2.1. Lazer Tarayıcılar.....	19
3.2.2. Akıllı Telefonlarda Lidar	23
3.3. Dijitalleştirmede Kullanılan Yazılımlar	25
3.3.1. Agisoft Metashape	25
3.3.2. Diğer Yazılımlar	25
4. SOSYAL MEDYA	27
4.1. 3B Veri Kullanan Sosyal Medya Uygulamaları.....	29
4.1.1. Meta Horizon Örneği.....	29
4.1.2. Google Street View Örneği	31
4.2. Meta Evreni (Metaverse).....	34
5. META EVRENİNE 3B MODEL ÖNERİSİ.....	38
5.1. Fiziki Mekanın Dijitalleştirilmesi	38
5.1.1. Fotogrametri İle Doğrudan Veri Elde Etme	38
5.1.2. Sosyal Medya Üzerindeki Görsel Veri Stoğundan Yararlanma	46

5.2. 3B Dijital Model Oluşturulması	54
5.2.1. Görsellerin Elde Edildiği Cihazlara Göre Modellerin İncelenmesi.....	56
5.2.2. Görsellerin Poz Değerlerine Göre Modellerin İncelenmesi	78
5.3. Oluşturulan 3B Dijital Modelin Meta Evrenine Aktarımı.....	87
6. SONUÇ	94
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ	103

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Cihazlara göre donanım özellikleri ve ulaşılan 3B modelleme değerleri.....	74
Tablo 2. Cihazlara göre elde edilen görüntülerin çözünürlükleri ile bu görüntülerden oluşturulan yoğun nokta bulutunda yer alan nokta sayılarının birbirine göre sayısal oranları	75
Tablo 3. Işık ve renk değerleri değişen görseller ile oluşturulan 3B modellerin nokta değerleri ve özellikleri.....	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Konya Aziziye camii batı girişi, 3B modelleme süreci	4
Şekil 2. Konya Aziziye cami batı girişi ile bir insan figürünün ölçekli görünümü	5
Şekil 3. Metrik Hava Kamerası Yandan(sol) ve Aşağıdan(sağ) Görselleri	13
Şekil 4. Rollei Markasına ait orta(sol) ve küçük(sağ) formatta dijital metrik kamera modelleri	14
Şekil 5. Obje üzerinde referans noktalar tanımlayarak ve sıralı görsellerden yararlanarak 3B dijital model oluşturulması	16
Şekil 6. LIDAR sensör çalışma prensibi	18
Şekil 7. Hava LIDAR	19
Şekil 8. Zeb-Revo RT el tipi tazer tarayıcı	20
Şekil 9. Zeb Locate sırt tipi lidar (GNSS 'li)	20
Şekil 10. Trimble TX8 lazer tarayıcı	21
Şekil 11. FARO Focus S 350 lazer tarayıcı	21
Şekil 12. LEICA RTC360 lazer tarayıcı	22
Şekil 13. Üç farklı belgeleme metodunun farklı değişkenlere göre kıyaslanması	22
Şekil 14. viDoc RTK anteni ve mobil cihazlarla entegrasyonu	24
Şekil 15. 13-17 yaş aralığında gençler ile yapılan anket sonucunda yıllara göre değişen takip ettikleri ve kullandıkları sosyal medya uygulamaları ve oranları	27
Şekil 16. Facebook 360 ile görüntü kaydedilmesi	29
Şekil 17. VR gözlük üzerinde Meta Horizon uygulaması arayüzü	30
Şekil 18. Meta Horizon kullanıcısının takipçileri ile sanal gerçeklik ortamında bir kafede yaptığı etkinlik	31
Şekil 19. Street View uygulaması konum(sol) ve veri yükleme(sağ) arayüzü	32
Şekil 20. Google Earth uygulamasında etkinlik konumunda paylaşılan bir video	33
Şekil 21. Metaverse kelimesinin aratılma sayılarını gösteren grafik	35
Şekil 22. Nakagin Kapsül Kulesi, lazer tarama ve görüntü kaydı alma süreci	36
Şekil 23. Nakagin Kapsül Kulesi, nokta bulutu görseli	37
Şekil 24. Shotcut Programı Arayüzü – video görüntünün karelere bölünmesi	39
Şekil 25. Agisoft Metashape – fotoğrafların hizalanması ve basit nokta bulutu	40
Şekil 26. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu	40
Şekil 27. Agisoft Metashape – Nokta konumu doğruluğu	41
Şekil 28. Agisoft Metashape – Doğruluk derecesi 1 olan noktalar kümesi	42
Şekil 29. Agisoft Metashape – Temizlenmiş yoğun nokta bulutu	42

Şekil 30. Agisoft Metashape – 3B dijital model dolgulu	43
Şekil 31. Agisoft Metashape – 3B dijital model iskelet.....	43
Şekil 32. Agisoft Metashape – 3B dijital model renkli.....	44
Şekil 33. Agisoft Metashape – 3B dijital model üzerinde bozulmaların işaretlenmesi ..	44
Şekil 34. Agisoft Metashape – 3B model yüzey doğruluk skalası.....	45
Şekil 35. RealityScan ile kaldırım kenarındaki bir nesnenin anlık fotoğraf alınarak 3B modellenmesi (sol)yakalama, (sağ) ön izleme	46
Şekil 36. Pek çok internet fotoğrafından üretilmiş Trafalgar Meydanı nokta bulutu verisi	47
Şekil 37. İnternet fotoğraf koleksiyonundan oluşturulmuş 3B üretimler.....	48
Şekil 38. Ölçeği-değişmez dönüşüm özellikli noktaların farklı zamanlarda kaydedilmiş görüntülerde tespit edilmesi	48
Şekil 39. Trevi çeşmesi için görüntü bağlantı grafiği	49
Şekil 40. Trevi çeşmesi sahnesinde kamera sayısının artırılması	50
Şekil 41. Özgürlük anıtı ve ilgili derinlik haritaları	50
Şekil 42. İshak Paşa türbesi, kullanılan görüntü ve derinlik haritası gösterimi	51
Şekil 43. Kıbrısın kuzeyinde Soli kenti	52
Şekil 44. Havadan Kuzey Kıbrıs videosu, (mavi) amfi tiyatro	52
Şekil 45. A-amfi tiyatro görsellerinden elde edilen ortoplan, B-Amfi tiyatro ölçekli çizimi, C-Çizim ve ortoplanın örtüşürülmesi.....	53
Şekil 46. Sosyal medyada yer alan görüntü kaydından 3B dijital model oluşturulması süreci	53
Şekil 47. Google Earth programına yüklenen KMZ dosyası	54
Şekil 48. İşaretleyici (yukarıda) ve kâğıt cetvel (aşağıda)	55
Şekil 49. Dünya genelinde fotoğraf makinesi siparişi	56
Şekil 50. Xiaomi Mi Note 10 Lite akıllı telefon, 0.6X geniş açılı kamerası (sağda)	57
Şekil 51. Agisoft Metashape – fotoğraf hizalama değerleri.....	58
Şekil 52. Agisoft Metashape – Basit nokta bulutu (34748 nokta) kamera konumları	59
Şekil 53. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu değerleri.....	59
Şekil 54. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu (3133001 nokta).....	59
Şekil 55. İşaretçi noktalar arasında referans ölçü (3.80m) girilmesi.....	60
Şekil 56. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu hassasiyet görünümü (3133001 nokta).....	61
Şekil 57. Agisoft Metashape – Temizlenmiş yoğun nokta bulutu (2443723 nokta).....	61
Şekil 58. Agisoft Metashape – Yüzey oluşturma değerleri.....	61
Şekil 59. Agisoft Metashape – 3B dijital model (307606 yüzey)	62

Şekil 60. Agisoft Metashape – Yüzeyle doku atama değerleri.....	62
Şekil 61. Agisoft Metashape – Doku atanmış 3B dijital model.....	63
Şekil 62. Seyfettin Karasungur Türbesi derinlik haritası (telefon)	63
Şekil 63. Canon 1200D dijital fotoğraf makinesi.....	64
Şekil 64. Agisoft Metashape – Basit nokta bulutu (36132 nokta)	65
Şekil 65. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu (26911847 nokta).....	65
Şekil 66. Agisoft Metashape - İşaretçi noktalar arasında referans ölçü (3.80m) girilmesi	66
Şekil 67. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu hassasiyet görünümü (26911847 nokta).....	66
Şekil 68. Agisoft Metashape – Temizlenmiş yoğun nokta bulutu (22636306 nokta).....	67
Şekil 69. Agisoft Metashape – Yüzey atanmış 3B dijital model (2392098 yüzey)	67
Şekil 70. Agisoft Metashape – Doku ataması yapılan 3B dijital model	67
Şekil 71. Seyfettin Karasungur türbesi derinlik haritası (fotoğraf makinesi)	68
Şekil 72. DJI Mini SE model insansız hava aracı	69
Şekil 73. Agisoft Metashape – Basit nokta bulutu ve kamera konumları (48980 nokta).....	70
Şekil 74. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu (9698044 nokta).....	70
Şekil 75. Agisoft Metashape – İşaretçiler üzerine atılan referans noktalar ve bu noktalar arasında değer girilen referans çizgi	71
Şekil 76. Agisoft Metashape – yoğun nokta bulutu hassasiyet görünümü (9698044 nokta).....	71
Şekil 77. Agisoft Metashape – Temizlenmiş yoğun nokta bulutu (6809799 nokta).....	72
Şekil 78. Agisoft Metashape – Yüzey atanmış 3B dijital model (1336801 yüzey)	72
Şekil 79. Agisoft Metashape – Doku atanmış 3B dijital model (1336801 yüzey).....	72
Şekil 80. Seyfettin Karasungur Türbesi derinlik haritası (insansız hava aracı)	73
Şekil 81. İHA ile alınan görüntü (sol) ve Fotoğraf makinesi ile alınan görüntü (sağ) üzerinde program tarafından tespit edilen bağlantı noktalarının konum ve sayısı.....	75
Şekil 82. Üç farklı cihaz ile alınmış görüntülerden oluşturulan 3B dijital modellerin ölçekli bir halde kotlarının gösterilmesi.....	76
Şekil 83. 3B dijital modellerin ikili örtüştürülmesi.....	77
Şekil 84. RawTherapee filtre programı – 72 adet görsele ait poz telafi değerinin +1.30 ‘a getirilmesi.....	78
Şekil 85. RawTherapee filtre programa – poz telafisi +1.30 değere getirilen görsellerin belirlenen klasöre kaydedilmesi.....	79
Şekil 86. Işık ve renk değerleri değişen Karasungur türbesinin görüntüleri.....	80

Şekil 87. Renk ve ışık değerleri farklı olan görüntülerin program tarafından oluşturulan derinlik haritaları ve görüntü çiftleri arasındaki bağlantı noktaları	80
Şekil 88. Türbe yüzeyi dışına atılan bağlantı noktaları (kırmızı), türbe konturlarında oluşan kısmi derinlik haritası hataları (sarı).....	81
Şekil 89. Farklı ışık değerindeki görüntülerden oluşturulan yoğun nokta bulutları ve hassasiyet görünümleri, belirli bir konumda oluşturulan noktaların sahip oldukları hassasiyet derecesi (kırmızı)	82
Şekil 90. Işık ve renk farkı olan görsellerden elde edilmiş 3B modeller ve bu modellerin nokta bulutundan oluşturulmuş yüzeyleri	82
Şekil 91. Yüzey ataması yapılan 3B dijital modellerin detay görünümleri	83
Şekil 92. Doku ataması yapılan 3B dijital modellerin görünümü.....	83
Şekil 93. Farklı ışık değerlerindeki görüntülerden oluşan modellerden elde edilen derinlik haritaları, (sol)orijinal, (orta)poz artan, (sağ)kontrast ve doyum artan	84
Şekil 94. Oluşturulan 3B modellerin kılavuz çizgiler üzerinde kıyaslamalı görünümü, (sol)orijinal, (orta)poz telafisi artan, (sağ)kontrastı ve doyumunu artan görsellerden elde edilen modeller.....	84
Şekil 95. Mona hesabına bağlanan sanal cüzdan tercihleri.....	87
Şekil 96. Mona market arayüz görünümü	88
Şekil 97. Mona market arayüzü avatar filtrelemeli görünüm	88
Şekil 98. Mona arayüzünde yer alan “Minima Gallery” adlı mekana dair detaylar	89
Şekil 99. Mona ürün teklif arayüzü.....	89
Şekil 100. Mona “Minima Gallery” mekanın avatar ile 3 boyutlu deneyimlenmesi	90
Şekil 101. Mona profil hesabının görünümü.....	90
Şekil 102. Mona üzerinde Seyfeddin Karasungur Türbesi modeline dair bilgiler.....	91
Şekil 103. Unity – OBJ formatındaki modelin “uzay” hiyerarşisine eklenmesi.....	92
Şekil 104. Mona – meta evren üzerinde deneyimlenebilen fotogrametri ile oluşturulmuş Seyfeddin Karasungur Türbesi.....	92
Şekil 105. Mona – Seyfeddin Karasungur Türbesi yakın görünüm – A.....	93
Şekil 106. Mona – Seyfeddin Karasungur Türbesi yakın görünüm – B	93

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
2B	İki boyutlu
2.5B	İki buçuk boyutlu
3B	Üç boyutlu
3DS	Three Dimensional Studio (üç boyutlu stüdyo)
AR	Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)
CEO	Chief Executive Officer (Baş yönetici)
DSİ	Devlet Su İşleri
DSLR	Digital Single Lens Reflex (Sayısal Tek Mercek Yansımali)
ETH	Ethereum (sanal para birimi)
FBX	Filmbox (Film kutusu)
GLONASS	Global Navigation Satellite Systems (Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri)
GNSS	Global Navigation Satellite Systems (Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri)
GPS	Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
HGK	Harita Genel Komutanlığı
HÜ	Hacettepe Üniversitesi
İHA	İnsansız Hava Aracı
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
IMU	Inertial Measurement Unit (Atalet Ölçü Birimi)
KML	Keyhole Markup Language (Anahtar deliği biçimlendirme dili)
KMZ	Keyhole Markup Language Zipped (sıkıştırılmış anahtar deliği biçimlendirme dili)
KTÜ	Karadeniz Teknik Üniversitesi
LADAR	Laser Detection And Ranging (lazerle tespit ve ölçüm)
LIDAR	Light Detection And Ranging (ışıkla tespit ve ölçüm)
MTA	Maden Tetkik Arama
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
NFT	Non-fungible Token (Nitelikli Fikri Tapu)
OBJ	Object (nesne)

ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
RTK	Real Time Kinematic (Gerçek Zamanlı Kinematik)
STL	Standart Triangle Language (standart üçgen dili)
SÜ	Selçuk Üniversitesi
TKGM	Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
URL	Uniform Resource Loader (Tekdüzen Kaynak Bulucu)
VR	Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi

1. GİRİŞ

“Fiziki Mekanın Meta Evreni İçin Fotogrametri İle Dijitalleştirilmesi” konu başlığı altında araştırılmak ve incelenmek istenilen konunun temeli, başlıktan da anlaşılacağı gibi somut fiziki mekanların dijital bir sosyal etkileşimli ortama aktarımı için kullanılacak fotogrametri tekniğine dayanmaktadır. Günümüzde dijital teknolojilerin hızla ilerlediği her geçen gün yeni bir uygulama ve cihazın hayatımıza girdiği bilinmektedir. Bu ilerleyiş ve akışın içerisinde geçtiğimiz yıllarda bir sosyal medya şirketinin duyurduğu Meta evren(metaverse) isimli 3B sosyal etkileşimli bir sanal dünya hayatımıza girmiş bulunmaktadır. İnsanlar bu sanal dünya arayüzüne akıllı telefonlardan, bilgisayarlardan, AR ve VR ortamlardan bağlanarak, diğer kullanıcılar ile oluşturdukları kendi sosyal ağlarında etkileşim kurabilmektedir.

Buradan hareketle yapılan çalışma; fiziki mekanların dijitalleştirilerek 3B ve ölçekli olarak Meta evrene aktarımında kullanılacak fotogrametri yöntemini, kültürel mirasa ait örnek bir mekân üzerinde yürüterek idealize etmeyi hedeflemektedir. Aynı zamanda bu çalışma, taşınmaz kültür varlığı statüsündeki seçilen örnek yapının, 3B dijital modellenerek Meta evrene aktarımıyla mimari mirasın korunması adına belgelemeye hizmet etmeyi de amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda seçilen ve Karatay ilçesi, Şemsi Tebrizi mahallesi, 916 ada, 22 parselde bulunan, Seyfeddin Karasungur Türbesi ve türbenin fotogrametri ile oluşturulan 3B dijital modelleri çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Çalışma kapsamı bir taşınmaz kültür varlığı örneği üzerinde yürütülen modelleme sürecini içermesine rağmen bu kapsam, üzerinde koruma kararı bulunmayan ancak kent hafızasında önemli yeri olan mekanlara da genişletilebilmektedir.

Seçilen türbe yapısı çevresinde fotogrametri yazılımında 3B modelleme sürecini yürütmek için görüntülemeler yapılmış, bu görüntülerin elde edildiği cihazlar ve sahip oldukları ışık değerlerinin değiştirilmesinin, oluşturulan modellerin üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bu değişkenler üzerinden yürütülen çalışmada korelasyonel araştırma yöntemi izlenmektedir. Korelasyonel araştırma yöntemi birden fazla değişkenin arasındaki ilişkilerin incelendiği bir yöntem olmasından dolayı, alınan görüntüler ile ilgili; ilk olarak kayıt altına alındıkları farklı donanım özelliklerine sahip cihazlar değiştirilmekte, ardından kayıt cihazı sabit tutularak alınan görüntülerin ışık değerleri değiştirilmektedir. Bu değişkenlerin her biri için ayrı ayrı 3B dijital modeller

oluşturulmakta, oluşturulan modellerin çeşitli özellikleri birbiri ile kıyaslanmaktadır. Bu kıyaslamalar neticesinde ulaşılan sonuçta, hangi etkenlerin oluşturulan modellerin fiziki gerçekliğinin aktarılmasını ve detaylandırılmasını olumlu yönde etkilediği, hangilerinin olumsuz yönde etkilediği belirlenmektedir.

Yürütülen bu çalışmaya benzer şekilde fotogrametri ile kültürel mirasın korunması adına pek çok 3B belgeleme çalışması bulunmaktadır. Ancak bu çalışmanın özgünlüğü, sadece kültürel yapıların değil, 2B görüntülerine erişilebilen her türlü yapı ve yapı parçasınının 3B olarak ideal bir şekilde modellenerek Meta evrenine aktarımını amaçlamasıdır. Çalışma içeriğinde de görüleceği üzere Dijital ortamda 3B model oluşturma yöntemlerinin ardından sosyal medyaya da genişçe yer verilmektedir. Sosyal medyanın 3B veri saklama ve paylaşmadaki yeri, dünya üzerindeki kullanıcı sayıları ve profilleri, gelişen teknolojiler ile ortaya çıkan örnek sosyal medya uygulamaları ve meta evren kavramının ortaya çıkışı ile günümüzdeki potansiyelleri değerlendirilmektedir. Bu potansiyellerden birisi genç nüfus arasında oldukça yaygın kullanılan sosyal medya uygulamaları ve meta evren platformunun gelecek nesillere kültür aktarımında önemli bir rol alabileceğidir. Sadece meta evren platformuna 3B dijital model yüklemenin ötesinde, bu yöntemi sayıları çok yüksek rakamlara ulaşan sosyal medya kullanıcıları arasında yaygınlaştırarak önemli fiziki mekanların 3B olarak dijital modellenmesinde, bu kullanıcıların görsel kayıtlarından faydalanmak da hedeflenmektedir. Sonuçta görsel kaydetmek günümüz dünyasında ortalama bireyler arasında yaygın bir aktivite olarak görülmektedir. Bütün bunlara ek olarak, oluşturulan 3B dijital modelin meta evren platformunda paylaşılmasıyla bu sanal arayüzde yer alan kripto para ve NFT piyasalarındaki kullanıcılar tarafından bu paylaşımlar alınıp satılabilmektedir. Bu çalışmanın amaç ve hedefleri arasında bulunmamasına rağmen taşıdığı potansiyel gereği meta evrenin ticari yönüne de değinilmektedir.

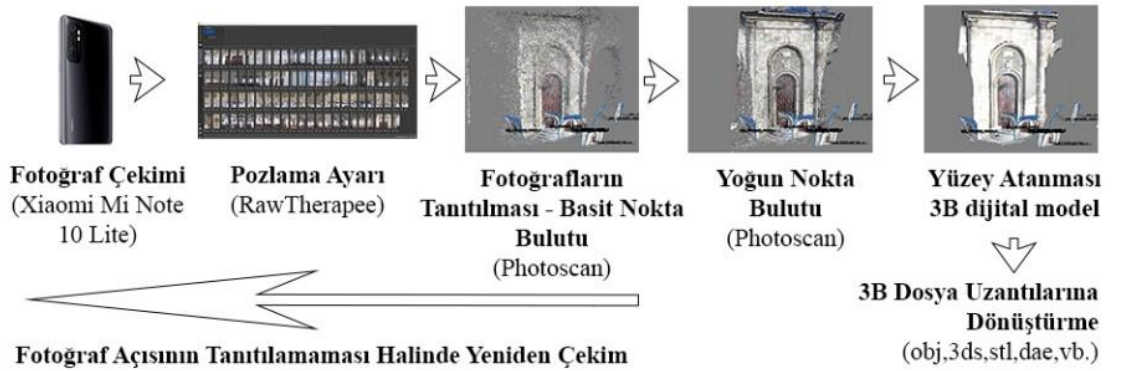
Çalışmada yürütülen modelleme yöntemi olarak fotogrametri kullanılmakta ve meta evrene model aktarımı için ideal bir yöntem olduğu düşünülmektedir. Fakat bu yöntemin ideal oluşundaki tek neden yürütülen çalışma sonucu elde edilen bulgular değil, alternatifleri olan yöntemlere karşı sahip olduğu potansiyelleridir. Bu çalışma kapsamında, fotogrametriye alternatif olarak görülebilen LIDAR yönteminin de tarihi gelişimi ve günümüzdeki durumuna yer verilirken neden meta evrene 3B model aktarımında fotogrametri yerine tercih edilmediğinden bahsedilmektedir. Bunun nedeni olarak; her ne

kadar LIDAR teknolojisinin bireye indirgenmesi için çalışmalar varsa da halen pahalı ve ulaşılması zor bir teknoloji olması, bunun yanında modelleme için elde bulunan ve ulaşılabilen kaynakların fotogrametri için çok daha geniş olması gösterilmektedir. İdeal görülen fotogrametri yönteminin çalışma kapsamında yürütülebilmesi için bir yazılıma ihtiyaç duyulmaktadır. Dijitalleştirmede kullanılan yazılımlar başlığı altında yer verilen Agisoft Metashape yazılımı, bu çalışmadaki tüm fotogrametrik modelleme süreçlerinde kullanılan yazılımdır. Bu veya başka yazılımlar kullanılarak 3B model oluşturulması süreçlerinde; fotogrametri ile doğrudan veri elde edilen ve kaynak olarak sosyal medyanın kullanıldığı örnek çalışmalara, fiziki mekânın dijitalleştirilmesi başlığı altında yer verilmektedir. Bu başlık altında yer verilen örnek çalışmalar ile neredeyse tarihi, fotoğraf tarihine dayanan bir yöntemin günümüzde halen güncelliğini koruduğu ve güncel çalışmalara konu olabildiği gösterilmektedir.

Bu yöntemin meta evrenine 3B model önerisinde idealize edilmesine yönelik çalışma süreci, 3B dijital model oluşturulması başlığı altında aktarılmaktadır. Yürütülen çalışmanın sonucunda el elde edilen bulgular yine bu kısımda yer almaktadır. Çalışmanın son adımında ise oluşturulan 3B dijital modelin Meta evrenine aktarımı gerçekleştirilmektedir. Bu işlem için pek çok meta evren platformundan birisi olan Mona seçilmiştir. Mona platformunun nasıl çalıştığı ve bir 3B dijital model paylaşımının nasıl yapıldığı bu başlık altında yer almaktadır.

2. LİTERATÜR

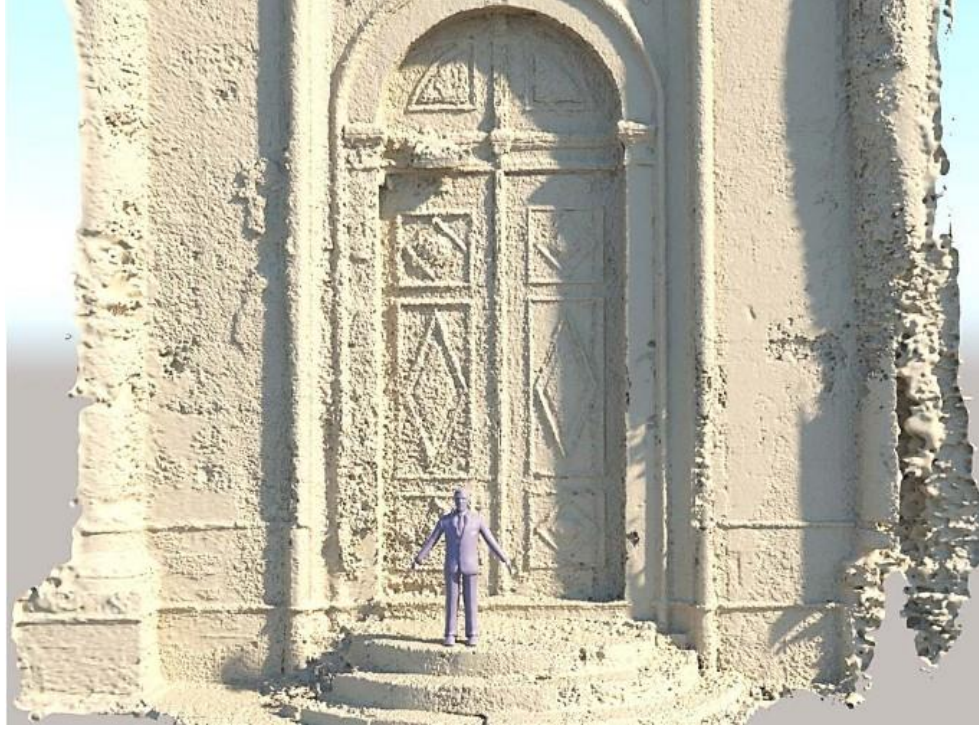
Hedeflenen amaç doğrultusunda literatürdeki çalışmalara bakıldığında mimari mirasın korunmasını esas alan pek çok kaynak bulunabilmektedir. Bunun yanında benzer olarak 3B modelleme yöntemlerine dair de çokça kaynak bulunabilmektedir. Ancak meta evren kavramı, 2021 yılı Ekim ayında Mark Zuckerberg 'in açıklamasından sonra büyük bir hız kazandığı için henüz bu alandaki kaynaklar sınırlı görülmektedir. Gün geçtikçe mimaride sanata, eğitimden iş sektörlerine kadar her alanda gelişim gösteren meta evren kavramı, birçok araştırmacının üzerine eğildiği güncel bir konudur. İlk örnek çalışma olarak, yürütülen çalışmanın paralelinde fakat daha dar kapsamlısı olarak; Konya Aziziye Camii üzerinde yürütülen metaverse için fotogrametri ile 3B model oluşturulması süreci örnek verilebilmektedir. Çalışmada Konya Aziziye camisinin batı girişinden elde edilen görüntüler üzerinden, caminin kapısı ve yakın çevresi 3B modellenmektedir(Ulusoy & Sevim, 2022). Bu modelleme sürecine dair işleyiş şeması **Şekil 1** 'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Konya Aziziye camii batı girişi, 3B modelleme süreci

Kaynak: (Ulusoy & Sevim, 2022)

Cami kapısının 3B dijital modelinin elde edilmesiyle birlikte ölçekli bir insan figürüyle meta evrende bir platforma yüklenebileceği ve bu sayede mekan ihtiyacı duyan meta evren uygulamalarına alternatif örnekler sunulabileceği düşünülmektedir. Kapının malzeme atamaksızın oluşturulan ölçekli modeli ile bir insan figürünün birlikte kullanımı **Şekil 2** 'de gösterilmektedir (Ulusoy & Sevim, 2022). Bu çalışma özelinde seçilen meta evren platformlarından "Decentraland" uygulaması ele alınmaktadır. Bu uygulama diğer meta evren uygulamalarına benzer şekilde, platforma avatarları ile kayıt olan kullanıcılara diğer kullanıcılar ile etkileşim kurabilecekleri mekanlar tasarlama imkânı tanımaktadır.



Şekil 2. Konya Aziziye cami batı girişi ile bir insan figürünün ölçekli görünümü

Kaynak: (Ulusoy & Sevim, 2022)

Baltacı(2011) tarafından yürütülen; mimari fotogrametri yöntemlerinin rölöve çalışmaları açısından değerlendirilmesi bu alanda yürütülen çalışmalara başka bir örnek olarak verilebilmektedir. Koruma kavramı, geleneksel rölöve alma, lazer tarayıcılar ile konum tabanlı rölöve alma tekniklerine değinen çalışma; sivil mimarlık, anıtsal yapılar, kamu ve sanayi yapıları gibi farklı işlev grubundaki yapılarda rölöve alma tekniklerini değerlendirmektedir(Baltacı, 2011).

Buna benzer başka bir çalışmada ise kültürel mirasın belgelenmesinde lazer tarayıcıların kullanılması irdelenmektedir. Lazer tarayıcı türleri ve özelliklerine değinilen bu çalışmada; geleneksel yöntem, fotogrametri yöntemi ve lazer tarama yöntemi gibi farklı belgeleme teknikleri arasında karşılaştırmalar yapılmaktadır(Balcı, 2022).

Bir başka çalışmada ise; tarihi bir tuğla duvar örgüsüne sahip yapı ile mozaik kaplamaya sahip başka bir yapı üzerinde fotogrametri temelli örneklem oluşturulması işlemi yürütülmekte ve bir yöntem önerilmektedir(Taş, 2019). Çalışmadaki yöntem ile kaplama desenlerinin yeniden soyutlanarak hesaplamalı tasarım sürecine katılması sağlanmaktadır. Bu şekilde koruma kararı olan bir yapı üzerindeki yenileme ve değişiklik

önerilerinin bilgisayar ortamında programlar aracılığıyla hızlı bir şekilde denenebilmesi öngörülmektedir(Taş, 2019).

Mimari fotogrametri için temel kaynak olarak gösterilebilecek, Hanke ve Grussenmeyer 'in Eylül 2002 'de kaleme aldıkları eserleri, stereo görüntülerden başlayarak tüm fotogrametri sürecine dair detaylı bilgiler içermektedir. Fotogrametride kullanılan araçlar ile bu yöntemin ölçüm ve hesaplama detaylarına dair bilgilere yine bu kaynakta yer verilmektedir(Hanke & Grussenmeyer, 2002).

Fotogrametri pratiğinin, bu konu ile ilgilenen disiplinlere doğru ve etkili bir şekilde öğretilmesi için 3B modelleme sürecine interaktif katılım sağlanabilmektedir. Dijital fotogrametri üzerine eğitim ve öğretim projesi kapsamında, projede yer alan öğrencilerin 3B modelleme sürecine katılarak fotogrametrik proje tasarımının tüm adımlarını daha iyi anlamaları ve sonuçları eleştirel değerlendirebilmeleri amaçlanmaktadır(Tucci vd., 2018).

Fotogrametri ile yapı belgelemeye ve 3B modellemeye dair bir başka çarpıcı örnek ilerleyen başlıklarda detaylı aktarılacak olan Snavely ve arkadaşlarının (2010) çalışmasıdır. Bu çalışma ile fotogrametrik dijital model oluşturulması sürecinde sosyal medya platformlarının kaynak olarak kullanılabileceği aktarılmaktadır. Trevi çeşmesi ve özgürlük anıtı örnekleri üzerinde yürütülen, sosyal medya görsel kataloğundan 3B modelleme çalışmaları açık kaynak fotogrametriye örnek gösterilebilmektedir(Snavely vd., 2010).

Benzer bir örnek Kıbrıs' ın kuzeyinde yer alan Soli antik kentine ait olan bir amfi tiyatro üzerinde yürütülmektedir. Amfi tiyatronun da içerisinde bulunduğu bir YouTube videosu üzerinden yürütülen fotogrametri ile 3B model oluşturulması süreci, popüler bir sosyal paylaşım sitesinin 3B belgelemeye katkı sunabildiğini göstermektedir(Themistocleous, 2017). Yine başka bir örnekte Google Street View sokak görüntülerinden 3B modelleme süreci yürütülmektedir(Cheng vd., 2018).

Görüldüğü üzere fotogrametri tekniğine ve mimari koruma ile belgelemedeki kullanım alanlarına dair pek çok kaynak literatürde yer almaktadır. Aynı alanlarda fotogrametri tekniğine alternatif olarak kullanılabilecek bir diğer teknoloji ise LIDAR teknolojisi olarak görülmektedir. Bu teknolojinin gelişiminden sınıflandırması ve pratik kullanımlarına dair pek çok bilgi edinilebilecek bir kaynak olarak; McManamon ' un eseri

olan “LIDAR Teknolojileri ve Sistemleri” örnek gösterilebilmektedir(McManamon, 2019).

3B belgeleme ve modellemede kullanılan tekniklere dair genişçe bir literatür sunulmasının ardından sosyal medya ve meta evrenine dair yürütülen çalışmalara örnekler verilecektir. İlk olarak, 3B sanal bir dünya olan meta evrenin taşıdığı potansiyellerinin; kullanıcılar tarafından, medya tarafından ve araştırmacılar tarafından nasıl değerlendirildiğine dair analizler yapan Lee ‘nin çalışması örnek gösterilmektedir. Lee’ nin çalışması bir literatür taraması olarak görülebilmektedir. Farklı disiplinlere göre analizler yürütülerek meta evren dönüşümünün istikrarlı bir şekilde gerçekleşmesine fayda sağlamayı amaçlamaktadır(Young Lee, 2021).

Bunun yanında meta evrenin beraberinde getirdiği fırsatlar ve tehditlere karşı kullanıcı algılarını keşfetmeyi amaçlayan bir diğer örnek, Kuş ‘un yaptığı çalışmadır. Bu çalışma kapsamında YouTube sosyal paylaşım sitesi üzerinde meta evren içeriği aratılarak, en çok izlenen video altında yer alan kullanıcı yorumları üzerinden, bu kavramın kullanıcı algılarındaki yeri analiz edilmektedir(Kuş, 2021).

Bir diğer çalışmada, Meta evrenin sosyal fayda sağlanması amacıyla kullanımı amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda bir meta veri mimarisi ile üniversite kampüsünde yer alan blok zincire bağlı bir meta evren prototipi önerilmektedir(Duan vd., 2021).

Meta evrenin eğitim kurumlarında ve eğitim uygulamaları üzerinde sahip olduğu potansiyelleri inceleyen bir başka çalışmada, meta evren dört temel bileşene ayrılmaktadır. Bu bileşenler; artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, ayna dünyası ve hayat kaydı olarak eğitimsel çıkarımlar yapılmasında değerlendirilmektedir(Kye vd., 2021). Meta evren üzerine incelenen literatüre bakıldığında kaynakların yakın tarihli olduğu görülmektedir. Bunun nedeni daha öncede belirtildiği gibi yeni bir kavram olarak hayatımıza giren Meta evrenin halen gelişme sürecinde olmasıdır. Bu süreç paralelinde giderek artan akademik çalışmalar da ilerleyen zamanlarda literatüre girebilecektir.

3. DİJİTAL ORTAM

Bu başlık altında dijital ortamda kullanılmak için 3B veri elde etme yöntemleri ile bu yöntemlerde kullanılan araçlar ve yazılımlar üzerinde durulmaktadır.

3.1. Fotogrametri

Günümüzde pek çok alanda kullanılan fotogrametri, kelime kökü olarak Yunanca; Fotos (ışık), Grama (çizim) ve Metron (Ölçme) kelimelerinden türeyerek “ışık ile ölçme – çizim” anlamına gelmektedir. Teknik tanım ise; fiziki çevre ve objelerin oluşturduğu görüntülerden ölçüler alarak ve yorumlamalar yaparak geçerli bilgiler elde etme sanatı ve bilimidir(Gürbüz, 1982). Gürbüz’ ün (1982) yayınında aktardığına göre, fotogrametri süreci üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlar görüntü alma, alınan görüntülerden bilgi işleme ve elde edilen bilgilerin kaydedilerek saklanmasıdır. İlk aşama olan görüntü alınması; başta çeşitli kameralar olmak üzere bazı sensör araçlar vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu aşamadan görüntü alıcı cihazın konumuna göre fotogrametri türü ve ölçeği değişmektedir. Bu değişkenler paralelinde çeşitli sınıflandırmalar yapılmaktadır. İkinci aşama olan bilgi işleme ve değerlendirme aşamasında; alınan görüntülerden ölçüler alınıp yorumlar yapılarak aletsel (analog), sayısal (analitik) yöntemle ya da özel tarayıcılar aracılığı ile sayıya dönüştürülerek dijital değerlendirmeler yapılmaktadır. Üçüncü ve son aşamada ise elde edilen verilerin kaydedilmesi gelmektedir. Bu aşamada veriler; doğrudan sayısal değerler, çizgisel gösterimler (vektörel gösterim) ya da fotografik görüntüler (raster + vektör görüntüler) olarak kaydedilmektedir. Ayrıca Fotogrametride ölçme ve değerlendirme işlemleri, alınan görüntüler dışında bunlardan türetilen üç boyutlu (stereoskopik) “model” ler üzerinden de yapılabilmektedir(Gürbüz, 1982).

3.1.1. Fotogrametrinin Tarihi

Aristotle’ nın optik iz düşünle görüntü elde etme yöntemini ilk defa ortaya koyması nedeniyle bazı yazarlar tarafından fotogrametrinin tarihi Aristotle’ e kadar ileri götürülmektedir(Gürbüz, 1982). Günümüzde halen geliştirilmekte olan fotogrametri teknolojisi tarih boyunca pek çok bilim insanı ve bu insanların çalışmaları neticesinde değişmiş ve gelişmiştir.

1442 senesinde Leonardo Da Vinci tarafından iz düşün geometrisi ortaya konulmuştur. Fotogrametri tarihindeki asıl gelişim ise 1837' de Fransız ressam ve fizikçi olan Louis Daguerre tarafından fotoğrafın bulunması ile gerçekleşmiştir. Kendisi aynı zamanda “daguerreotype” fotoğraf çekme tekniğini oluşturmuş ve dönemin hükümeti tarafından yaptığı buluş desteklenmiştir(Daniel, 2004).

Fotogrametrinin kurucusu olarak kabul edilen ve aynı zamanda Fransız ordusunda mühendis olan Aime Laussedat 1858' de uçurtmaya bağladığı bir fotoğraf makinesi ile kendi balon seyahatleri sırasında havadan görüntüler alarak birçok fotogrametrik harita oluşturmuştur. Ayrıca 1867' de fototeodolit' i kurarak çektiği görsellerle Paris' in planını çizmiştir(Laussedat, Aimé, 2022).

Bilimsel anlamda fotogrametri terimini ilk kullanan ise Almanya 'da 1893 yılında yayınladığı makalesi ile Dr. A. Meydanbauer olmuştur. Yine Almanya'da, S.Finsterwalder ve Dachel Oasis, 1873 yılında fotogrametriyi Alp buzullarının ölçümlerinde kullanmışlardır. S.Finsterwalder tarafından “Fotogrametrinin Temel Geometrisi” adıyla ilk fotogrametri kitabı 1889 yılında yayınlanmıştır. Daha sonra 1898 yılında “perspektif dönüşüm” ve “ışınsal triyngülasyon” fikirlerini ortaya koyan Avusturyalı kaptan Scheimpflug, bir balona bağladığı sekiz objektifli resim makinesi ile elde ettiği görsellerinden geniş bir arazinin planını oluşturarak tarihteki ilk Fotoplan' ı elde etmiştir(Gürbüz, 1982).

Ardından 1892 yılında ölçü makaraları ile pratik ölçme yöntemini geliştiren Dr. C. Pulfrich ' in bu prensibinin ardından stereo fotogrametri uygulanmaya başlamıştır(Christianson & Hofstetter, 1972). Gürbüz' ün çalışmasında (1982) aktardığı üzere; Dr. C. Pulfrich tarafından 1901 yılında ilk Stereo Comparator yapılmıştır. 1908 yılında ise “Otostereograph” adıyla ilk fotogrametri değerlendirme aleti, Jena 'daki Zeiss fabrikasında E. Von Orel tarafından yapılmıştır. Hemen ardından 1909 yılında yine aynı kurumda başka bir değerlendirme aleti olan “Stereoautograph” yapılmıştır. Bu aletler sayesinde ilk defa 3B model yardımıyla oluşturulan çizgisel değerlendirmeler ile haritalar elde edilmiştir.

20. Yy başlarında uçak teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte fotogrametri günümüzdeki anlamına erişmeye başlamıştır. Bu amaçla kullanılmak üzere birçok cihaz üretilmiştir. Bunlar sırasıyla; 1915 yılında Scheimpflug' un fikrinden esinlenen Gasser tarafından

yapılan ilk Çift Projektör, 1920' de Heyde şirketi tarafından yapılan ve Hegershoff' un düzenlediği ilk Autocartograph, bunu izleyen Bauesfeld' in düzenlediği 1923 yılında üretilen Zeiss Stereoplanigraph 'tan oluşmaktadır. Bunların dışında yine benzer cihazlar; İtalya' da Nistri, Fransa' da Poivilliers ve İsviçre' de Wild (günümüzde Leica) şirketleri tarafından üretilmiştir. 1919 yılında ilk hassas fotogrametrik nirengi kuramı Umberto Nistri tarafından İtalya' da öne sürülmüştür. Bunu takiben 1932 yılında Nistri' ye ait Multiplo isimli fotogrametrik nirengi aleti üretilmiştir. Arada kalan 1927 yılında ise Fransız mühendis R. Feber tarafından ilk defa ortofoto fikri gündeme getirilmiş ve uygulanmıştır. Bu prensibe dayanan ortofoto tekniği günümüzde halen kullanılmaktadır. Fotogrametriye resim ölçeği ile harita ölçeği arasındaki kurguladığı; eş yükseklik eğrilerinin yükseklik ve konum hassasiyetini değiştiren bağıntısı ile büyük katkılar sunan bir diğer önemli isim, Otto Von Gruber' dır. 1935 yılında fotogrametrinin temel taşlarından biri sayılan, fotogrametrik nirengi yöntemini ayrıntılı inceleyen bir kitap yayınlamıştır. 1940' lı yıllarda ise İkinci Dünya Savaşı döneminde çekilen hava fotoğrafları, askeri amaçlar dışında ekonomik ve coğrafi planlama amacıyla da büyük ölçüde kullanılmıştır (Gürbüz, 1982).

İlerleyen yıllarda, 1952 ve 1966 arasında birçok firma tarafından mekanik, optik veya optik-mekanik gibi farklı prensiplere dayalı incelik hassasiyeti yüksek, izdüşüm tipli çeşitli cihazlar üretilmiştir. Ve bunlardan bazıları halen günümüzde kullanılmaktadır. Harita ihtiyacının artması ve bu haritaların hızlı üretilmek istenmesinden dolayı fotogrametrinin bu alandaki gelişimi sürat kazanmıştır. Fakat fotogrametri haritacılık dışında; uzay araştırmalarında, meteorolojide, jeolojide, coğrafya ve tıpta, mimarlıkta, şehircilikte, arkeolojide, çevre mühendisliğinde, jeomorfolojide, endüstride, kriminolojide, kısaca görüntüsü elde edilebilen her şeyin ölçülerek değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Hız ve ekonomiklik başta olmak üzere sağladığı birçok kolaylık nedeniyle uygulama alanı sürekli olarak genişlemektedir(Gürbüz, 1982).

Yakın tarihimizde, bilgisayarların sürece dahil olması ile günümüz anlamındaki fotogrametri teknolojisi ortaya çıkmıştır. Otomatik ve el ile olmak üzere bilgisayarlar ile 1 μm değeri doğrudan ölçülerek değerlendirilebilmektedir. Özel tarayıcılar ile 7 μm ile 120 μm arasında görüntü parçacıkları (piksel) olarak taranan resimler sayısallaştırıldıktan sonra uygun yazılımlar aracılığı ile çizgisel, sayısal ya da fotografik haritalar elde edilebilmektedir(Gürbüz, 1982).

3.1.1.1. Ülkemizde Fotogrametri

Fotogrametri ülkemizde ilk defa Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından, 1925 yılında 1/25.000 ölçekli haritaların oluşturulmasında yersel fotoğraflardan yararlanılarak uygulanmaya başlamıştır. Topografik değerlendirmelerin yersel görüntülerden elde edilmesindeki zorluklar nedeniyle bu uygulama kendine fazla genişleme sahası bulamamıştır. 1937 yılına gelindiğinde ise yine 1/25.000 ölçekli haritaların hazırlanmasında hava fotogrametrisi etkin rol oynamıştır. Bu uygulamanın hem kolay hem de ekonomik oluşu hızla gelişmesini ve yayılmasını sağlamıştır. Bu yüzden 1968 yılında HGK tarafından toplam 5557 paftadan meydana gelen 1/25.000 ölçekli topografik memleket haritaları, hava fotogrametrisi tekniği ile tamamlanmıştır(Gürbüz, 1982).

1987 yılına kadar harita yapma amacıyla hava fotogrametrisi uygulamaları yasal olarak iki kuruluş tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunlar; Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) 'dür. 1987' de yapılan yasa değişiklikleri ile fotogrametri ile harita hazırlanması işlerinde özel sektörün de önü açılmıştır. Bu kapsamda 1/25.000 çevre ve topoğrafya haritalarından başka; 1/1000 ve 1/2000 güzergâh haritaları ile 1/5000 ölçekli etüt haritaları da hava fotogrametrisi tekniği ile üretilmiştir. Yine özel sektördeki firmalar tarafından Ankara, İstanbul, İzmir, Bursa ve Samsun gibi şehirlerin hali hazır haritaları fotogrametri yöntemiyle üretilmiştir. Ardından uygulanan dijital işlemler ile 1/5000 ölçekli ortofoto haritaları elde edilmiştir. Bunun yanında Orman Genel Müdürlüğünde bitki havzası haritalamalarında, DSİ Genel Müdürlüğünde ve MTA Enstitüsü Genel Direktörlüğü' nde çevre kirliliği ve maden araştırmalarında kullanılmak amacıyla birçok fotogrametrik ölçüm ve tarama cihazı bulunmaktadır. Bunun dışında yerden Fotogrametri tekniği; ODTÜ, İTÜ, KTÜ, YTÜ, HÜ ve SÜ tarafından taşınmaz kültür varlıklarının ve tarihi eserlerin plan ve modellerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır(Gürbüz, 1982).

3.1.2. Fotogrametrinin Sınıflandırılması

Birçok açıdan farklı sınıflandırmalar yapılabilmesine karşın Gürbüz' ün çalışmasında fotogrametrinin sınıflandırılması dört ana başlıkta toplanabilmektedir(1982). Bunlar; uygulama alanına göre, resimlerin çekim yönüne göre, değerlendirme yöntemine göre ve değerlendirilecek objenin büyüklüğüne göre sınıflandırılabilir. 11

- Uygulama Alanına Göre Fotogrametri
 - Teknik Fotogrametri (Mühendislik Fotogrametrisi)
 - Topografik Fotogrametri
 - Topografik Olmayan Fotogrametri
 - Foto Yorumlama
- Resimlerin Çekim Yönüne Göre Fotogrametri
 - Yersel Fotogrametri
 - Hava Fotogrametrisi
 - Uydu Fotogrametrisi
- Değerlendirme Yöntemine Göre Fotogrametri
 - Kullanılan Alet Sistemine Göre:
 - (i) Analog Yöntem
 - (ii) Dijital Yöntem
 - (iii) Analitik Yöntem
 - (iv) Fotografik Yöntem (tek resim veya ortofoto)
 - Elde Edilen Ürünün Türüne Göre:
 - (v) Dijital Değerlendirme (çizgisel,sayısal,fotografik)
 - (vi) Sayısal Değerlendirme
 - (vii) Çizgisel (vektörel gösterim) Değerlendirme
 - (viii) Fotografik Değerlendirme (tek resim veya ortofoto)
- Değerlendirilecek Objenin Büyüklüğüne Göre Fotogrametri
 - Makro Fotogrametri (büyük alanlar, ve kütlelerin değerlemesi)
 - Mikro Fotogrametri (küçük cisimlerin değerlemesi)

Çeşitli sınıflandırmaları verilen ve tarihçe bölümünde anlatıldığı üzere pek çok alanda kullanılmakta olan fotogrametri tekniği mimarlık alanında da sıkça kullanılmaktadır. Mimarlık disiplini açısından sıklıkla tarihi yapıların rölöve çizimlerinin oluşturulmasında

ve yapı hasar tespiti alanlarında kullanılmaktadır(Baltacı, 2011). Bunun yanında mekan ve çevrenin modellenerek analiz edilmesi ve fiziki mekanların dijital ortamda kullanılabilmesi için de fotogrametri tekniğinden yararlanılabilmektedir. Özellikle bu çalışma kapsamında çalışmaya konu mekanın amatör ve profesyonel kameralar ile görüntüleri elde edilerek fotogrametri aracılığı ile modelleri oluşturulmaktadır. Daha sonra bu modellerin; kullanılan cihazlara göre nasıl değiştiği bunun yanında kullanılan cihaz sabitken değişen poz değerlerine göre oluşturulan modellerin kalitesi incelenmektedir.

3.1.3. Fotogrametride Kullanılan Araçlar

3.1.3.1. Kameralar

Tanımından kaynakla fotogrametrinin en temel aracı fotoğraf ve görüntü elde edilmesine yarayan kameralardır. Analog ve dijital olmak üzere pek çok türü bulunmakla birlikte, fotogrametri uygulamaları için metrik kameralar kullanılmaktadır. Metrik kamerayı diğer kameralardan ayıran en büyük özellik; kamera asal uzaklık ve noktasının yani iç yöneltme elemanlarının biliniyor olmasıdır (*Mimari - Yersel Fotogrametri*, 2015). Bunun yanında yüksek film formatları kullanmaları da eklenebilmektedir. Örneğin, kişisel kameralar genellikle geniş açılı lenslerde 24/36mm aralığa sahipken metrik kameralarda bu oran 230/230mm aralığına çıkabilmektedir (Linder, 2009). Metrik kameralarda geniş açı olarak 153mm kullanılırken normal değerinde ise 305mm lensler kullanılmaktadır. **Şekil 3**' de metrik hava kamerasının yandan ve aşağıdan görselleri gösterilmektedir.



Şekil 3. Metrik Hava Kamerası Yandan(sol) ve Aşağıdan(sağ) Görselleri

Kaynak: (Linder, 2009)

Sabit odak uzaklığına sahip büyük hava kameralarının üretim ve kullanım zorluğu, yüksek maliyetleri gibi nedenlerden dolayı bu kameralara alternatif olarak yakın plan çekimlerde kullanılan birçok marka tarafından dijital metrik kameralar piyasaya sürülmüştür(Linder, 2009). Bu kameralar orta ve küçük ölçekteki kullanımlar için uygun olmakla birlikte fotogrametrik olarak doğru ve etkili çözümler sunabilmektedir. **Şekil 4'** de bu tür kamera örneklerine yer verilmektedir.



Şekil 4. Rollei Markasına ait orta(sol) ve küçük(sağ) formatta dijital metrik kamera modelleri

Kaynak: (Linder, 2009)

Fotogrametri için kullanılacak metrik kameralarda dikkat edilmesi gereken bazı hususlar Linder' in kaynağında aşağıdaki gibi listelenmektedir(2009).

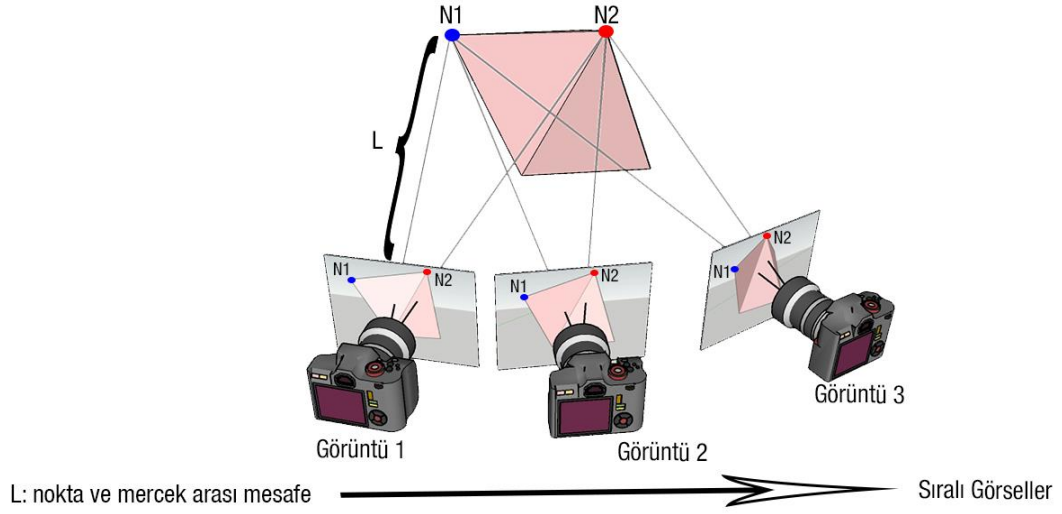
- Genel: Kullanılacak makinenin odak uzaklığı, pozlama süresi(enstantane), diyafram açıklığı (f değeri) ve odaklanması manuel ayarlanabilir olmalıdır. Bu kavramlar genel anlamda asgari gereklilikler olarak tanımlanabilir.
- Çözünürlük: Yüksek piksel değerlerine sahip kameralar aynı zamanda yüksek çözünürlük değerine de sahip olduklarından daha kaliteli görseller elde edilmesinde önem arz etmektedir.
- Odak Uzaklığı: Bu kısımda belirleyici olan optiktir. Değişken odak aralıkları belirleyici değildir.
- Odaklama: Kameranın otomatik odaklamasına ek olarak manuel odaklama imkanı olması makro çekim yapılan görsellerde netliğin istenilen ölçüde elde edilmesini sağlamaktadır.
- Pozlama Süresi (Enstantane): En çok 1 en az 1/1000 saniye örtücü hızları tercih edilmelidir.

- Diyafram Açıklığı (f değeri): En az 1:2.8 f değerinden daha düşük diyafram açıklığı kullanılmamalıdır.
- Görüntü Formatı: Genellikle JPEG veya TIFF formatlı sıkıştırılmış belgeler olarak kayıt altına alınmanın yanında RAW olarak daha sonra görüntü üzerine işlem uygulamaya müsait olarak da dosya kaydı yapılabilir.
- Depolama: Yüksek çözünürlüklü devamlı olarak görüntüler alınacağından buna uygun depolama birimi(SD kart vb.) içermelidir.
- Pil Kapasitesi: Aralıklı çekimlerde uzun çekimlere olanak tanıyacak pil ömrüne sahip olmalıdır.
- Diğer: Yukarıda aktarılan hususlardan ayrıca uzaktan deklanşör, flaş, tripod, yedek pil ve harici depolamalar bulundurulabilir.

Bu maddelerdeki teknik özellikler ve değerler asgari gereklilikler olarak tanımlansa da metrik olmayan kameralar ile alınan, diyafram açıklığı büyük değerlerde olan ya da diğer maddelere uymayan görüntüler de fotogrametri sürecinde kullanılabilir.

3.1.3.2. Bilgisayar ve Yazılımlar

Fotogrametri tekniğinde görsel elde edilmesi aşamasında kameraların kullanılması kadar elde edilen görsellerin sayısal ortamda işlenmesi süreçleri de önem taşımaktadır. Bu amaçla sayısal ortamda görüntülerin işlenmesinde bilgisayarlar ile çeşitli yazılımlar kullanılmaktadır. Temelde bu yazılımlar, fotogrametrinin tanımında da aktarıldığı gibi görüntü üzerinden ölçüler alınarak görüntüye konu obje ya da mekanın 3 boyutlu dijital ortamdaki noktalarının konumunu bulmada kullanılmaktadır. Birbiri ardına çekilen görseller arasında bağlı noktalar bulunarak bu noktaların görseller arasındaki yer değişikliğine göre konumu tespit edilmektedir. Ve bu 3 boyutlu konumu tespit edilen noktalar yazılımlar aracılığı ile 3B dijital model verisine dönüştürülebilmektedir. Kısaca bu konum tespitinden modele geçiş ile ilgili açıklayıcı olan bir görsel, **Şekil 5'** de aktarılmaktadır. Bu resimde görüldüğü üzere birden fazla ve sıralı olarak alınan görüntülerde sabit duran objenin üzerinde belirlenen bazı referans noktaları aracılığı ile objenin konumu ve büyüklüğü ölçülü olarak saptanabilmektedir. Bu yolla aynı objenin 3B nokta bulutu verisi ile 3B dijital modeli de oluşturulabilmektedir.



Şekil 5. Objeye üzerinde referans noktalar tanımlayarak ve sıralı görsellerden yararlanarak 3B dijital model oluşturulması

Pratikte aktarılan bu tekniği yazılıma dönüştüren pek çok program olmakla birlikte en çok tercih edilen 10 fotogrametri yazılımı şu şekilde sıralanabilmektedir (Valdivieso, 2019).

- Autodesk ReCap
- Agisoft Metashape (Photoscan)
- Meshroom
- Pix4D
- PhotoModeler Technologies
- RealityCapture
- Regard3D
- Trimble Inpho
- WebODM
- 3DF Zephyr

Komut ve uygulama pratiği bakımından birbirinden farklı olmalarına rağmen tüm bu programların girdi ve çıktıları benzer özelliktedir. Girdi olarak başta JPEG görsel formatı olmak üzere resimler programa yüklenir ve ardından resimlere konu obje ya da mekanın

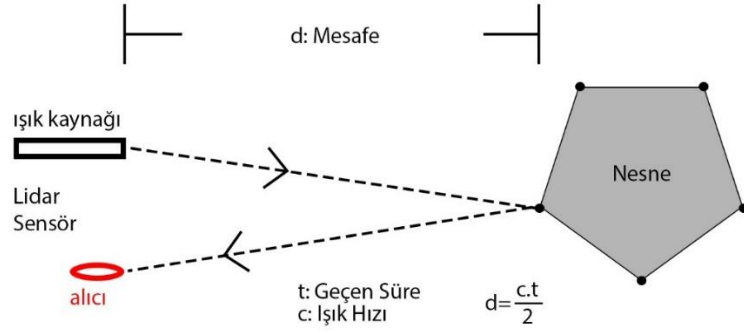
görsellerinden elde edilen 3B nokta bulutu verisi ve 3B dijital model verisi yine benzer formatlarda dışa aktarılır. Bu formatların başlıcalarından söz edilecek olunursa bunlar; obj, stl, 3ds, vb. 3B konum bilgisi içeren dosya formatlarıdır.

3.1.3.3. Diğer Araçlar

Başlıca kullanılan fotoğraf makineleri ile bilgisayar yazılımlarından başka, fotogrametride kullanılabilen yardımcı araçlar bulunmaktadır. Bunlar; kaliteli fotoğraf çekimi yapabilmeyi sağlayan tripot, düşük ışık değeri altında çekim yapılmasını sağlayan flaş ve çeşitli ışık düşürücü yansıtıcılar ile fotogrametri yazılımlarında ortaya çıkan 3B dijital modeli sanal ortamda deneyimlemeyi ve düzenlemeyi sağlayan sanal gerçeklik donanımları olarak sıralanabilmektedir.

3.2. LIDAR

LIDAR ismi, İngilizce “ Light Detection and Ranging” ifadesinin kısaltmasıdır. Bu ifade Türkçe olarak “ışıkla tespit ve ölçüm” anlamına gelmektedir. LIDAR kelimesinin anlamından hareketle; LIDAR, konum bilgisi ve uzayda kapladığı hacmi ölçülmek istenilen nesnelerin yüzeylerine belirli bir kaynaktan ışın gönderilerek bu ışınların kaynağa geri dönüş sürelerinin hesaplanması ile nesnelerin konum ve büyüklük tespiti yapılmasına yarayan bir ölçüm yöntemidir (*STM ThinkTech*, 2020). Son zamanlarda buna benzer olarak “LADAR” ifadesiyle de karşılaşılabilir. Bu ismin farklılığı açılımındaki bir kelime değişikliğinden kaynaklanmaktadır. “Laser Detection and Ranging” olarak ifade edilmesinden dolayı “LADAR” olarak kısaltılabilmektedir. Ancak teorik olarak iki ifade arasında çok büyük farklar olduğu söylenememektedir. Kısaca LADAR, daha spesifik ve dar kapsamlı işlerde kullanılırken LIDAR daha üst ölçek ve kapsamlı ölçümlerde kullanılmaktadır (*L3harris Geospatial*, 2013). LIDAR için ışık kaynağının lazer olması zorunluluğu yoktur. Ancak uygulamalarında en çok lazer ışık kaynakları tercih edilmektedir. LIDAR sensörünün çalışma prensibi **Şekil 6** ‘te verilmektedir (McManamon, 2019). Buna göre LIDAR sensör ve cisim arasındaki uzaklık ölçüsü; kaynaktan çıkan bir ışığın, ölçümü yapılmak istenilen cisim üzerindeki bir noktaya değmesi ve kaynaktan aynı konumda bulunan sensör alıcısı tarafından bu ışığın geri okunması işleminde geçen süre ile ışık hızının çarpılarak ikiye bölünmesi sonucu elde edilmektedir.



Şekil 6. LIDAR sensör çalışma prensibi

LIDAR sensörlerin tarihi incelendiğinde, ilk çalışmaların lazer öncesi döneme uzandığı görülmektedir(Weitkamp, 2005). Üst atmosferdeki hava yoğunluğu profillerinin ölçümünde projektör ışınlarından saçılma yoğunluğunun belirlenmesi metodunun kullanımı ilk girişimler olarak kabul görmektedir(Rothe vd., 1974). Daha sonra 1938’ de ilk kez ışık darbeleri, bulut tabanı yüksekliklerini ölçmede kullanılmıştır(Young & Kattawar, 1983). Alıcı ve vericinin yan yana yerleştirilerek yükseklik bilgisinin sinyal algılama ve darbe emisyonu arasındaki gidiş-dönüş süresinden çıkarıldığı bir kurulumla ölçüm sağlanmış ve 1953 ‘te bu ölçüm tekniği için LIDAR kısaltması ilk kez Middleton ve Spilhaus tarafından duyurulmuştur. Ardından 1960’ ta lazerin gelişimi ile LIDAR teknolojilerin ilerleyişi hız kazanmıştır (Weitkamp, 2005). Günümüzde geniş çaplı pek çok alanda kullanılmakta olan LIDAR teknolojilerin birkaç kullanım alanından bahsedilecek olunursa bunlar;

- Otonom araçlar
- Tarım
- Nehirler
- Arkeoloji
- Video oyunları
- Şehir planlama
- Canlı Çeşitliliği
- Kaza mahali
- Ordu

başlıkları altında sıralanabilmektedir(*STM ThinkTech*, 2020). Ayrıca LIDAR teknolojileri mimari alanda koruma ve belgeleme amacıyla da kullanılabilir. Bu aşamada, temelinde LIDAR kurulumu olan lazer tarayıcılardan bahsetmek mümkündür.

3.2.1. Lazer Tarayıcılar

Günümüzde pek çok belgeleme yönteminden biri olarak, 3B lazer tarama, mimari yapıların 3B taranarak modellenmesi ve belgelenmesine hizmet etmektedir. LIDAR çalışma prensibinde aktarıldığı üzere lazer tarayıcılar, tarama yapılacak konu üzerine binlerce ya da milyonlarca nokta atarak bunların geri dönüş süreleri ile konumlarını belirleyip 3B veriye dönüştürebilen sistemlerdir(Balcı, 2022). Lazer tarama sistemleri farklı başlıklar altında sınıflandırılabilir. Balcı 'nın çalışmasında bu sınıflandırma;

- Havasal Lazer Tarama
- Yersel Lazer Tarama
 - El Tipi
 - Giyilebilir
 - Mobil
 - Sabit

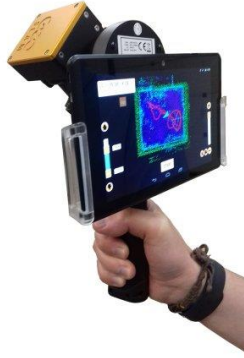
şeklinde belirtilmektedir(Balcı, 2022). Lazer tarama cihazının yanında, IMU ve GPS sistemlerinin bir hava aracına yerleştirilerek havadan taranan yüzeylere koordinat ve yükseklik değerleri atayarak nokta bulutu oluşturulmasına hava LIDAR denir(*Delta Lidar*, 2022). **Şekil 7**, bu LIDAR türüne örnek gösterilebilmektedir.



Şekil 7. Hava LIDAR

Kaynak: (*Delta Lidar*, 2022)

Hava LIDAR büyük ölçekli alanlarda kullanılırken daha küçük ölçekli ve detaylı alanlarda Yersel LIDAR kullanılmaktadır. Yersel LIDAR başlığı altında pek çok farklı cihazdan bahsedilebilmektedir. Bunlardan ilki olarak el tipi ya da mobil tarama cihazları ele alınabilmektedir. Balcı (2022)' nın yaptığı sınıflandırmada mobil tarayıcılar olarak ayrı bir sınıflandırma oluşturulsa da aslına el tipi ve giyilebilir tarayıcılar da mobil tarama cihazları sınıfına dahil edilebilmektedir. El tipi tarayıcılar boyutları bir insanın eliyle kontrol edebileceği ölçekte olan cihazlardır. **Şekil 8**, buna örnek gösterilebilmektedir.



Şekil 8. Zeb-Revo RT el tipi lazer tarayıcı

Kaynak: (Geomatics Group, 2022)

Lazer tarayıcılar için; lazer atabildiği maksimum mesafe, saniyede attığı nokta sayısı ve elde ettiği ham veri boyutu, diğer tarayıcılar ile kıyaslanırken dikkat edilen özelliklerdir. Bu bilgiler ışığında **Şekil 8** 'da verilen el tipi lazer tarayıcı için maksimum menzil 30m, saniyede attığı nokta sayısı 43,000 ve elde ettiği ham veri boyutu 100mb olarak bilinmektedir(Geomatics Group, 2022). Mobil lazer tarayıcılara bir diğer örnek giyilebilir cihazlardan verilebilmektedir. Bu cihaz **Şekil 9** 'de gösterilmektedir.



Şekil 9. Zeb Locate sırt tipi lidar (GNSS 'li)

Kaynak: (Geomatics Group, 2022)

İnsan sırtına giyilerek taranmak istenilen mekanın içerisinde veya çevresinde gezilerek lazer tarama yapılabilmektedir. Mobil cihazların ardından son olarak sabit lazer tarayıcılardan bahsedilebilmektedir. Sabit lazer tarayıcılar isminden de anlaşılacağı gibi üç ayaklı sehpasının üzerinde, bulunduğu konumdan lazer atarak tarama işlemini gerçekleştirmektedir. Bu tür cihazlara **Şekil 10** örnek gösterilebilmektedir.



Şekil 10. Trimble TX8 lazer tarayıcı

Kaynak: (Geomatics Group, 2022)

Sabit lazer tarayıcılar mobil olanlara göre daha yüksek mesafelere, daha fazla sayıda nokta atabilmektedir. Piyasada çokça kullanılan iki farklı lazer tarayıcının özelliklerinin kıyaslanmasıyla **Şekil 8** 'da yer alan el tipi lazer tarayıcıdan hangi özellikler bakımından daha gelişmiş oldukları ortaya konulmak istenmektedir. Bu amaçla **Şekil 11** ve **Şekil 12** 'da iki farklı sabit lazer tarama cihazı ve özellikleri gösterilmektedir.

	Özellik	Değeri
	Batarya Süresi	4.5 h
	Batarya Adedi	2
	Uygun Çalışma Sıcaklığı	5-40 C°
	Ağırlığı	4.2 kg
	Uzunluk Ölçüleri	240*200*100 mm
	Uzaklık Hassasiyeti	±1 mm
	Veri Alma Mesafesi	0.6-350 m
	Çözünürlük	165 MP
	Ölçüm Hızı	976.000 nokta/sn
	SD Kart	32 GB
	Ölçme Prensipleri	Time of Flight
	Görüş Alanı	360° yatay 300° düşey

Şekil 11. FARO Focus S 350 lazer tarayıcı

Kaynak: (FARO Focus , 2022)

	Özellik	Değeri
	Batarya Süresi	8 h
	Batarya Adedi	2
	Uygun Çalışma Sıcaklığı	(-5)-40 C°
	Ağırlığı	5.35 kg
	Uzunluk Ölçütleri	120*240*230 mm
	Uzaklık Hassasiyeti	±1 mm
	Veri Alma Mesafesi	0.5 -130 m
	Çözünürlük	432 MP
	Ölçüm Hızı	2 Mn nokta/sn
	SD Kart	32 GB
Ölçme Prensibi	Time of Flight	
Görüş Alanı	360° yatay 300° düşey	

Şekil 12. LEICA RTC360 lazer tarayıcı

Kaynak: (Leica RTC360 , 2022)

Verilen iki cihaz arasındaki özelliklere bakıldığında FARO marka cihazın LEICA 'ya göre daha yüksek mesafeye lazer gönderebilirken daha az batarya süresine sahip olduğu görülmektedir. Aynı zamanda LEICA marka cihazın saniyede attığı nokta sayısı iki kat fazla çözünürlüğü diğerine göre daha büyüktür. Bu farklar cihazların piyasa fiyatlarına da etki etmektedir. FARO Focus S 350 lazer tarayıcı, Alibaba e-ticaret şirketinin web sitesinde 65,000 USD fiyat ile satılmaktadır(Alibaba, 2022). LEICA RT360 lazer tarayıcı ise başka bir e-ticaret sitesinde 81,000 USD fiyat ile satılmaktadır(Kuker-Ranken, 2022). Özellik ve piyasa fiyatları incelendiğinde FARO marka cihazın diğerine göre daha ulaşılabilir bir cihaz olduğu söylenebilmektedir.

	Geleneksel röle ve tekniği ile belgeleme	Fotogrametri ile belgeleme	Lazer tarama ile belgeleme
Alan çalışmasının süresi	38 saat	1/3 saat	8 saat
Büro çalışmasının süresi	26 saat	5 saat	12 saat
Alan çalışmasında gerekli minimum personel sayısı	3	1	1
Alan çalışmasında gerekli minimum teknik personel sayısı	3 (Geleneksel röle ve tekniğini bilen en az bir kişi)	0 (Sadece ekipman kullanmayı bilen bir kişi yeterli)	0 (Sadece ekipman kullanmayı bilen bir kişi yeterli)
Büro çalışmasında gerekli minimum teknik personel sayısı	1 (Geleneksel röle ve tekniğini bilen en az 1 mimar)	1 (En az 1 mimar)	1 (En az 1 mimar)
Yatırım maliyeti (İlk maliyet)*	365 TL	21.334 TL	350.000TL
Yıllık işletme maliyeti (yazılım maliyeti, kalem kâğıt gibi sarf malzeme maliyeti vb.)	22 TL	1.485 TL	7.096 TL
*Bilgisayar ve çizim programı hepsi için gerekli olduğundan bu karşılaştırmaya dahil edilmemiştir. Çalışmada kullanılan ekipmanların ve yazılımların fiyatları toplanarak hesaplanmıştır.			

Şekil 13. Üç farklı belgeleme metodunun farklı değişkenlere göre kıyaslanması

Kaynak: (Balcı, 2022)

Buna rağmen her türlü lazer tarayıcı için ilk alım maliyeti, kullanıcılara ciddi mali yükler getirebilmektedir. Bu maliyete dair Balcı 'nın (2022) çalışmasında ortaya koyduğu geleneksel rölöve, fotogrametri ve lazer tarama yöntemlerinin toplam maliyet kıyaslaması örnek gösterilebilmektedir. Bu kıyaslama **Şekil 13** 'de gösterilmektedir. Bu yüzden kurumsal bir işletmeye sahip olmayan, gerçek kişiler tarafından bir lazer tarayıcıya ulaşmak pek mümkün olmamaktadır. Bireysel kullanıcıların LIDAR teknolojilere ulaşımına katkı sunmak için tanınmış akıllı telefon markalarından Apple, günümüzde ürettiği akıllı telefon ve tabletlere LIDAR sensörler eklemektedir(*Apple, 2020*).

3.2.2. Akıllı Telefonlarda Lidar

Apple markasının iPhone 12 pro akıllı telefon modeli ile başlattığı LIDAR tarayıcı özelliğinin akıllı telefon dünyasına girmesiyle, lazer tarama teknolojisi bireye indirgenmektedir. Ekim 2020' de İlk LIDAR sensörlü telefonu duyurduğunda, Apple web sitesinde; "LIDAR teknolojisi Mars yüzeyini tarıyor ve şimdi oturma odanızda" söylemiyle bunu lanse etmiştir(*Apple, 2020*). Bu söylemin de temelinde yatan fikir doğrultusunda, bireyden çok uzak bir teknoloji olan LIDAR sistemlerin artık akıllı telefonlar vasıtasıyla daha ulaşılabilir olduğu vurgulanmaktadır. Digital 2022 Ekim ayı raporuna göre; dünya üzerinde 7.99 milyar insan yaşamakta ve bu popülasyonun %68.6 'sı olan 5.48 milyar insan cep telefonu kullanıcısıdır(Kemp, 2022b). Aynı raporun Şubat ayı Türkiye verisine göre; ülkemizde 85.30 milyon insan yaşamakta ve bu popülasyonun %91.4 'ü olan 78 milyon kişi cep telefonu kullanmaktadır(Kemp, 2022a). Hem dünyada hem ülkemizde bakıldığı zaman cep telefonu ve akıllı telefonlar günümüzde çok sayıda insan tarafından kullanılmaktadır. Bunun sonucu olarak daha önce aktarıldığı gibi LIDAR teknolojilerin akıllı telefonlar ile entegrasyonun kaçınılmaz olduğu gibi bu sensöre sahip akıllı telefon ya da tabletler için GPS, GNSS, GLONASS bağlantısı sağlayan aparatlar üretilmektedir. Mevcut durumda, akıllı telefon ve tabletlerdeki LIDAR sensörler çevresinden 5m uzaklığa kadar olan nesne veya yüzeylerin uzaklıklarını ölçerek tarama işlemi gerçekleştirmektedir(*Apple, 2020*). Bu mesafelerin artırılması ve yapılan tarama esnasında oluşturulan nokta bulutu verisindeki noktalar için coğrafi konum bilgisi girilerek 3B modeller oluşturulması işlemlerinde kullanılmak üzere Vidoc firması tarafından mobil cihazlara eklenen RTK antenler üretilmektedir. Gerçek zamanlı konum bilgisi işleyerek tarama işlemi yapılmasına olanak tanıyan bu anten; iPhone 12

pro ve üstü model akıllı telefonlar ile iPad pro tablete eklemlenebilmektedir. Bu cihazların üzerindeki LIDAR sensörleri kullanan anten ile yapılan taramalar sonucu ortaya çıkan modellerde en fazla 5cm 'e kadar coğrafi sapma olduğu görülmektedir(ViDoc RTK, 2022). Alman viGram GmbH şirketi tarafından piyasaya sürülen bu antenler ve mobil cihazlara entegre olma biçimleri **Şekil 14** 'de gösterilmektedir.



Şekil 14. viDoc RTK anteni ve mobil cihazlarla entegrasyonu

Kaynak: (ViDoc RTK, 2022)

Her ne kadar mobil cihazlar ile lazer tarama yapılmasının yolu açılıp, insanlar tarafından büyük bütçeler gerektiren lazer tarama cihazları ikame edilmiş olsa da hala kolay ulaşılabilen bir teknoloji değildir. Çünkü RTK anteni olmadan telefonlardaki LIDAR sensörler daha öncede belirtildiği gibi sadece 5m mesafe içerisinde ölçüm yapabilmektedir. Zaten hali hazırda ülkemizde 20,000 tl fiyattan başlayarak 50,000 tl' ye kadar yükselebilen Apple marka akıllı telefon ve tabletlerin üzerine bir de 6000 USD değerindeki RTK antenlerin alınarak kullanılabilmesi erişilebilirliği zorlaştırmaktadır. Üstelik sadece cihazları elde etmek yeterli olmamaktadır. Zira yapılan tarama sonucu tespit edilen nokta bulutunun işlenerek 3B model haline gelebilmesi için bazı yazılımlar kullanılmalıdır. Bu yazılımların lisansları da yüksek fiyatlara ulaşabilmektedir. Günümüzde, LIDAR teknolojisinin bireysel kullanımı yolunda hızlı gelişmeler yaşansa da halen 3B model oluşturmada sadece görüntü girdisi gerektiren fotogrametriye göre ulaşılması ve yürütülmesi zor bir metottur.

3.3. Dijitalleştirmede Kullanılan Yazılımlar

Fotogrametri ve LIDAR gibi nokta tespiti ve ölçümü yaparak nokta bulutu oluşturmada kullanılan yöntemlerin bilgisayar ortamında pek çok yazılım ile yürütülebildiği bilinmektedir. Bu başlık altında, bu programlardan bazıları yer almaktadır.

3.3.1. Agisoft Metashape

Bu çalışma kapsamında yürütülen tüm 3B modelleme işlemlerinde fotogrametri programı olarak Agisoft Metashape Professional programı kullanılmaktadır. Agisoft Metashape, farklı ölçeklerdeki obje ve mekanların görsellerinin fotogrametrik işlenmesini gerçekleştiren ve 3B mekânsal veriler üreten bir yazılımdır (*Agisoft Metashape Professional*, 2021). Yazılımın işleyiş prensibi, tanımlanmasından da anlaşılacağı üzere 3B modeli oluşturulmak istenilen mekan ya da nesnenin ardışık görsellerinin programa yüklenerek görseller arasındaki bağlantı noktaları aracılığıyla nokta bulutu oluşturulması, onun da nihayetinde yüzey ataması sonucu 3B model elde edilmesini sağlamaktadır. Programın modelleme sürecine dair detaylı bilgi, fotogrametri ile doğrudan veri elde edilmesi başlığı altında bir kültürel mirasın 3B modellenmesi örneği üzerinden aktarılmaktadır.

3.3.2. Diğer Yazılımlar

Daha öncede belirtildiği gibi fotogrametri ya da LIDAR sistemleri için pek çok şirket tarafından lisans satışı yoluyla piyasaya sürülen ve 3B modelleme süreçlerinin yürütüldüğü, ayrıca program çıktısı olarak 3B veri içeren dosya formatları (LAS, OBJ, STL,vb) verebilen yazılımlar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda listelenmektedir;

- Autodesk ReCap: Autodesk firması tarafından satışa konulmuş yıllık 360 USD lisans ücretiyle sahip olunabilen bir yazılımdır(*Autodesk - ReCap*, 2022). Lazer taramayla elde edilen nokta bulutu içeriğini işlemede ve fotogrametri ile görsellerden 3B model oluşturulması süreçlerinde kullanılmaktadır.
- Pix4D: Fotogrametride ve jeo-uzamsal ölçümlerde kullanılan bir yazılım olmasına karşın pazarında lider bir program olarak bilinmektedir(*Pix4D*, 2022). Akıllı telefonlarda LIDAR teknolojilerinden bahsedilirken örnek gösterilen

viDoc RTK anten cihazı ile uyumlu çalışabilmektedir. Daha pek çok tarayıcı ile entegre çalışabilen programın disiplinler arası eklentileri mevcuttur. Bunlar;

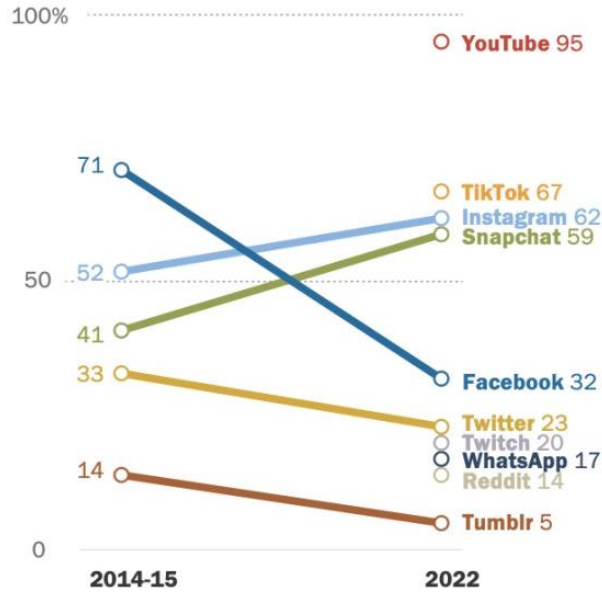
- Pix4Dmapper
- Pix4Dsurvey
- Pix4Dmatic
- Pix4Dcloud

gibi sıralanabilmektedir(*Pix4D*, 2022).

- PhotoModeler: Bir fotogrametri yazılımı olan PhotoModeler, sıradan bir kamerayla çekilmiş fotoğraflardan modeller oluşturarak ölçümlerini çıkarmaktadır. Bunun yanında kullanıcıları 2B veya 3B ölçüm, 3B tarama, gerçeklik yakalama ve fotoğraf sayısallaştırma işlemlerini yapabilmektedir (*PhotoModeler*, 2022).
- RealityCapture: “Gerçekliği yakalamak” isminden de anlaşılacağı üzere fotoğraf temelli modellemede kullanılan son teknoloji bir fotogrametri yazılım çözümüdür. Son çıkardığı RealityScan mobil uygulamasıyla, akıllı telefon ile fotoğrafları elde edilen nesnelerin, yine akıllı telefon üzerinde 3B olarak modellemesinin önünü açmaktadır(*Capturingreality*, 2022).

4. SOSYAL MEDYA

Kullanıcıların açıklama, bilgi ve düşünce paylaşımı yaparak karşılıklı etkileşime girebildikleri çevrimiçi web siteleri ve bunların araçları “sosyal medya” olarak tanımlanabilmektedir. İnternet ağı, sosyal etkileşimi kolaylaştırmak adına kurgulanmış olmasına rağmen web 2.0’ın milenyumun ilk on yılında hızla ilerlemesi ve yayılması, web kullanımının sosyal zeminlerinde radikal bir sıçramaya neden olmuştur. Çevrimiçi olarak veri depolanmanın maliyetlerindeki düşüş internet kullanıcılarına, ilk kez kendilerine ait içeriklere yer verebilecekleri bir alana erişim hakkı sunmuş ve bu alanları birbirlerine sanal ortamda bağlayarak kullanıcıların karşılıklı etkileşime girebilmelerinin önünü açmıştır(Obar & Wildman, 2015). Blog yazıları ile başlayan sosyal medya paylaşımları, Facebook ile beraber görsel ve işitsel medyanın kolayca paylaşılarak etkileşime girilebildiği bir hal almıştır. Kurulduğu günden bugüne varlığını koruyabilen Facebook sosyal paylaşım sitesi, günümüzde etkinliğini yitirmektedir. Amerika ‘da 2014-15 ve 2022 yılları arasında 13-17 yaş gençler ile yapılan bir anket çalışması sonucu, 2014 yılında en popüler sosyal paylaşım platformu Facebook sitesiyken, bu konumunu günümüzde TikTok adlı sosyal medya uygulamasına bıraktığı görülmektedir(Vogels vd., 2022). Bu çalışmaya göre sosyal medya uygulamalarının gençler arasındaki takip edilme ve kullanılma oranlarını gösteren grafik, **Şekil 15** ‘de görülmektedir.



Şekil 15. 13-17 yaş aralığında gençler ile yapılan anket sonucunda yıllara göre değişen takip ettikleri ve kullandıkları sosyal medya uygulamaları ve oranları

Kaynak: (Vogels vd., 2022)

Görüldüğü üzere gençler arasında yüzde 71 gibi yüksek bir oranda kullanılan Facebook sosyal medya uygulaması günümüzde yüzde 32 oranlarına düşmüştür. Bu düşüşün nedeni olarak daha başka alternatif uygulamaların varoluşu gösterilebilmektedir. Bu uygulamalardan YouTube video paylaşım sitesi, gençlerin yüzde 95 gibi çok yüksek bir oranda takip ettikleri ve kullandıkları bir platformdur(Vogels vd., 2022). Amerika ve gençler özelinde verilen istatistikler her ne kadar sosyal medya uygulamalarının yaygınlaşmasına ışık tutsa da genele yayılamaz. Bu amaçla başka bir dijital araştırmalar yapan kurum olan Datareportal tarafından hazırlanmış, Ekim 2022 küresel raporuna göre; dünya üzerinde yer alan 7.99 milyar insandan, 5.07 milyarı internet kullanıcısı, 4.74 milyarı da sosyal medya kullanıcısıdır(Kemp, 2022b). Bu rapora göre sosyal medya kullanıcı sayısı, yıldan yıla 190 milyon yeni kullanıcıyla artmaktadır. Aynı raporda 16-64 yaş arasındaki insanların günlük ortalama olarak 2 saat 28 dakika, sosyal medyada vakit geçirdikleri belirtilmekte olup sosyal medya kullanıcılarının nüfuslarına oranı en yüksek olan ülkelerin batı Avrupa’da, en düşük olan ülkelerin ise orta Afrika’da yer aldığı vurgulanmaktadır. Bunun yanında her ne kadar popülerliğini yitirse de Facebook 2.9 milyar kullanıcı sayısı ile halen zirvede yer alan bir sosyal medya uygulamasıyken, 16-64 yaş kullanıcılar arasında en popüler uygulamanın Whatsapp olduğu görülmektedir(Kemp, 2022b). Aynı perspektif ile ülkemize dönülecek olursa; 85.3 milyon kişiden oluşan popülasyonun 69.95 milyonunun internet kullanıcısı, 68.90 milyonunun da sosyal medya kullanıcısı olduğu görülmektedir(Kemp, 2022a). Datareportal kuruluşunun Digital 2022 – Türkiye raporuna göre; ülkemizde 16-64 yaş arasındaki sosyal medya kullanıcıları, bu platformlarda günlük ortalama 2 saat 59 dakika zaman geçirmektedir. Yine ülkemizde 16-64 yaş aralığındaki sosyal medya kullanıcıları arasında en popüler sosyal medya uygulaması yüzde 48.6 ile Instagram olurken yüzde 19.8 oranla onu takip eden Whatsapp, ikinci sırada yer almaktadır(Kemp, 2022a). Dünyada ve ülkemizdeki sosyal medya kullanıcı sayılarına ve sosyal medyada geçirdikleri ortalama zamanlara bakıldığında, sosyal medyanın günümüz dünyasında yaşayan ortalama bir bireyin hayatında önemli bir yeri olduğu söylenebilmektedir. Buna ek olarak sosyal medyanın, bu çalışma kapsamında görsel veri stoğu olarak değerlendirilmesinden dolayı fotogrametri ile 3B model oluşturulması süreçlerinde de önemli bir yeri vardır. Bünyesinde bulundurduğu fotoğraf ve video kayıtları ile ciddi bir kaynak sağlamanın yanında 3B veri sağlamada da etkili bir platformdur.

4.1. 3B Veri Kullanan Sosyal Medya Uygulamaları

Bu başlık altında 3B veri kullanabilen ve aktarabilen sosyal medya uygulamalarından bahsedilmektedir. Bu uygulamalar üzerinde paylaşılabilen ve diğer kullanıcıların etkileşimine sunulabilen 3B verilerin bu etkileşim ve paylaşımlardaki yeri, iki adet örnek uygulama üzerinden aktarılmaktadır.

4.1.1. Meta Horizon Örneği

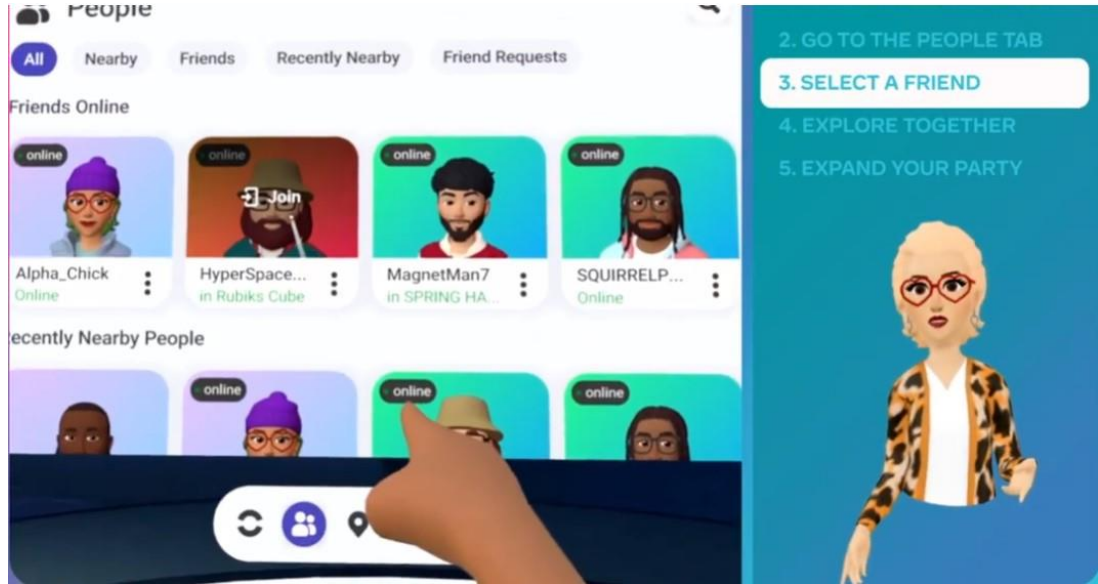
Facebook şirketinin 2016 yılında getirdiği yeni bir altyapı uygulaması olan Facebook 360, kullanıcıların kendi sayfalarında küresel fotoğraf ve video görüntüleri paylaşabilmelerinin önünü açmıştır. Bu uygulama aracılığıyla kullanıcılar 360 derece kameraları ile çektikleri, ya da akıllı telefonlar ile panoramik olarak kaydettikleri görüntüleri sayfalarında paylaşabilmektedir. Bunun yanında kullanıcılar, başka kullanıcılar tarafından yüklenen 360 derece görüntüleri de Facebook arayüzünde deneyimleyebilmektedir. Bu uygulama ile amaçlanan, dijital ortamda paylaşılan 3B içeriklerin gerçekliğini kullanıcılara sarmallık ile aktarabilmektir(Kaplanseren, 2016). Facebook 360 uygulamasının arayüzünde görüntü alma işlemine dair görsel **Şekil 16** 'te yer almaktadır.



Şekil 16. Facebook 360 ile görüntü kaydedilmesi

Kaynak: (Kaplanseren, 2016)

Facebook şirketi tarafından sarmallık ve sanal gerçeklik üzerine atılan çokça adım yürütülen çokça çalışma bulunmaktadır. Bu adımlardan biri 2014 yılında, sarmal sanal gerçeklik gözlüğü üreticisi olan Oculus markasının Facebook şirketi tarafından satın alınmasıdır. Şirket 2021 yılı Ekim ayında aldığı kararla isim değişikliğine giderek, facebook, instagram, whatsapp gibi alt markaların korunduğunu ancak üst şirket isminin artık Facebook değil Meta olduğunu duyurmuştur. Bu duyuru sonrasında tüm alt markalar varlığını korurken VR gözlük üreticisi Oculus markasının adı değişerek doğrudan Meta olmuştur(Matney, 2021). Bir sanal gerçeklik gözlüğü markası olan Oculus' u bünyesine katan, eski adıyla Facebook, güncel adıyla Meta şirketi 2020 yılında Facebook Horizon adlı uygulamasını kullanıcı hizmetine sunmuştur. Facebook Horizon, sanal gerçeklik ortamında kullanılan ve kullanıcıların kendi avatarlarını tasarlayarak diğer kullanıcılar ile etkileşime girebildiği bir sosyal medya uygulamasıdır(Ersan, 2022). Doğal olarak 2021 yılında şirketin isim değişikliği, 2020 yılında çıkan Horizon uygulaması için de geçerli olmaktadır. Güncel ismi Meta Horizon olan uygulama Meta Quest VR gözlüklerindeki arayüzden temin edilebilmektedir(Oculus, 2022) Meta Horizon uygulamasının VR gözlük arayüzündeki kullanıcı tarafından görümü **Şekil 17** 'te gösterilmektedir.



Şekil 17. VR gözlük üzerinde Meta Horizon uygulaması arayüzü

Kaynak: (Oculus, 2022)

Uygulamaya bağlanan kullanıcılar sanal gerçeklik ortamında avatarlarını, oyun alanlarını ve yapacakları etkinlikleri tasarlayıp burada diğer kullanıcılar ile etkileşime geçebilmektedir. Örneğin, kullanıcı tarafından oluşturulan bir plazaya, kullanıcının

sosyal ağdaki arkadaşları davet edilebilir, Bu misafirler için ya da kullanıcının kendisi için seçtiği giysiler avatarların üzerinde denenebilmektedir. Kısaca, bir kullanıcı uygulamaya bağlandığında gerçeklik ile deneyimlerini yaşayabileceği çok etkileşimli bir dünyaya kapı açmaktadır(Ersan, 2022). Meta Horizon üzerinde bir kullanıcının arkadaşları ile sanal gerçeklik ortamında bir kafede yaptığı etkinlik **Şekil 18** 'te gösterilmektedir.



Şekil 18. Meta Horizon kullanıcısının takipçileri ile sanal gerçeklik ortamında bir kafede yaptığı etkinlik

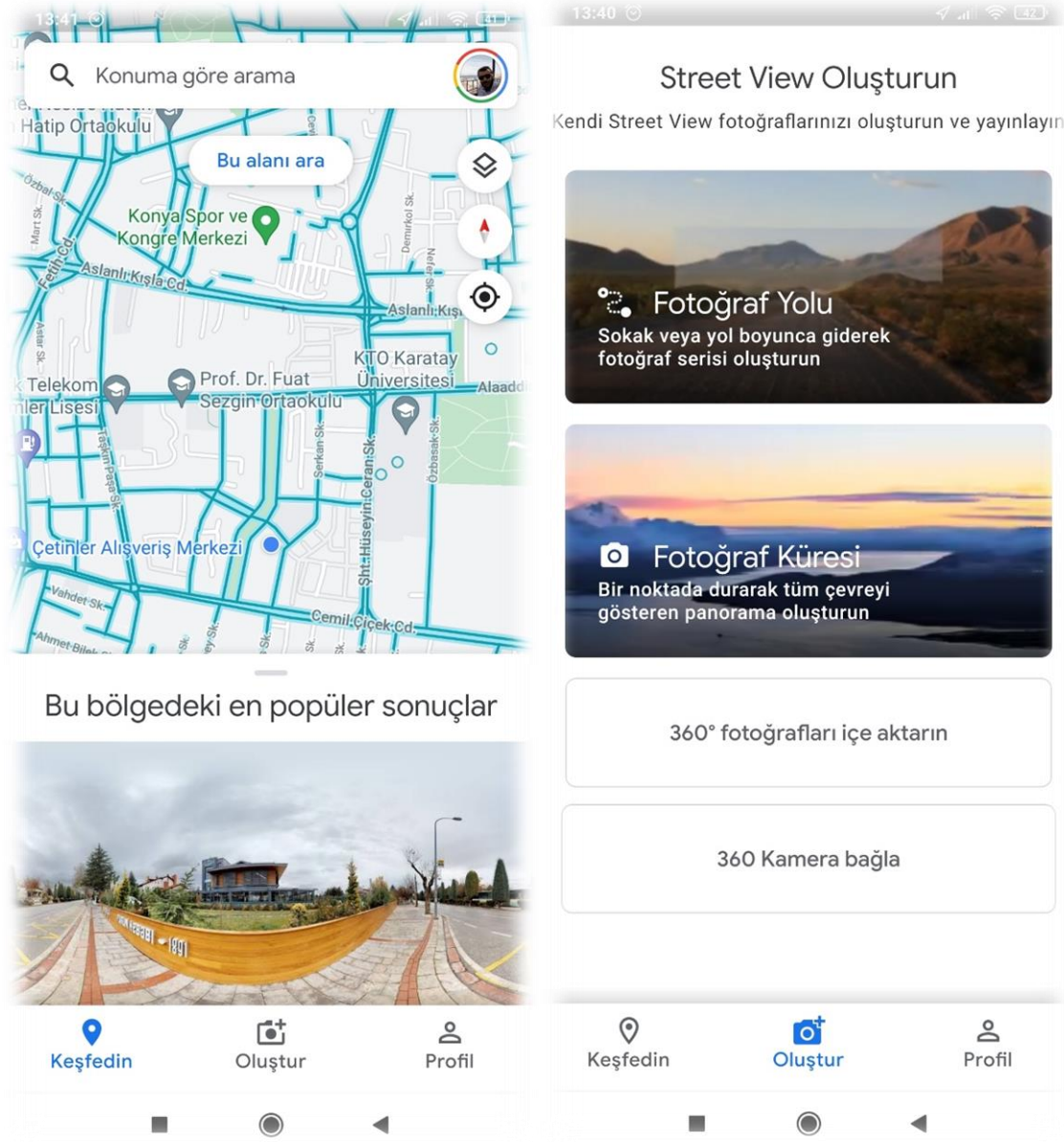
Kaynak: (Oculus, 2022)

Bu etkinlikteki kullanıcı etkileşimleri ile Meta Horizon, kullanıcılarının gerçek dünyadaki sosyal yaşantılarını çok etkileşimli bir sanal dünyaya taşıyabilmektedir. Bu yönüyle de 3B veri oluşturulması ve yaygınlaştırılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

4.1.2. Google Street View Örneği

Bir başka sosyal paylaşımına açık olan uygulama örneği olarak Goog Street View uygulaması gösterilebilmektedir. Google resmi sitesinde; “Google Haritalar’ ın bir özelliği olan Street View, milyonlarca panoramik görüntüden oluşur ve Google Haritalar’ da sanal olarak etrafı görmemizi sağlar. Street View içeriği, Google ve katkıda bulunan kullanıcılarımız olmak üzere iki kaynaktan gelir. Birlikte yürüttüğümüz bu ortak çalışma sayesinde, dünyanın dört bir yanındaki kullanıcılarımıza dünyayı sanal olarak keşfetme olanağı sunuyoruz.” aktarımıyla yer almaktadır(Street View, 2022). Street View

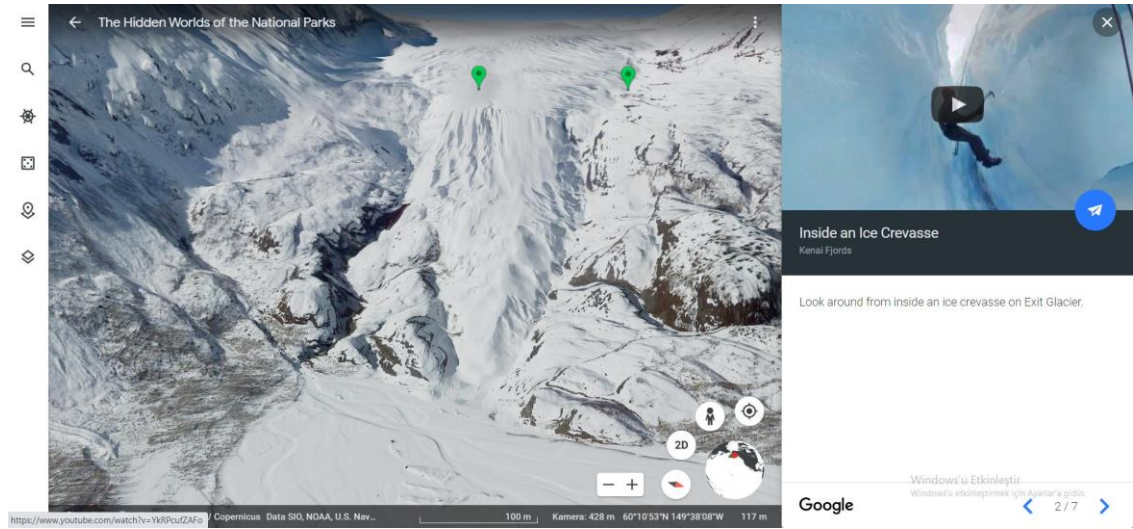
uygulaması aynı zamanda bir mobil uygulama olması sebebiyle; kullanıcıların gezinti yapabildiği etkileşimli bir harita üzerinde, kayıt altına aldıkları 360 derece fotoğraf ya da panoramik görüntüleri diğer kullanıcılar ile paylaşabilmelerini sağlamaktadır. Bu paylaşımlar yoluyla kullanıcılar birbiri ile etkileşime geçebilmekte ve belirledikleri rotalar üzerinde sanal turlar yapabilmektedir(Street View, 2022). Uygulamanın mobil arayüz görüntüleri Şekil 19 'da gösterilmektedir.



Şekil 19. Street View uygulaması konum(sol) ve veri yükleme(sağ) arayüzü

Kaynak: (Street View, 2022)

Street View uygulamasına ek olarak, konum tabanlı sosyal etkileşim sağlayan uygulamalara yine bir Google hizmeti olan Earth uygulaması gösterilebilmektedir. Google Earth, 2005 yılında piyasaya sürülen dünyamıza ait ilk yaygın harita olarak bilinmektedir. Uygulama, 1984' e kadar NASA tarafından kayıt altına alınan uydu görüntülerine sahiptir. Buna ek olarak dünya üzerindeki değişiklikler, sürekli olarak alınan yeni görüntülere göre harita üzerinde güncellenmektedir. Google tarafından elde edilen milyarlarca uydu ve hava fotoğrafının dijital ortamda birleştirilmesiyle dünyaya ait küresel bir model elde edilmektedir. Uygulamanın kullandığı modelleme yöntemiyle bir çok açıdan görüntüsü ve hava fotoğrafı bulunan alanlarda, kullanıcıya 3B deneyimler sunulabilmektedir(Yılmaz, 2020). Google Earth üzerinde kullanıcılar tarafından konumlar belirlenebilmekte ve belirlenen bu konumlar arasında oluşturulmuş gezintilerin animasyon görüntüleri alınabilmektedir. Bunun yanında yine bir Google alt markası olan YouTube video paylaşım sitesindeki kullanıcılar tarafından yüklenen içeriklerin, konum tabanlı olarak Google Earth üzerinden paylaşılabilmesi mümkündür. Buna örnek olarak, Kenai Fjords adlı kullanıcı tarafından YouTube uygulamasına yüklenen bir tırmanış videosunun Google Earth üzerindeki konumunda paylaşılması gösterilebilmektedir(Google Earth, 2021). Bu paylaşıma dair bir görüntü, Şekil 20 'de yer almaktadır.



Şekil 20. Google Earth uygulamasında etkinlik konumunda paylaşılan bir video

Kaynak: (Google Earth, 2021)

Street View, Google Haritalar ve diğer Google uygulamaları ile senkronize olarak çalışabilen Google Earth uygulaması üzerinden KMZ veya KML uzantılı dosya

formatlarında, yükseklik ve koordinat bilgisi içeren 3B veri elde edilebilmektedir(*Google Earth*, 2021). Aynı şekilde bu dosya formatlarında programa model yüklenebilmekte bu yolla eldeki 3B dijital modellerin konum tanımları da yapılmaktadır. Gündelik yaşantıda kullanılan akıllı telefonlardaki konum özelliğinin getirdiği bir fırsat olarak, kullanıcıların haritalar üzerinde yaptıkları aylık ve yıllık hareketler Google tarafından depolanarak yine kullanıcılar ile paylaşılabilir. Kullanıcıların gezi planı çevresinde gittikleri yerlerde çektikleri fotoğraf ve videoların konum tanımlı olarak kayıt altına alınabilmesi, uzun vadede kullanıcının hareketliliğine dair bir hafıza kesiti oluşturabilmektedir. Bu şekilde hem veri elde etme yöntemiyle hem de platform üzerindeki kayıtlı verileri ile sunduğu olanaklardan dolayı, Google Street View ve Google Earth uygulamaları, 3B verilerin üretilerek konum tabanlı olarak saklanmasında etkin rol oynayan sosyal platformlardır.

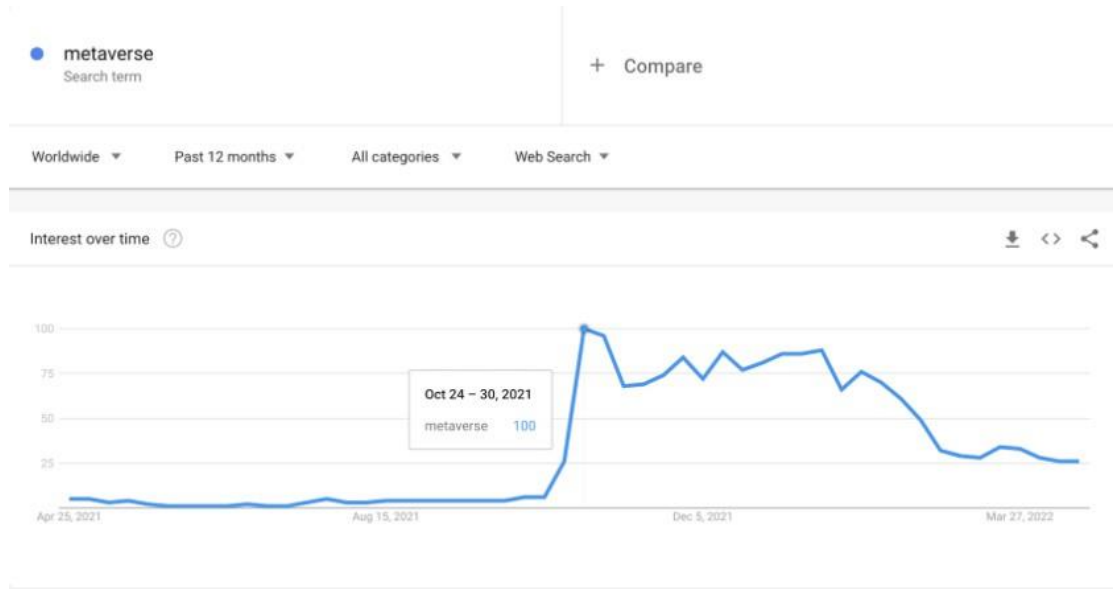
4.2. Meta Evreni (Metaverse)

Her 10 yılda paradigma değiştirdiği düşünülen dijital teknolojilerin, 2020’li yıllardaki en büyük değişikliğinin Metaverse olduğu öngörülmektedir. Bu güne kadar bilgisayar ve iletişim sektöründeki mobil değişimler ve web 2.0 ‘ın yaşandığı 1990, 2000 ve 2010 sonrasındaki on yılı takip eden sürecin son halkası olan dijital dönüşümün Metaverse olduğu düşünülmektedir(Young Lee, 2021). Bu konuda akademik manada henüz sınırlı sayıda çalışmalar bulunmasına rağmen, Metaverse günden güne popülerliğini artırmaktadır(Duan vd., 2021).

İlk olarak 1992’ de Neal Stephenson ‘a ait olan “Parazit” (snow crash) isimli bilim kurgu romanında geçen Metaverse terimi, sanal bir dünya olarak karşımıza çıkmaktadır(Stephenson, 2016). Bu romanda yazar Metaverse’ ten bahsederken, “İnsanlar, avatar denilen yazılım parçalarıydı. Meta evrende insanların birbiriyle iletişim kurmak için kullandığı görsel-işitsel bedenlerdi” cümlesiyle bizlere Meta evrenin günümüzdeki anlamına çok uygun bir çerçeve çizmektedir(Stephenson, 2016).

Kelime kökü olarak yunanca “Meta” ve ingilizce “Universe” kelimelerinden türetilen Metaverse, yunanca Meta yani ötesi, ingilizce Universe yani evren kelimelerinin anlamını da taşımaktadır. Bu anlama uygun olarak “Ötesi Evren” olarak Türkçeleştirilebilen Metaverse kelimesi, çalışmanın devamında Meta evren olarak anılmaktadır. Meta evren; kullanıcıların “avatar” isimli kendilerine ait olan bir sanal form ile 3B dijital ortamda

etkileşime geçebildikleri bir platform ve sosyal ilişkiler ve topluluklar oluşturulabilen bir konsept olarak tanımlanabilmektedir(Duan vd., 2021). Ekim 2021’ de internet üzerinden yapılan bir tanıtım ile Facebook kurucusu ve CEO’ su Mark Zuckerberg, Facebook şirketlerinin çatı markası olan Meta’ yı duyurmuş ve gelecekte izleyecekleri Meta evren stratejilerini açıklamıştır(*YouTube - Meta*, 2021). Bu açıklamaya göre; kullanıcılar meta evrende aile ve arkadaşları ile birlikte etkinlikler düzenleyebilecekler, ofis ortamında farklı konumlardaki çalışma arkadaşları ile bir araya gelerek iş toplantıları yapabileceklerdir. Köklü bir şirket olan Facebook ‘un isim değiştirmesi ve halka arzı gerçekleşen meta evren platformunun tanıtıldığı, 28 Ekim 2021 tarihindeki bu lansmandan sonra Metaverse kelimesindeki arama sonuçlarının tavan yaptığı görülmektedir(Ulukan, 2022). İlk olarak 1992 yılında ortaya atılan bir kelimenin insanlar tarafından merak edilerek aranmasına dair sonuçlardaki kırılma **Şekil 21** ’de gösterilmektedir.



Şekil 21. Metaverse kelimesinin aratılma sayılarını gösteren grafik

Kaynak: (Ulukan, 2022)

Grafikten de anlaşılacağı üzere dünya üzerindeki birçok sosyal medya kullanıcısının takip ettiği başlıca sosyal medya uygulamalarının sahibi olan şirket tarafından yapılan bir açıklama ve gösterilen bir hedef doğrultusunda, insanların Meta evrene olan ilgisi ve merakı artmış ve bu konuda atılacak adımlar takip edilmeye başlanmıştır. Kısaca Meta evren kavramının günümüzdeki popülerliği oldukça yüksek olup bu konu üzerinde çeşitli çalışmalar yürütülmektedir.

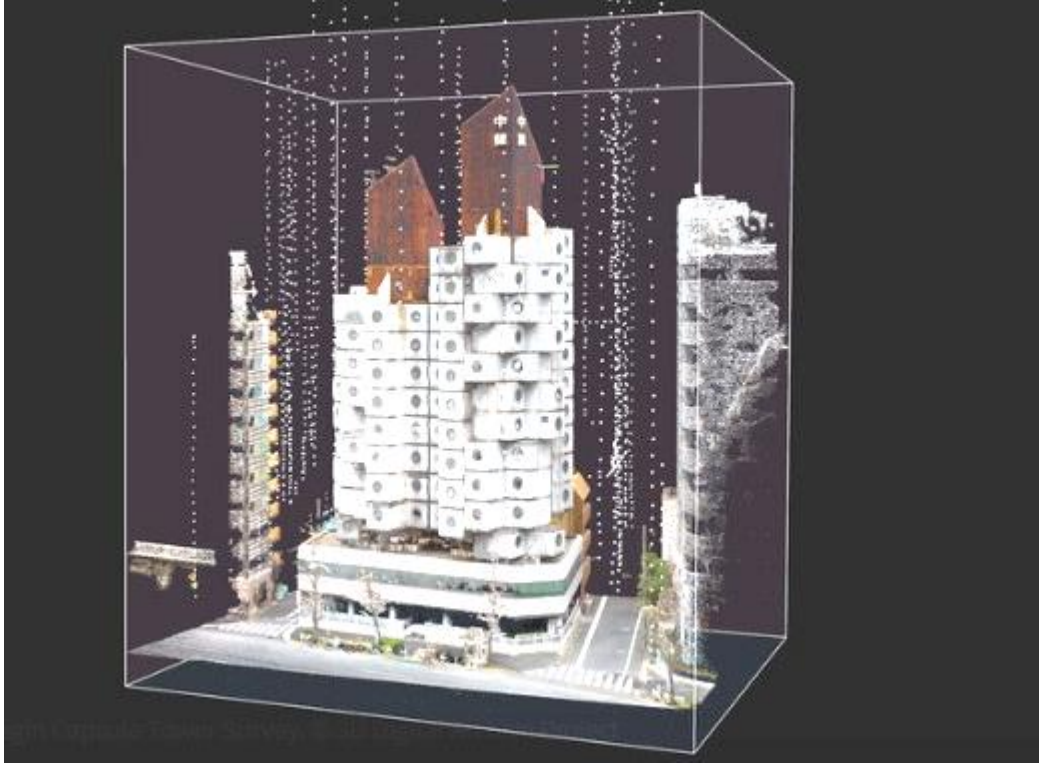
Meta evrenin güncel ve gelişmekte olan bir konu oluşu ile pek çok alandaki potansiyelleri halen araştırma konusu olmaktadır. Bu kapsamda meta evren platformunun kültürel mimari mirasın korunmasında da önemli bir rol oynayabileceği düşünülmektedir. Coğrafi engelleri göz ardı ederek farklı konumlardaki eserleri ve binaları, dünyanın her yerinden insanlar için erişilebilir hale getiriyor olması bu koruma anlayışına hizmet edebilmektedir(Ghisleni, 2022). Son yıllarda Covid-19 salgının da etkisiyle birçok müze ve tarihi alanın dijitalleştirilmesi yolunda adımlar atılmıştır. Atılan bu adımlar neticesinde artık tarihi kaleler, müzeler ve sergiler meta evren üzerindeki uygulamalar aracılığı ile ziyaretçi kabul etmekte, sanal etkinlik ve toplantılara ev sahipliği yapmaktadır. Üstelik fiziki dünyadan bağımsız olan meta evrende, mümkün olanın da ötesine geçilebilmektedir. Örneğin, Versay Sarayındaki balo salonlarından birinde tenis maçı izlemek gibi alışılmadık deneyimler yaşanabilmektedir(Ghisleni, 2022). İçerdiği bu özellikleri ile büyük potansiyeller taşıyan meta evren platformunun mimari korumada kullanılabileceğine dair Japonya’ da pek çok örnek uygulama yapılmaktadır. Yıkılacak olan ya da karaktersizleşen ancak mimarlık tarihi için önemli görülen binaların sanal olarak yeniden yaratılmasına dair bir örnek, Nakagin Kapsül Kulesi gösterilebilmektedir. Lazer tarayıcılar ve İHA görüntüleri ile tarama işlemi gerçekleştirilen yapının modellenerek meta evren üzerinde yaşatılması düşünülmektedir(Ghisleni, 2022). Tarama ve görüntü kaydı alma işlemlerine dair görsel **Şekil 22** ‘da gösterilmektedir.



Şekil 22. Nakagin Kapsül Kulesi, lazer tarama ve görüntü kaydı alma süreci

Kaynak: (Ghisleni, 2022)

Alınan görüntü ve yapılan taramalar neticesinde kule için oluşturulan nokta bulutu modeli **Şekil 23** 'de gösterilmektedir. Ghisleni 'ye göre; meta evrendeki yapı kopyalarının fiziki mekanda olanın aksine hissedilebilir veya tüm duyular ile algılanabilir olmadığı bir gerçektir. Ancak burada önemli olanın 3B modelin meta evrene aktarıyla koruma amacına hizmet edilmesi olduğu vurgulanmaktadır(Ghisleni, 2022).



Şekil 23. Nakagin Kapsül Kulesi, nokta bulutu görseli

Kaynak: (Ghisleni, 2022)

Aynı çalışmanın devamında henüz tüm duyular için kullanıcılara deneyim yaşatılmasının mümkün olmadığı ancak hızla gelişen teknolojiler ile bu eksikliğin de giderilebileceği belirtilmektedir. Buradan hareketle meta evren platformuna 3B model aktarımının, mimari mirasın korunmasına ve gelecek nesillere aktarılmasında önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir.

5. META EVRENİNE 3B MODEL ÖNERİSİ

Çalışmanın amacı doğrultusunda Meta evrenine gerçek dünyadan fiziki mekanların aktarılması etkililişim kurulabilmesi yolunda, literatürde yer alan örnek çalışmaların incelenmesi ve seçilen bir örnek yapının fotogrametri ile oluşturulan 3B modelleri üzerinden ideal model oluşturulmasındaki etmenlerin neler olduğu, bu süreçte nelere dikkat edilmesi gerektiğine dair analiz ve bulgular alt başlıklarda yer almaktadır.

5.1. Fiziki Mekanın Dijitalleştirilmesi

Gerçek dünyada yer alan bir obje ya da mekanı 3B olarak dijital ortama aktarmak için pek çok metot olmasına rağmen yaygın kullanılan birkaç tanesi şunlardır;

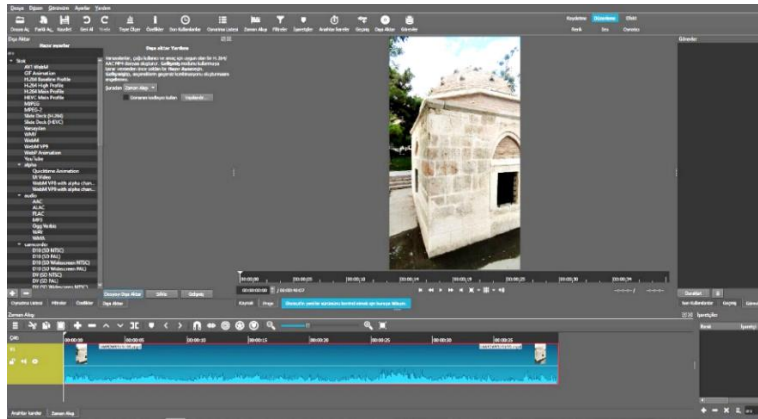
- Geleneksel rölöve çalışmaları sonucunda yerinde ölçüleri alınarak plan kesit ve görünüşleri çıkarılan obje ya da mekanın dijital ortamda yazılımlar aracılığı ile modellenmesi sonucu bir 3B dijital model oluşturulması.
- LIDAR olarak da bilinen lazer tarama cihazları aracılığı ile anlık nokta tespiti yapılarak ölçekli olarak oluşturulan nokta bulutu verisinin yazılımlar aracılığı ile 3B dijital modele dönüştürülmesi.
- Bu çalışmada da kullanılan bir yöntem olan fotogrametri ile yerinde pek çok sıralı fotoğraf alınarak, bu fotoğraflardan çeşitli yazılımlar aracılığı ile elde edilen nokta bulutu verisi ile 3B dijital model oluşturulması
- Ve bir diğeri yöntem ise yine fotogrametri temelli ancak, doğrudan görsel veri elde edilmesi yerine sosyal medya görsel veri stoğundan yararlanarak 3B dijital model oluşturulması, fiziki mekanın dijitalleştirilmesi için kullanılan yöntemlere örnek gösterilebilir.

5.1.1. Fotogrametri İle Doğrudan Veri Elde Etme

Fotogrametri başlığı altında, fotogrametri isminin nereden geldiğı ve teorik olarak çalışma prensibinden bahsedilmektedir. Bu kısımda ise fotogrametri, yapılan çalışmalarda veri elde etme yöntemlerinden birisi olarak incelenmektedir. Çalışmaya konu olarak seçilen ve dijital ortama aktarılması istenilen fiziki mekanın çeşitli görüntüleme araçları vasıtasıyla anlık görüntüleri elde edilerek bu görüntülerden 3B

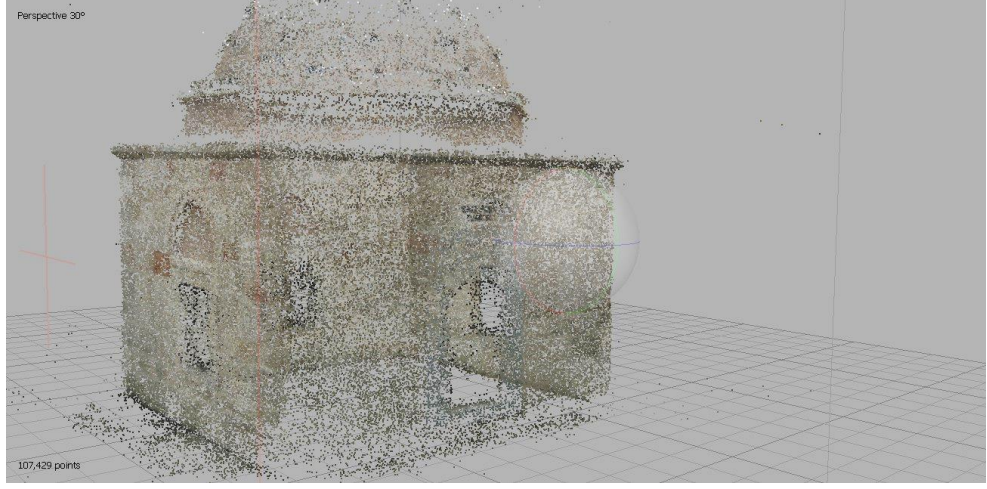
dijital modelin oluşturulması ile bu mekanın dijitalleştirilmesinde fotogrametri ile doğrudan veri sağlanmış olur. Bu yönteme duyulan ihtiyaç, konu mekana dair elde hazır görsel veri bulunmaması veya mevcut görsellerin dijital model oluşturma sürecinde yeterli olmaması durumlarından öne gelmektedir. Bu hallerde ilerleyen modelleme sürecinin pratiğini açıklamak amacıyla bir örnek çalışma yürütülmektedir. Konya ili Karatay ilçesi Şemsi Tebriz-i mahallesi, 255 ada 57 parselde bulunan Şemsi Tebriz-i camii ve türbesi arsa sınırları içerisinde yer alan, İshak Paşa Türbesinin akıllı telefon ile görüntüleri alınarak 3B dijital modelinin oluşturulması bir ön çalışma olarak ele alınmış ve bu yönteme örnek gösterilmektedir (*TKGM | Parsel Sorgu Uygulaması*, t.y.).

İlk olarak, konunun sıralı görsellerine ihtiyaç duyulması nedeniyle örnek çalışma konumunda, yapının çevresinde sabit uzaklıkta dönülerek 40 saniyelik MP4 formatta bir video görüntü kaydı alınmıştır. Ardından bu görüntü kaydı **Şekil 24'** de arayüz görünümü verilen Shotcut yazılımı aracılığıyla belirlenen kare sayısına bölünerek JPEG formatta görüntü çıktılarına dönüştürülmüştür. Bu işlem ile videoda saniyede 30 kare olarak belirlenen kare sayısı, saniyede 10 kareye düşürülmüştür. Bu şekilde yaklaşık 40 saniyelik videodan 403 adet görüntü çıkarılmıştır. Bu sayı fotogrametri yazılımında işlem yürütmek için çok uzun zaman almış ve fotoğraf sayısı dörtte bire indirgenmiştir. Böylece yazılıma yüklemek için toplamda 101 adet görselden meydana gelen bir sıralı görseller dosyası oluşturulmuştur. Dosyadaki resimler numara sırasına göre isimlendirilmiştir. Video görüntü kaydından görseller elde edilmesinin ardından fotogrametri yazılımına bu görseller yüklenmiştir. Yüklemenin ardından yazılım tarafından fotoğraflar, hizalanmaları ve görsellere konu obje ya da mekanın 3B uzayda ham nokta bulutu verisini oluşturmak için programa tanıtılmaktadır.



Şekil 24. Shotcut Programı Arayüzü – video görüntünün karelere bölünmesi

Fotoğrafların yazılım üzerinde hizalama işlemlerinin yapıp 3B ham nokta bulutu verisi oluşturulmuş hali **Şekil 25'** de gösterilmektedir.



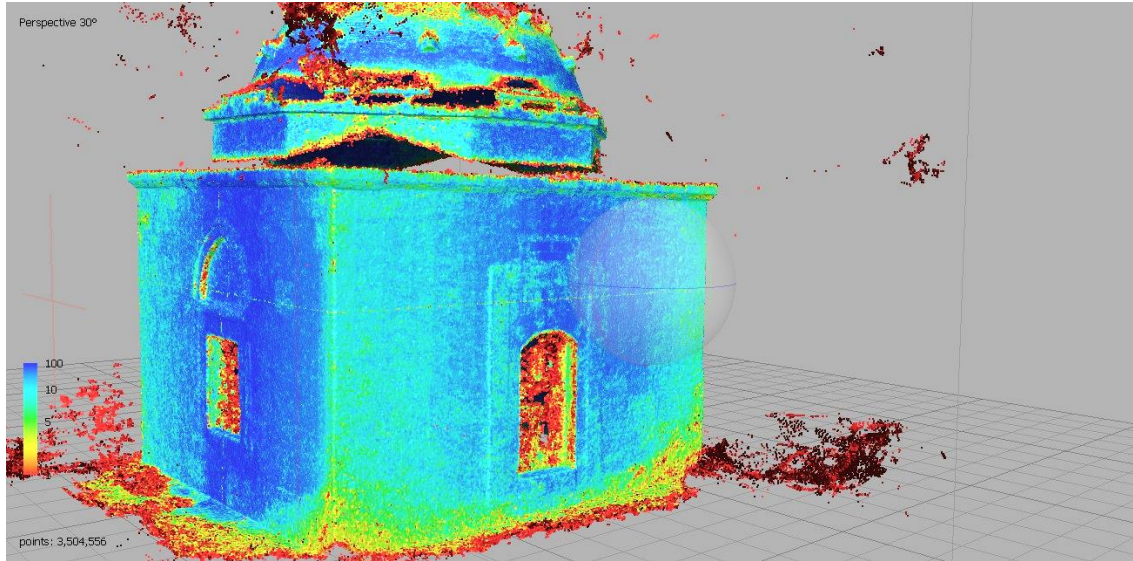
Şekil 25. Agisoft Metashape – fotoğrafların hizalanması ve basit nokta bulutu

Basit nokta bulutu verisi, yazılımlar başlığı altında açıklandığı üzere konu objenin stereo görüntü çiftlerinden program tarafından nokta uzaklık tespiti yapılarak oluşturulmaktadır. Bu aşamada program tarafından oluşturulan basit nokta bulutunda 107429 adet nokta tespit edilmiştir. Tespit edilen bu noktaların tamamı kesin sonuçları yansıtmamakla birlikte yüzey oluşturmak için de yetersiz kalmaktadırlar. Bu yüzden ilk önce nokta sayısını artırmak için yoğun nokta bulutu oluşturulmakta, ardından oluşturulan yoğun nokta bulutundaki doğruluğu kesin olmayan noktalar silinerek detayda daha doğru konum bilgisi verecek noktalar elde tutulmaktadır. Bu işlem için oluşturulan yoğun nokta bulutu verisi **Şekil 26'** de gösterilmektedir.



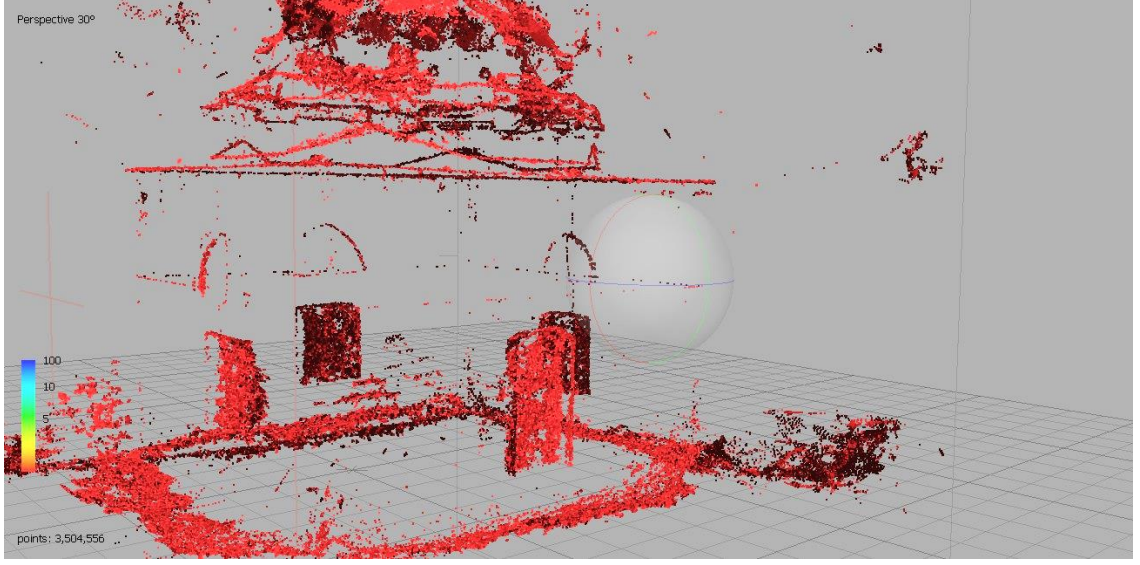
Şekil 26. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu

Yoğun nokta bulutu program tarafından ilk etapta oluşturulan basit nokta bulutundaki noktaları, daha detaylı filtreleyerek ve nokta sayısını kat ve kat artırarak oluşturulmaktadır. Bu işlem sonucunda nokta sayısı 107429' den 3504556' ya yükseltilmiştir. Oluşturulan yoğun nokta bulutunda her ne kadar sonuç ürüne yakın bir görünüm elde edilse de **Şekil 26'** da görüldüğü üzere hala yanlış konumlarda yer alan hatalı noktalar bulunmaktadır. Bu noktaları tespit ederek temizlemek için programın, nokta konumlarını kaç adet görüntü çiftinden filtreleyerek oluşturduğuna bakılmaktadır. Bu işlem için program 1'den 100'e ve kırmızıdan maviye şeklinde bir skala oluşturmaktadır. Sayı olarak 1; sadece 1 adet görüntü çiftinden elde edilmiş nokta konumunu gösterirken, 100 sayısı; 100 adet ve katlarındaki görüntü çiftlerinden elde edilmiş nokta konumlarını göstermektedir. Aynı şekilde renk olarak kırmızı renk; sayı doğrusunda 1' e yakın sayıları tanımlarken, mavi renk; 100' e yakın sayıları tanımlamaktadır (Agisoft Metashape). Bu skala ve model üzerindeki noktaların bu skalanın hangi aralığına denk geldiği **Şekil 27'** de aktarılmaktadır.



Şekil 27. Agisoft Metashape – Nokta konumu doğruluğu

Görüldüğü üzere 1-100 aralığında puanlanan ve kırmızı-mavi aralığında tonlanan nokta konumları konu mekan için **Şekil 27'**deki gibidir. Bu etapta doğruluğu daha az kesin olan noktaları seçim aracı ile skalada 1'e yakın olan noktalar için seçtiğimizde, **Şekil 28'** te görüldüğü gibi bir noktalar kümesi seçilmektedir.



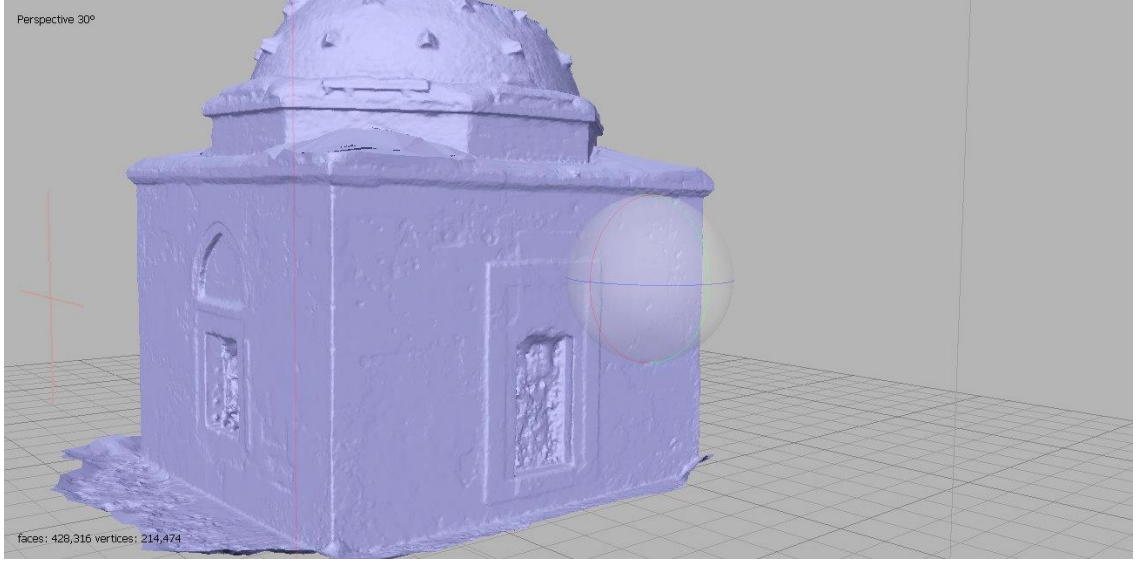
Şekil 28. Agisoft Metashape – Doğruluk derecesi 1 olan noktalar kümesi

Seçilen bu noktalar kümesi silinerek bir sonraki aşamada oluşturulacak model için daha kesin sonuçlar elde etmek amaçlanmaktadır. Seçilen noktalar silindiğinde **Şekil 29'** da görüldüğü gibi bir yoğun nokta bulutu elde edilmektedir. Yapılan temizleme işleminin ardından nokta sayısı 2972997' e inmiştir.

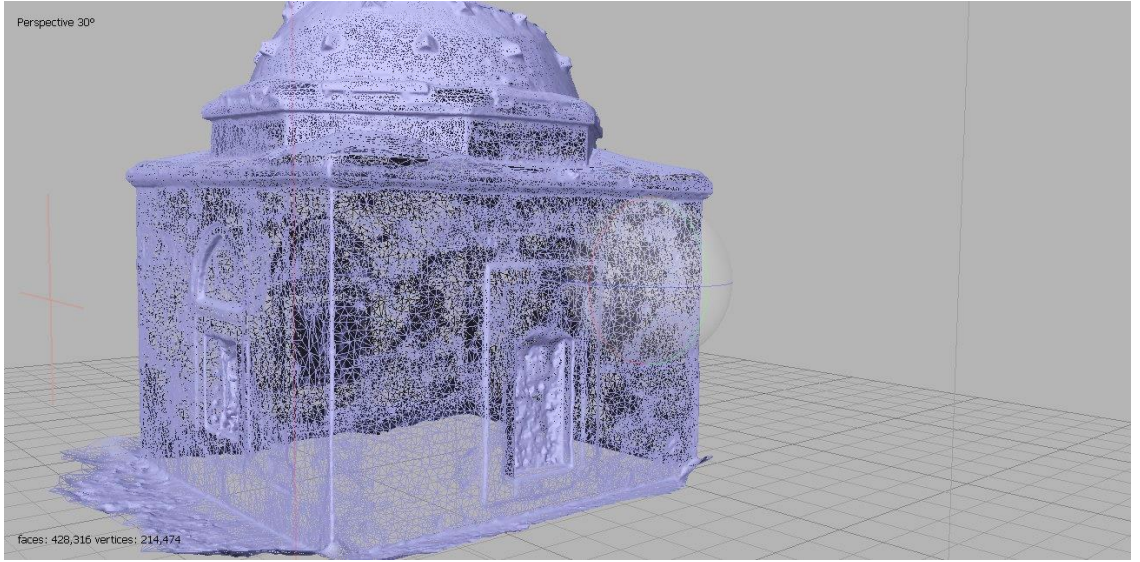


Şekil 29. Agisoft Metashape – Temizlenmiş yoğun nokta bulutu

Temizlenmiş yoğun nokta bulutu verisi ile noktalar arasında üçgen yüzeyler tanımlanarak sonuç ürünün 3B dijital modeli oluşturulmaktadır. Oluşturulan modelde 428316 adet yüzey ve 214474 adet kenar yer almaktadır. Bu modelin sahip olduğu yüzeylerin dolgulu hali **Şekil 30'** da, yüzeylerin sadece kenarlarının görüldüğü iskelet hali **Şekil 31'** de gösterilmektedir.



Şekil 30. Agisoft Metashape – 3B dijital model dolgulu



Şekil 31. Agisoft Metashape – 3B dijital model iskelet

Oluşturulan modeldeki yüzeylerin sayısı artırılıp azaltılabilmektedir. Burada konu mekanın ya da objenin çeperindeki dokunun hassasiyet derecesine göre tercih yapılabilmektedir. Yüzeyde fazlaca girinti çıkıntı veya rölyef varsa yüzey sayıları doğrusal orantılı olarak artırılabilir. Böylece daha doğru sonuçlar elde edilebilir. Ya da yüzeyler düz ise yumuşatma veya yüzey sayısı azaltma işlemleriyle gereksiz yüzeyler çıkarılabilmektedir. Bu da düz yüzeylerin gereğinden fazla rölyefli görünmesinin önüne geçmektedir. Sonuç ürünün program dışına 3B veri dosyası olarak çıktısının alınmasının öncesinde dolgulu model üzerine konu mekanın yüzeyine ve dokusuna uygun olarak, görsellerden elde edilen renk atılmaktadır. Bu işlem **Şekil 32'** de gösterilmektedir.



Şekil 32. Agisoft Metashape – 3B dijital model renkli

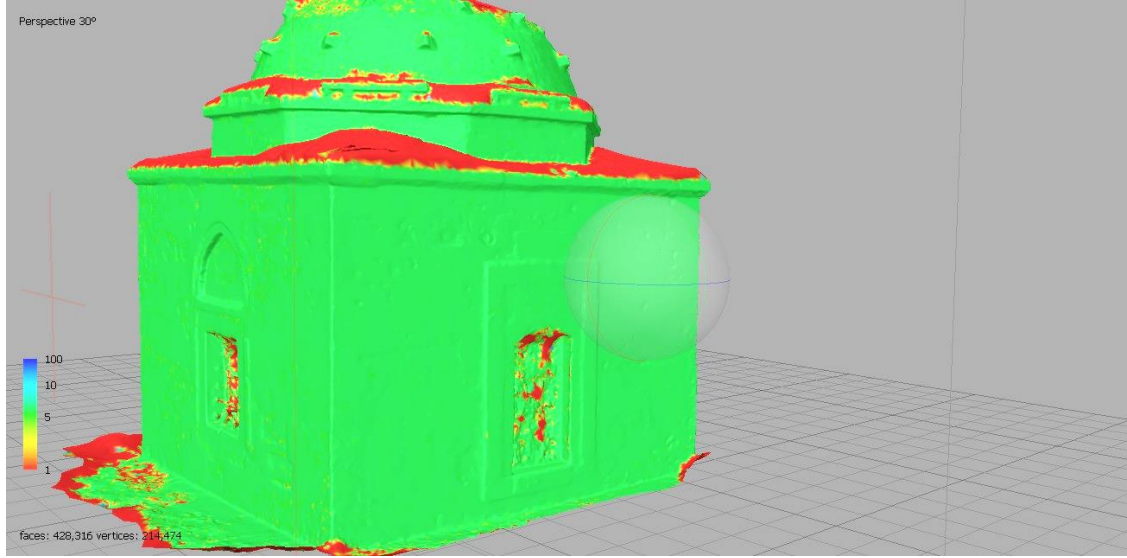
Model yüzeyine atılan bu renk kaplaması, program dışına bünyesinde malzeme bilgisini de bulunduran dosya formatları ile aktarılabilir. OBJ formatı bu tür dosya formatlarına örnek gösterilebilir. Şekil 32’ de fark edileceği üzere model üzerindeki bazı kısımlarda deformasyon olduğu görülmektedir. Bu bozulmaların ayrıntılı şekilde işaretlendiği görsel Şekil 33’ de görülmektedir.



Şekil 33. Agisoft Metashape – 3B dijital model üzerinde bozulmaların işaretlenmesi

Model genelindeki bozulma ve hatalar daha önce yapılan temizleme işlemleri ile azaltılsa da Şekil 33’ de görüldüğü üzere ortaya çıkan büyük ölçekteki hataların başlıca nedeni; konu mekanın bu kısımlarının görüldüğü fotoğrafların yetersiz olmasıdır. Mekan

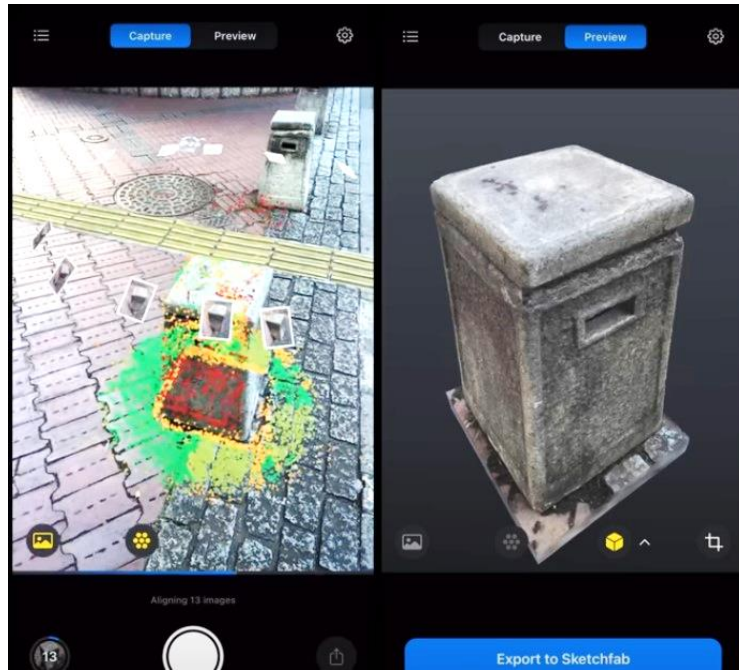
çevresinden görüntü alınması sırasında bu kısımların görüntüye dahil edilememesinden kaynaklı olarak sonuç üründe bozulmalar ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde model üzerine renk atılması işlemi sırasında yine bu kısımlardaki renk değerleri bilinemediğinden program tarafından obje genelindeki renk değeri ortalamasına göre sabit bir renk tonu atılmıştır. Model üzerindeki bozulmaların ve program tarafından oluşturulan yüzeylerin doğruluk bilgisi **Şekil 34'** deki görselde gösterilmektedir.



Şekil 34. Agisoft Metashape – 3B model yüzey doğruluk skalası

Tıpkı yoğun nokta bulutunda, daha az sayıda görüntü çiftinden oluşturulan noktaların kırmızı renk ile işaretlendiği gibi burada da doğruluğu kesin olmayan yüzeyler kırmızı renk ile işaretlenmektedir. Sonuç olarak fotogrametri ile doğrudan 3B dijital veri elde edilebilmektedir. Elde edilen sonuç ürün, program dışına çeşitli dosya uzantıları olarak aktarılabilir. OBJ, 3DS, STL, vb. 3B bilgi içeren dosya uzantıları bunlara örnek verilebilir. Fiziki mekanın anlık görüntüsünün alınarak 3 boyutlu bir mekan olarak dijital ortamda modellenmesi, fiziki mekanın dijitalleştirilmesi amacına hizmet eden etkin bir yöntem olarak görülmektedir. Bu kapsamda güncel gelişmelerden biri olan RealityScan mobil uygulamasından bahsedilebilir. Bu uygulamanın Unreal Engine tarafından Aralık 2022 'de IOS işletim sistemleri için ücretsiz olarak kullanılacağı duyurulmuştur(Unreal Engine, 2022). İnternet sitesinde çıkan duyuruya göre 2023 yılı içerisinde Android işletim sistemi için de bir sürümün piyasaya sürüleceği duyurulmaktadır. RealityScan mobil uygulaması, masaüstü versiyonu olan RealityCapture gibi bir fotogrametri programı geliştiricisi olan Capturing Reality

tarafından üretilerek piyasaya sürülmüştür. Akıllı telefon üzerinden anlık görüntü yakalanması ile 3B dijital model oluşturabilen uygulama, küçük ölçekte nesnelerin modellenmesinde kullanılmaktadır(Unreal Engine, 2022). Bu modelleme işlemine örnek olarak **Şekil 35** gösterilebilmektedir. Şekilde görüldüğü üzere modellenmesi amaçlanan nesne çevresinden uygulama aracılığı ile görüntüler alınarak, bu görüntülerden 3B dijital model oluşturulabilmektedir. Daha sonra oluşturulan bu model 3B içerik yayınlanabilen ve satılabilen Sketchfab 'e yüklenebilmektedir(Unreal Engine, 2022)



Şekil 35. RealityScan ile kaldırım kenarındaki bir nesnenin anlık fotoğraf alınarak 3B modellenmesi (sol)yakalama, (sağ) ön izleme

Kaynak: (Unreal Engine, 2022)

Bu uygulama ile herhangi bir LIDAR sensöre ihtiyaç duymadan akıllı telefon kamerasıyla 3B model üretiminin önü açılmaktadır. LIDAR sensörlü akıllı telefonların alım maliyeti göz önünde bulundurularak, bu uygulamanın ücretsiz olarak kullanılabilmesi geniş ölçekteki akıllı telefon kullanıcılarına imkan sunmaktadır.

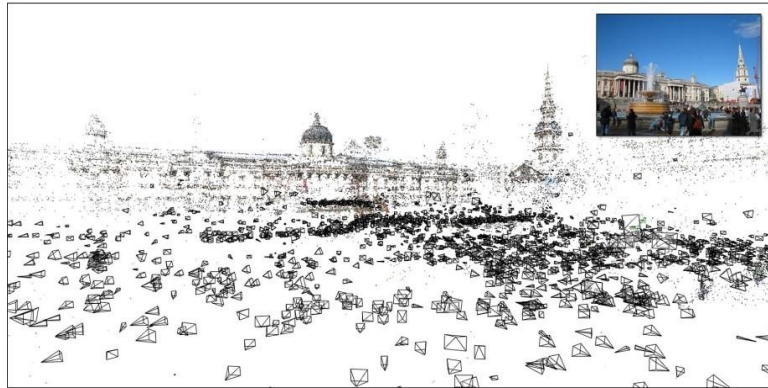
5.1.2. Sosyal Medya Üzerindeki Görsel Veri Stoğundan Yararlanma

Bir önceki bölümde, 3B dijital modeli üretilmek istenilen yapının akıllı telefon ile video kaydı alınarak sıralı fotoğraflarının çıkarılması ve bu fotoğraflardan 3B dijital model elde edilmesi süreci anlatılmaktadır. Ancak bu bölümde modelleme için gerekli olan

fotoğrafların sadece anlık olarak kaydedilmesinin dışında, başka kullanıcılar tarafından çekilen ve yüklenen, internet ve sosyal medya uygulamalarında yer alan görsellerin de 3B dijital model oluşturulması sürecinde kullanılabilirliği birkaç örnek çalışma üzerinden aktarılmaktadır. İlk olarak Snavely ve arkadaşlarının yürüttükleri “fotoğraf koleksiyonlarından sahne oluşturulması ve görselleştirilmesi” çalışması incelenmiştir(2010). Snavely ve arkadaşlarına göre; fotoğraf koleksiyonlarında yer alan, belirli bir konu ile ilgili görseller üzerinden sahneler oluşturularak bu sahneler üzerinden yürütülen modelleme süreci ile, görsellere konu mekanın nokta bulutu oluşturulabilmektedir(2010). Bu sürecin ilk adımı olarak 3 temel unsur ortaya konulmaktadır. Bunlar;

- Her fotoğrafın nereden çekildiğini açıklayan, konum ve yön bilgisi,
- Bir sahne üzerinde oluşturulan 3B noktalar kümesi,
- Ve bu 3B noktaların hangi görsellerde yer aldığının bilgisidir.

Bu maddeler izlenerek oluşturulacak sahneler ile çekilen fotoğrafların örtüştürülmesi sağlanmaktadır(Snavely vd., 2010). **Şekil 36'** da Trafalgar Meydanında çekilen görüntüler, bu görüntülerin konum ve yön bilgisi ile oluşturulan bir 3B nokta bulutu verisi görülmektedir. Siyah kenarlı piramitler, görüntüsü kullanılan kamera ve yönlerini ifade etmektedir.



Şekil 36. Pek çok internet fotoğrafından üretilmiş Trafalgar Meydanı nokta bulutu verisi

Kaynak: (Snavely vd., 2010)

Görüntüler üzerinden fotogrametri ile konum tespiti ve ölçüm yapılması, çok uzun süredir kullanılan bir yöntem olmasına rağmen, günümüzde gelişen teknolojik imkanlar

sayesinde internet ağında yer alan birbirinden bağımsız pek çok fotoğraf ve kullanılan çeşitli yazılımlar aracılığıyla aynı süreci yürütebilmek mümkündür(Snavely vd., 2010). Bu yolla incelenen diğer birkaç örnek **Şekil 37**'de görülmektedir.



Şekil 37. İnternet fotoğraf koleksiyonundan oluşturulmuş 3B üretimler

Kaynak: (Snavely vd., 2010)

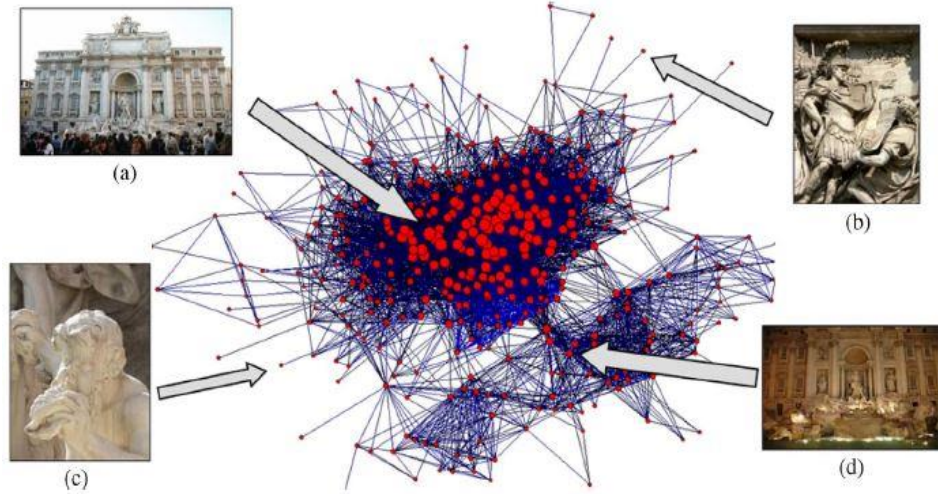
Snavely ve arkadaşlarının çalışmasında, fotogrametrinin temel prensibinin yazılımlar vasıtasıyla daha güçlendirildiği görülmektedir. Bu güçlendirme sayesinde farklı kameralar ile farklı açılardan hatta farklı zaman aralıklarında kaydedilen görüntü çiftleri arasında ortak noktalar bulunabilmekte böylece fotogrametri ile 3B nokta bulutu oluşturulabilmektedir. Birbirinden farklı görüntülerde tespit edilen ve ölçeği kamera değerlerine göre değişmeyen bu referans noktalarına “ölçeği-değişmez dönüşüm özelliği” denilmektedir(Snavely vd., 2010). Bu tip noktaların farklı zaman dilimlerindeki görüntü çiftlerinde tespit edilmesine, **Şekil 38** örnek gösterilebilmektedir.



Şekil 38. Ölçeği-değişmez dönüşüm özellikli noktaların farklı zamanlarda kaydedilmiş görüntülerde tespit edilmesi

Kaynak: (Snavely vd., 2010)

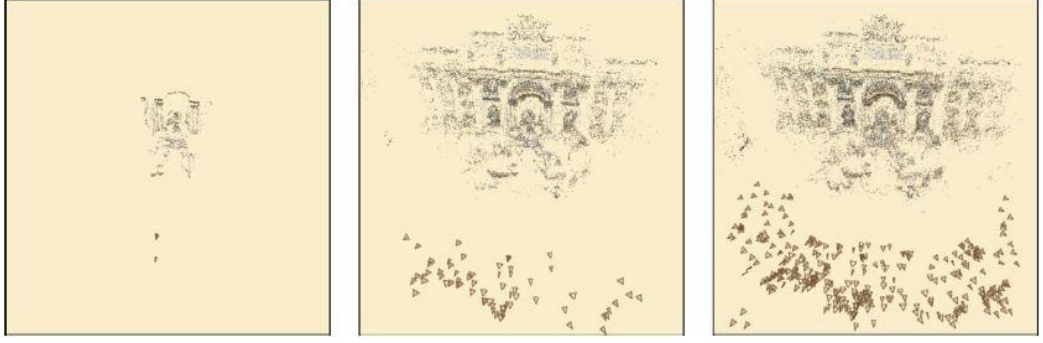
Güçlü referanslar oluşturan “ölçeği-değişmez dönüşüm özellikli” noktalar, **Şekil 38** ‘de de görüldüğü üzere kamera görüntülerinden birisinde (solda) ön kamera kullanılmasına ve görüntünün büyük kısmı insanlar tarafından kapatılmasına rağmen referans noktalar yazılım tarafından tespit edilebilmiştir(Snavely vd., 2010). Yine benzer olarak **Şekil 39**’ da görüldüğü üzere sadece farklı zamanlardaki fotoğraflar arasında değil, farklı detay ve ölçekteki fotoğraflar arasında da görüntüler arasında referans noktalar bulunabilmektedir.



Şekil 39. Trevi çeşmesi için görüntü bağlantı grafiği

Kaynak: (Snavely vd., 2010)

Kırmızı noktaların boyutları, bu noktaların derecesiyle orantılıdır. **Şekil 39**’da görüldüğü üzere gündüz yoğun poz değerleri altında kaydedilen görüntülerden (a) elde edilen noktalar kümesi ortada yoğun bir bulut şeklinde görünürken gece az ışık değerleri altında çekilen görüntülerden (d) elde edilen noktalar bu kümenin dışında daha zayıf bağlantılar ile oluşmaktadır. Aynı şekilde ölçeği farklı olan daha detay görüntüler (b ve c) için de bu zayıf bağlantı oluşturmalar söz konusudur. Modellenen sahnenin, ölçeği ve konumları birbirine yakın olan görsellerinin sayısı artırıldığı takdirde, sahnedeki nokta bulutu verisi daha yoğunlaşmaktadır(Snavely vd., 2010). Bu nokta yoğunlaşması **Şekil 40**’ da gösterilmektedir. İlk olarak 2 adet görüntü kullanılırken daha sonra bu sayı 60 ve 360’ a çıkarılmaktadır. Snavely ve arkadaşlarının çalışmasında birden fazla fotoğraf ile sahne oluşturulurken her fotoğraf çifti arasında derinlik haritaları da oluşturulmaktadır(Snavely vd., 2010). Derinlik haritaları; kamera parametrelerine uygun olarak alınan bir dizi görüntünün geçerli derinlik aralığının sonlu bir derinlik değerleri kümesine ayrılmasıyla oluşmaktadır(Furukawa & Hernández, 2015).



Şekil 40. Trevi çeşmesi sahnesinde kamera sayısının artırılması

Kaynak: (Snavely vd., 2010)

Bu kümelere ayrılma işlemi 2B görüntü üzerinde farklı tonlamalar ya da renkler ile algoritmalarla tanımlanarak, XY düzlemi olarak görülen 2B bir görüntü üzerinde Z koordinatlarını oluşturmaktadır (Malik vd., 2012). Z koordinat bilgisi getiren derinlik haritaları Snavely ve arkadaşlarının çalışmasında (2010) gri tonlamalar kullanılarak oluşturulmaktadır. Buna örnek olarak **Şekil 41** gösterilebilmektedir. Solda orijinal görüntü, ortada bu görüntünün derinlik haritası ve sağda da aynı derinlik haritasının doku ile işlenerek başka bir açıdan görünümü verilmiştir.



Şekil 41. Özgürlük anıtı ve ilgili derinlik haritaları

Kaynak: (Snavely vd., 2010)

Derinlik haritalarındaki farklı seviyeler, farklı renk tonları ile ifade edilebilmektedir. Buna örnek olarak Snavely ve arkadaşlarının çalışmalarındaki (2010) özgürlük anıtı gösterilirken ayrıca, **Şekil 42**' de fotogrametri ile doğrudan veri elde edilmesi başlığı altında bahsedilen İshak Paşa türbesinin 3B modellenmesi sürecinde oluşturulan derinlik haritaları da bu tonlama prensibine örnek verilebilmektedir.



Şekil 42. İshak Paşa türbesi, kullanılan görüntü ve derinlik haritası gösterimi

Daha önce aktarıldığı gibi derinlik haritaları, görüntüleri iki boyutlu bir XY düzlemi olarak kabul ederek, görüntüdeki konunun kameraya ya da net alan derinliğine göre uzaklık bilgilerini, yani Z koordinatlarını tanımlamaktadır. İshak paşa türbesi üzerinde yürütülen çalışmada da Şekil 42 'de görülebileceği üzere yapının yüzeyleri arasında, kamera konuma yakınlığına göre kırmızıdan maviye bir renk skalası oluşturulmaktadır. Bu renklerden kırmızı yüzeyin kamera konumuna yakınlığını ifade ederken, mavi uzaklığını ifade etmektedir. Snavley ve arkadaşlarının (2010) çalışmalarında oluşturulan derinlik haritaları ve 3B modeller tamamıyla internet ve sosyal medya veri stoğundan yararlanması bakımından, bağımsız olarak kaydedilen görsel veri stoklarının da fotogrametri ile 3B dijital model oluşturulması sürecine katılabildiğini göstermektedir. Yine bu şekilde yürütülen modelleme sürecine bir başka örnek; Themistocleous 'un (2017) çalışması gösterilebilmektedir. Bu çalışmanın konusu da tıpkı Snavely ve arkadaşlarının (2010) yaptıkları çalışmaya benzer şekilde sosyal medya üzerindeki veri stoğundan yararlanarak kültürel miras değeri taşıyan mekanların dijital ortamda yeniden 3B modelinin oluşturulmasıdır. Bu amaçla çalışma konusu olarak, Kıbrıs' ın 10 antik şehir krallığından birisi olan Soli kentindeki bir amfi tiyatro seçilmektedir(Themistocleous, 2017). Soli kentinin Kıbrıs haritası üzerindeki konumu Şekil 43 'de gösterilmektedir.



Şekil 43. Kıbrısın kuzeyinde Soli kenti

Kaynak: (Themistocleous, 2017)

Seçilen amfi tiyatronun, bir sosyal medya uygulaması olan YouTube platformuna yüklenmiş olan bir İHA videosu üzerinden dijital ortamda 3B modellenmesi gerçekleştirilmektedir. Toplam uzunluğu 6 dakika 22 saniye olan söz konusu videoya YouTube üzerinden ulaşılabilmektedir. (Vehbi, 2015) Video görüntü kaydının YouTube arayüzünde görünümü ve amfi tiyatronun konumu **Şekil 44** 'de gösterilmektedir.



Şekil 44. Havadan Kuzey Kıbrıs videosu, (mavi) amfi tiyatro

Kaynak: (Themistocleous, 2017)

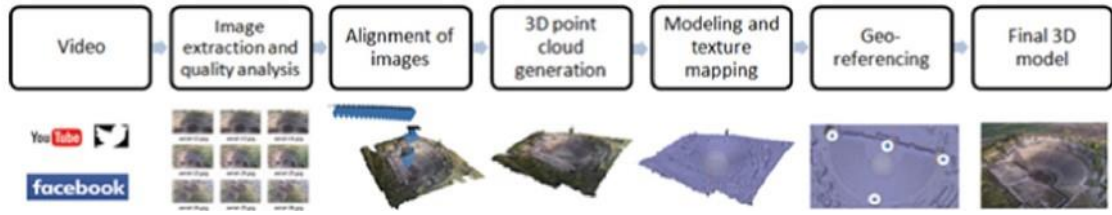
Kıbrıs'ın kuzeyinde kaydedilen İHA görüntü kaydından amfi tiyatronun bulunduğu zaman aralığındaki kareler, görüntü çıktısı olarak alınarak amfi tiyatro özelinde fotogrametri programıyla bu görüntüler işlenerek tiyatronun 3B modelleme süreci gerçekleştirilmiştir(Themistocleous, 2017). Tiyatronun modellenmiş hali ile yapılan rölöve çalışması sonucunda elde edilen plan çiziminin örtüştürülmesi **Şekil 45** 'te gösterilmektedir.



Şekil 45. A-amfi tiyatro görsellerinden elde edilen ortoplan, B-Amfi tiyatro ölçekli çizimi, C-Çizim ve ortoplanın örtüştürülmesi

Kaynak: (Themistocleous, 2017)

Yapılan örtüştürme işlemi sonucunda elde edilen modelin ölçekli olduğu doğrulanmaktadır. Ölçekli olarak elde edilebilen 3B modelin, modelleme sürecine dair anlatım şeması Şekil 46 'da gösterilmektedir.



Şekil 46. Sosyal medyada yer alan görüntü kaydından 3B dijital model oluşturulması süreci

Kaynak: (Themistocleous, 2017)

Süreç sonunda elde edilen 3B dijital modelin, program dışına farklı uzantılarda çıktı alınabildiği bilinmektedir. Yapılan çalışma özelinde de bu uzantılardan biri olan KMZ formatında koordinat bilgisi içeren bir model çıktısı Google Earth programına atılarak gerçekte tiyatronun yer aldığı konuma yüklenebilmektedir(Themistocleous, 2017). Çalışma sonucunda, amaçlandığı gibi teknik çalışma yürütülmesi ve ulaşılması zor olan bölgelerde örneğin askeri alanlarda ve sınır noktalarda yer alan kültürel miras ürünlerinin örnek üzerinde yapılan modelleme sürecine benzer şekilde sosyal medya veri stoğundan ve Google Earth uydu görüntülerinden yararlanarak yürütülebilmesinin mümkün olduğu görülmektedir. Geleneksel zemin ölçüm ve teknik çalışma yürütülmesi süreçleri sonucunda model elde edilmesine, İHA görüntüleriyle yürütülen 3B modelleme süreci

alternatif gösterilmektedir(Themistocleous, 2017). Google Earth programına yüklenerek gerçekte bulunduğu konuma eklenen KMZ dosyasının görünümü **Şekil 47** 'de gösterilmektedir.



Şekil 47. Google Earth programına yüklenen KMZ dosyası

Kaynak: (Themistocleous, 2017)

Gerek Snavely ve arkadaşlarının (2010) yaptıkları çalışma olsun, gerekse Themistocleous 'un (2017) yürüttüğü çalışma olsun, göstermektedir ki doğrudan elde edilmemiş ve bağımsız platformlardan beslenebilen görsel kaynaklar ile dijital ortamda 3B modelleme süreci yürütülebilmektedir. Bu yönüyle de fotogrametri tekniği LIDAR 'a göre kaynak bulmada ve işlemede daha etkili görülmektedir. Bu çalışma kapsamında da seçilen örnek mekan üzerinden fotogrametri ile 3B dijital modelleme işlemi yürütülmekte, ve bu işlem sonucunda elde edilen bilgilere yer verilmektedir.

5.2. 3B Dijital Model Oluşturulması

Metaverse sanal ortamına, mevcut fiziki mekanın üç boyutlu olarak fotogrametri ile modellenerek aktarılabilirliğini incelemek amacıyla, Konya merkezde yer alan ve kültürel değer taşıyan bir mimari yapı (Seyfeddin Karasungur Türbesi) araştırma kapsamında örnek mekan olarak seçilmiştir. Bu yapının seçilmesindeki başlıca neden, bulunduğu konumdaki yakın tarihli yapıların yıkılmış olması ve üzerinde koruma kararı bulunan türbe yapısının köhneleşmiş bir ortamda kalmış olmasından dolayı güncel durumunun 3B dijital model oluşturularak belgelenmek istenmesidir. Mevcut yapı halihazırda; Karatay ilçesi, Şemsi Tebrizi mahallesi, 916 ada, 22 parselde, 71,48 m²'lik tapu alanında yer almaktadır(*TKGM | Parsel Sorgu Uygulaması*, 2022). 13 Kasım 1982 tarihinde, A-3861 sayılı ile taşınmaz kültür varlığı olarak tescillenen türbe yapısı, Selçuklu emiri Celaleddin Karatay' ın kardeşi Seyfettin Karasungur adına 1275 senesinde inşa edilmiştir. Taş ve

tuğla malzemeler kullanılarak sekizgen plan şeması ile inşa edilen yapının girişi, batı cephesinden açılan bir kapı ile sağlanmaktadır. Yapının iç duvarları, köşe plastırları, kubbe ve külah kısımları tuğla ile örülmüş olup dış cephelerde kesme taş ile kaplama uygulanmıştır. Yapının iç duvarlarından iç kubbeye geçiş 8 adet tromp ile sağlanırken, aydınlatma dar mazgallı 8 adet pencere ile sağlanmaktadır. Türbe kapısı sivri kemerli olup iki adet ayağa oturmaktadır. Cephelerindeki süslemeleri geometrik geçmeler ile elde edilmiştir(Aygör vd., 2010). Yapı günümüzde Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün mülkiyetinde olup halen türbe işlevinde kullanılmaktadır(Karpuz, 2009). Tarihçesi ve mevcut durumuna ilişkin bilgi verilen yapının üzerinde yürütülen fotogrametri çalışmalarına geçilmektedir. İlk olarak yapının bir akıllı telefon, bir DSLR kamera ve bir insansız hava aracıyla video görüntü kaydı ve fotoğraflamaları yapılarak veri toplanmaya başlanmıştır. Bu fotoğraflama ve görüntü kaydı alınması öncesinde yapının doğru ölçekli modellenip modellenmediğine hakim olabilmek adına yapı üzerine 1' er cm aralıklardan oluşan toplam 12m uzunluğunda, bilgisayar çıktısıyla elde edilmiş, bir kağıt cetvel yapıştırılmaktadır. Yine aynı şekilde A5 boyutunda siyah beyaz işaretçiler, yapının köşe noktalarına cetvele yakın bir konuma yapıştırılmıştır. Bu kağıt cetvel ve işaretleyiciler **Şekil 48'** de gösterilmektedir.

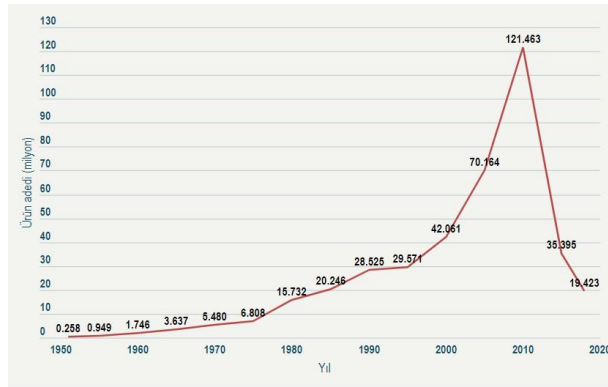


Şekil 48. İşaretleyici (yukarıda) ve kâğıt cetvel (aşağıda)

12m uzunluğundaki kağıt cetvel sekizgen plan şemalı yapının güneyinde yer alan 3 adet köşe arasında ölçüm yapmaktadır. Bu ölçüm değerlerine göre; köşeler arasındaki mesafeler eşit ve 3.80m olarak ölçülmektedir. Ölçüm ve işaretleyicilerin yapı üzerine eklenmesinin ardında görüntü kaydı alma işlemine geçilmektedir.

5.2.1. Görsellerin Elde Edildiği Cihazlara Göre Modellerin İncelenmesi

Sosyal medya veri stoğundaki görüntüleri kullanarak yürütülen çalışmalarda görülmektedir ki bu görüntüler pek çok farklı cihaz tarafından kayıt altına alınabilmektedir. Bu çalışma kapsamında da farklı kullanıcı kitlelerine cevap verir nitelikte üç farklı görüntü kayıt cihazı ile elde edilen görüntülerden elde edilen modeller kıyaslamalı olarak incelenmektedir. Bu kıyaslamalar kullanılan cihazların donanım özelliklerine, alınan görüntülerin teknik özelliklerine, kullanıcı kitlelerine, elde edilen 3B modellerin nokta bulutu ve oluşturduğu yüzey sayılarına göre yapılmaktadır. Akıllı telefon kullanım istatistiklerine bakıldığında dünya nüfusunun (7.99 milyar insan), %60 'ını oluşturan 4.85 milyar insanın akıllı telefon kullanıcı olduğu görülmektedir(Kemp, 2022b). Bunun yanında Türkiye nüfusunun (85.3 milyon) %80 'ini oluşturan 68.2 milyon kişinin akıllı telefon kullanıcısı olduğu bilinmektedir(Kemp, 2022a). Bu sayılara bakıldığında akıllı telefonların, günümüzde ortalama bir birey tarafından sahip olunabilecek cihazlar olduğu çıkarımı yapılmaktadır. Ayrıca akıllı telefonlarda gelişen kamera teknolojileri sonucu satışlarında düşüş yaşanan fotoğraf makinesi istatistiklerine bakıldığında, yerini akıllı telefonlara bıraktığı söylenebilmektedir(Altunkaya, 2019). **Şekil 49** 'da görülen grafikte, dünyaca ünlü fotoğraf makinesi markalarının üyesi olduğu Japonya Kamera ve Görüntüleme Ürünleri Derneği (CIPA) tarafından 1950-2020 yılları arasındaki fotoğraf makinesi sipariş sayıları gösterilmektedir(Altunkaya, 2019).



Şekil 49. Dünya genelinde fotoğraf makinesi siparişi

Kaynak: (Altunkaya, 2019)

Grafikte görüldüğü üzere 2010 yılı fotoğraf makinesi satışında ciddi bir kırılma noktasıdır. Her ne kadar fotoğraf makinesi kullanım ve sipariş oranları yıldan yıla düşüş yaşasa da halen geçerli bir görsel elde etme cihazı olarak görülmektedir. Ayrıca akıllı

telefonlarda olduğu gibi azalan fotoğraf makinesi kullanımına karşın, İHA kullanımı ve satışı yıldan yıla artmaktadır. Bununla ilgili bir istatistik verilecek olursa; Türkiye pazarındaki büyüklüğü 2018 yılı için 30 milyon USD değerine ulaşan İHA sektöründe, SHGM' ye kayıtlı 25 bin cihaz yer almaktadır(Yeşilay & Macit, 2020). Bu sayı artarak 2021 Eylül ayı itibariyle sisteme kayıtlı 55 bin 725 cihaz ve 567 bin İHA pilotu bulunduğu duyurulmuştur(Asan, 2021). Benzer şekilde küresel pazarda İHA satışlarının 2020 yılı için 2.7 milyar dolardan, 2025 yılına kadar 10.9 milyar dolara yükseleceği öngörülmektedir(Yeşilay & Macit, 2020). Bu sayısal göstergeler sonucunda anlaşılmaktadır ki insanlar tarafından fotoğraf makinesi kullanımı azalırken buna ters orantılı olarak akıllı telefon ve İHA kullanımı artmaktadır. Bu cihazlardan görüntü elde edilmesi tarihsel süreç içinde fotoğraf makineleri ile başlayarak akıllı telefon ve insansız hava araçlarına kadar geldiğine göre tüm bu cihazlar kendi kullanıcı profilleri için görüntü elde etmede kullanılabilir. Genç kullanıcılar İHA kullanımına yönelirken, yetişkin bireyler fotoğraf makinesi tercih edebilmektedir. Akıllı telefonlar ise her iki kuşak için de bir alternatif olabilmektedir. Daha öncede aktarıldığı gibi donanımsal özellik ve kullanıcı kitlelerindeki farklılaşmalardan dolayı üç cihaz için de ayrı ayrı 3B modelleme süreci yürütülmektedir.

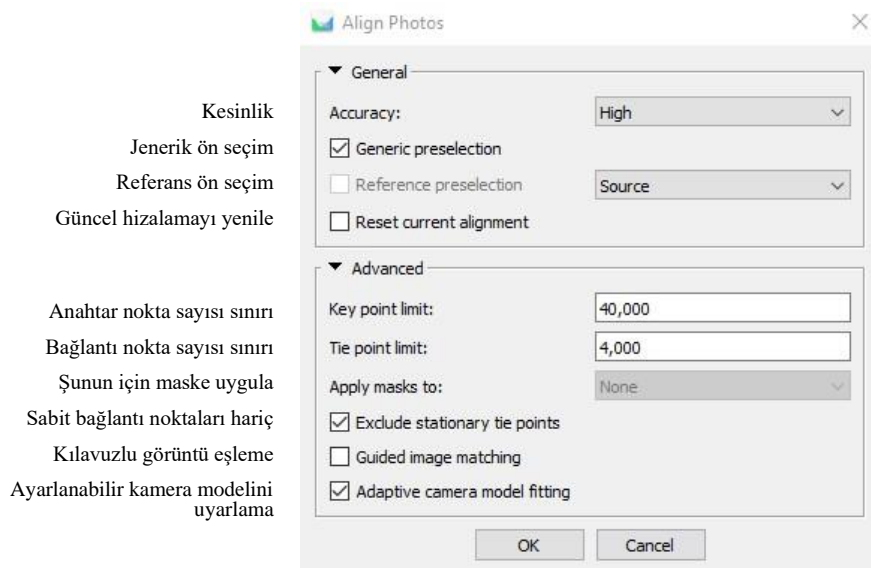
5.2.1.1. Akıllı telefon görüntüleri ile model oluşturulması

İlk görüntü alma işlemi Xiaomi Mi Note 10 Lite akıllı telefon ile yapılmaktadır. Bahse konu akıllı telefon biri önde dördü arkada 5 adet kameraya sahiptir(Mi , 2022). Cihazın sahip olduğu kamera donanımı ve tasarımı **Şekil 50** 'de görülmektedir. Çalışmanın görüntülerinin alındığı kamera, arayüzde 0,6X adıyla seçilen 8 MP geniş açı kamerasıdır. Bu kameranın Telefon üzerindeki konumu da yine **Şekil 50**' de görülebilmektedir.



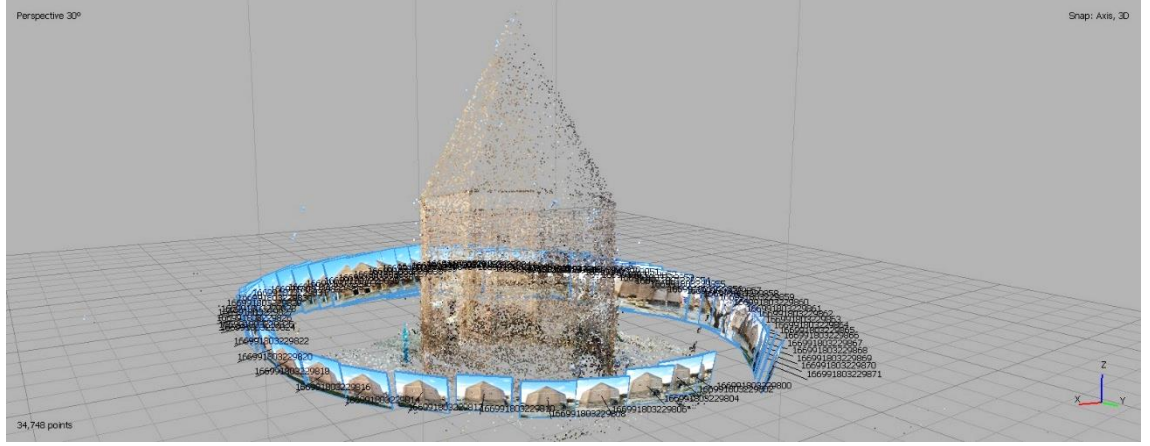
Şekil 50. Xiaomi Mi Note 10 Lite akıllı telefon, 0.6X geniş açı kamerası (sağda)

Cihazın geniş açılı kamerasının sahip olduğu sensör 1/3.6" ve odak uzaklığı değeri 1.9mm olmasına karşın, diğer donanımlarla belirli standartlarda karşılaştırma yapabilmek adına standart 36x24 mm sensöre sahip 35mm kamera lensi formatına karşılık gelen değerleri tercih edilmiştir. Bu değerlere göre; odak uzaklığı 19.1 mm, diyafram f/2.2 ve çözünürlük 3264x2448 piksel kabul edilmektedir(Camera FV-5, 2022). Donanım özellikleri belirtilen kamera ile türbe çevresinde dairesel olarak 72 saniye süreli 1080x1920 piksel çözünürlükte bir video görüntü kaydı alınmaktadır. Saniyede 30 kare olarak alınan bu görüntü kaydı, bilgisayar ortamında Adobe Premiere programı aracılığıyla saniyede 1 kareye indirgenerek 72 adet JPEG görüntü çıktısı elde edilmektedir. Ancak üç cihaz arasında kıyaslama yapılırken cihazların donanım ve teknik özelliklerinin, fotogrametri ile model elde edilmesine nasıl etki ettiği analiz edileceğinden dolayı görüntü sayıları sabit tutulmak istenmektedir. Bu yüzden videodan alınan 72 adet JPEG görüntü olmasına rağmen bu sayı 60 adete indirgenerek sınırlı tutulmuş ve fotoğraf adedi değişken olmaktan çıkarılmıştır. 60 adete indirgenen bu görüntüler toplu olarak Agisoft Metashape programında atılarak görüntülerin program üzerinde hizalanması işlemi yürütülmektedir. Hizalanma işlemi ve diğer işlemler program arayüzünde varsayılan değerler üzerinden yapılmaktadır. Bu değerlerin arayüz üzerinde görünümü Şekil 51 'de gösterilmektedir.

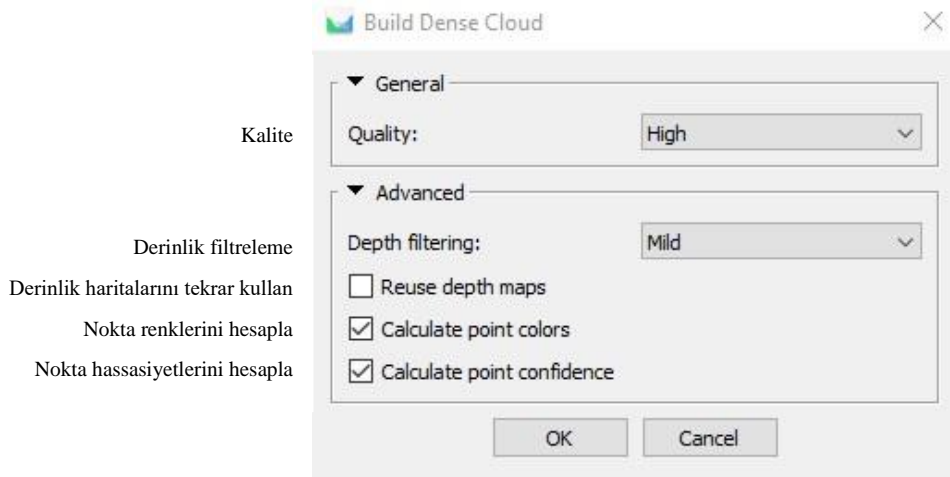


Şekil 51. Agisoft Metashape – fotoğraf hizalama değerleri

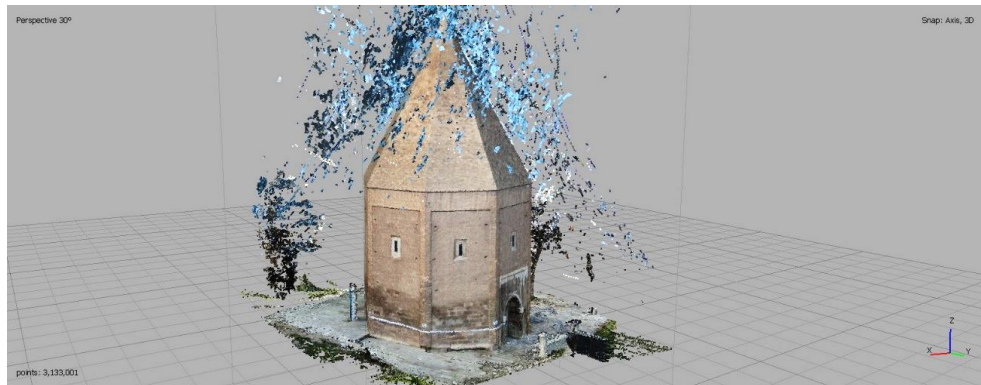
Varsayılan değerlere göre yürütülen hizalama işlemi sonucunda oluşturulan 34748 nokta ile kullanılan görüntülerin kamera konumları Şekil 52 'deki basit nokta bulutu verisinde gösterilmektedir.



Şekil 52. Agisoft Metashape – Basit nokta bulutu (34748 nokta) kamera konumları
 Basit nokta bulutu oluşturulmasının ardından program tarafından algoritmalarla bağlı olarak mevcut noktalar arasındaki boşluklar doldurularak nokta sayısı artırılmakta ve yoğun nokta bulutu oluşturulmaktadır. Bu işlem için program arayüzündeki varsayılan değerler Şekil 53 'de görülmektedir.



Şekil 53. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu değerleri



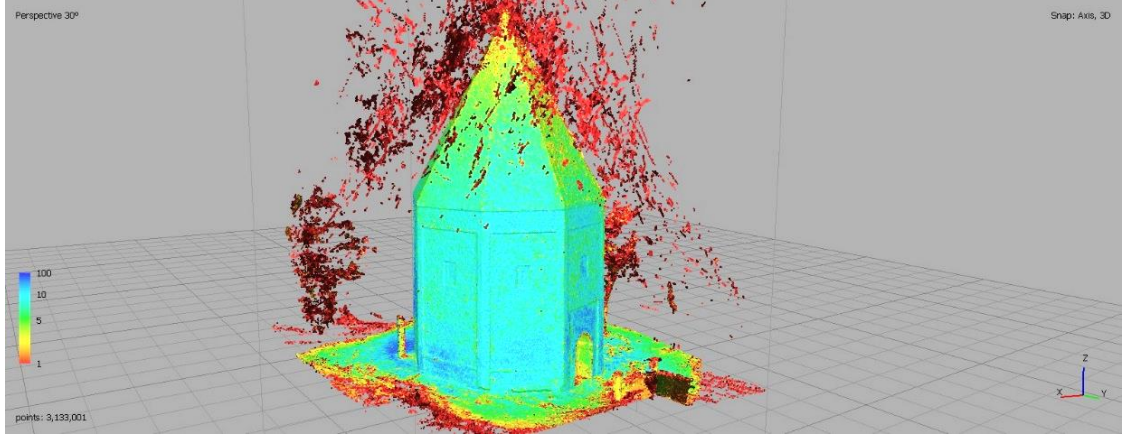
Şekil 54. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu (3133001 nokta)

Varsayılan değerler referans alınarak oluşturulan yoğun nokta bulutu **Şekil 54** 'de görülmektedir. Toplamda 3133001 adet noktadan oluşturulan yoğun nokta bulutu ile sonuç ürüne yakın bir görsel elde edilmektedir. Ancak bu veride yüzeyler tanımlanmadığı için program tarafından henüz bir model bilgisi görülmemektedir. Mevcut durumda model üzerinde herhangi bir referans ölçü girilmediğinden model ölçeği program tarafından oluşturulmaktadır. Ancak bunu gerçek ölçeğe uygun hale getirebilmek için iki adet referans nokta belirlenmeli ve bu noktalar arası gerçek uzunluk değeri girilmelidir. Bu kapsamda türbe köşelerine yerleştirilmiş ve aralarındaki ölçüler bilinen işaretçilerden ikisi seçilmektedir. Seçilen işaretçiler üzerine program tarafından işaretçi noktalar atılmaktadır. Atılan bu işaretçi noktalar **Şekil 55** 'de görülmektedir. İki işaretçi nokta arasında doğrusal bir çizgi tanımlanarak ve bu çizgiye gerçek ölçü değeri girilmektedir. Bu ölçü alanda 3.80m olarak ölçülmüştür. 3.80 değerinin girilmesinin ardından ölçekleme komutu ile model gerçek boyutuna uygun olarak ölçeklenmektedir. Modelin ölçekli hale getirilmesinin ardından çok fazla sayıdaki noktaların hassasiyet değerleri kontrol edilmektedir. Bu amaçla noktaların hassasiyeti 1 ve altında bir değerde olanlar yani kırmızı renkli noktalar silinerek yoğun nokta bulutu verisi doğruluğu daha yüksek dereceli noktalara indirgenmektedir.



Şekil 55. İşaretçi noktalar arasında referans ölçü (3.80m) girilmesi

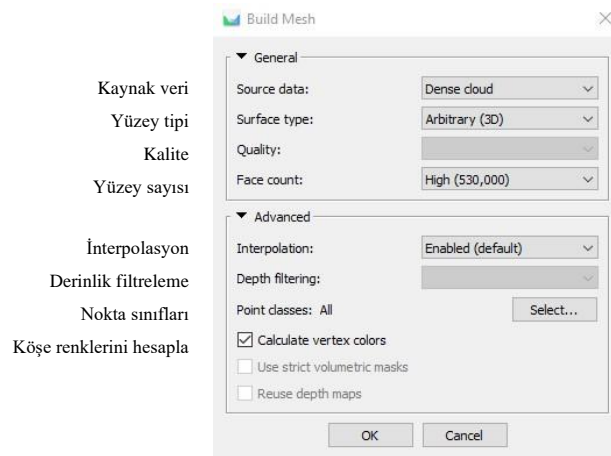
Düşük hassasiyetli noktalar, **Şekil 56** 'da kırmızı renkte gösterilmektedir. Bu noktaların kaldırılmasının ardından hassasiyet oranı yüksek olan yoğun nokta bulutu ise **Şekil 57** 'de gösterilmektedir. Hassasiyet düzeylerine bakıldığında türbe yüzeyinde hassasiyet artarken çevresinde hassasiyet düşmektedir. Bunun nedeni türbe konusunun daha çok görüntü çiftinde yer almasıdır.



Şekil 56. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu hassasiyet görünümü (3133001 nokta)

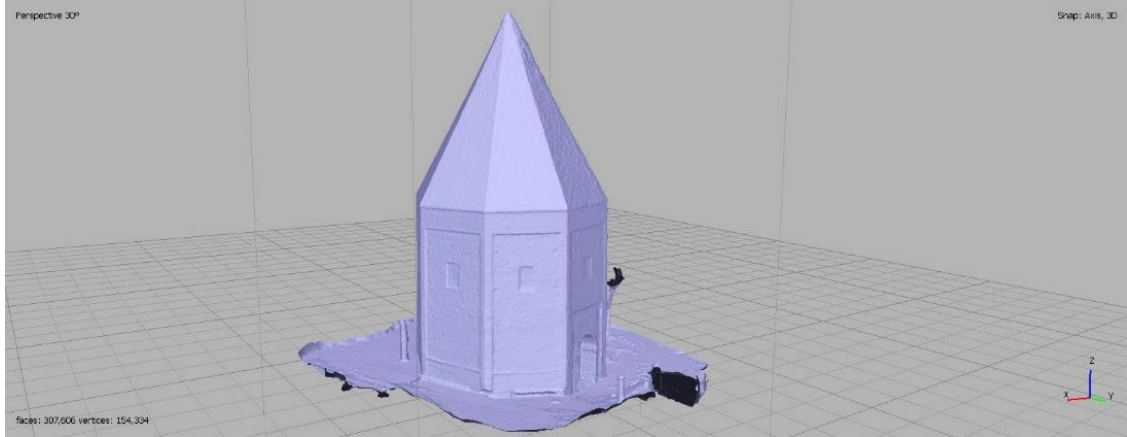


Şekil 57. Agisoft Metashape – Temizlenmiş yoğun nokta bulutu (2443723 nokta)
Yoğun nokta bulutunun 2443723 noktaya indirgenip hassasiyetinin artırılmasının ardından yüzey atama işlemi yürütülmektedir. Bu işlem için program arayüzüne girilen değerler Şekil 58 ‘de gösterilmektedir.



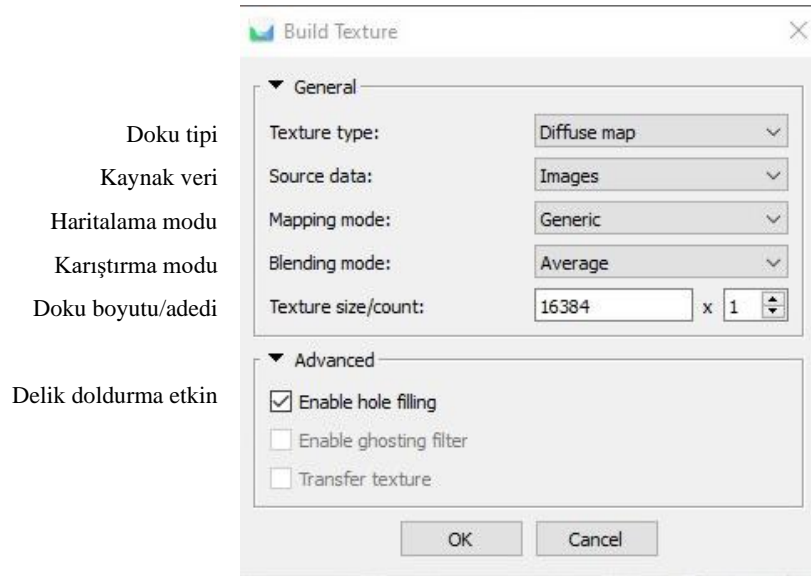
Şekil 58. Agisoft Metashape – Yüzey oluşturma değerleri

Bu değerler çerçevesinde oluşturulan modelde toplam 307606 yüzey oluşmaktadır. Küçük detaylarda yüksek hassasiyet elde etmek amacıyla yüzey sayısı yüksek tutulmaktadır. Bu şekilde oluşturulan model **Şekil 59** 'da görülmektedir.



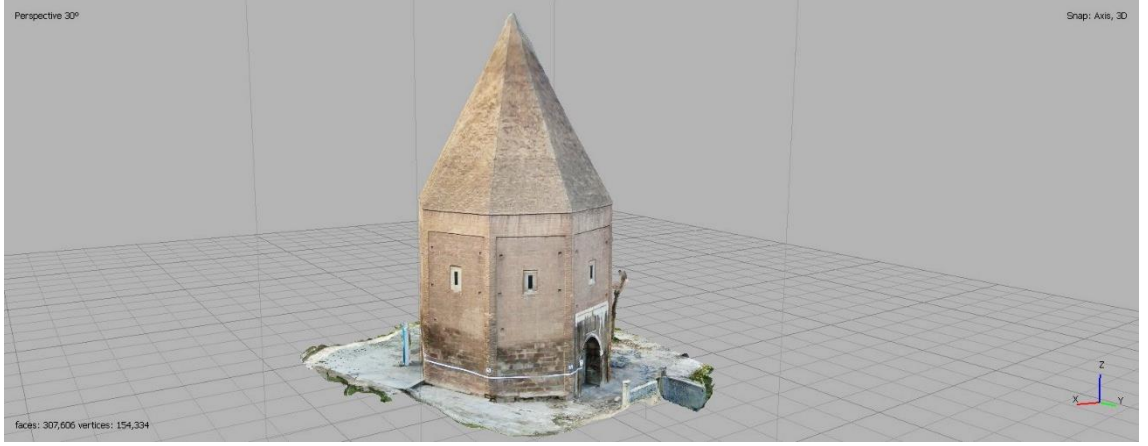
Şekil 59. Agisoft Metashape – 3B dijital model (307606 yüzey)

Yüzey atamaları ile 3B dijital modelin oluşturulmasının ardından model yüzeyine görüntülerden referans alarak desen oluşturulması işlemi yürütülmektedir. Model yüzeyine örtülecek örtü için program arayüzüne girilen değerler **Şekil 60** 'da görülmektedir.



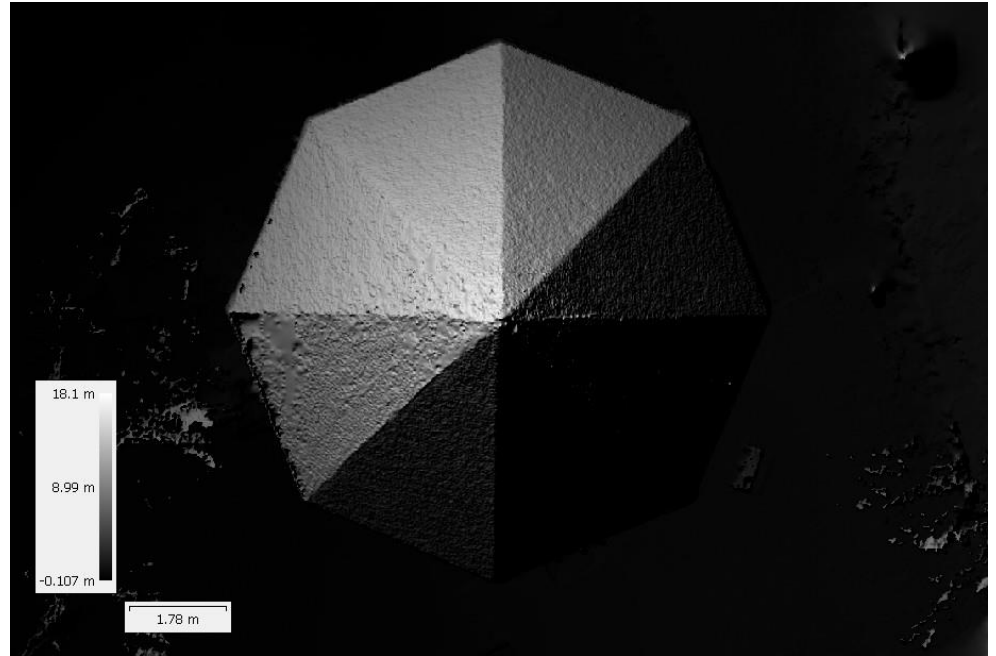
Şekil 60. Agisoft Metashape – Yüzelelere doku atama değerleri

Bu değerler ile oluşturulan tekstür atanmış model görüntüsü **Şekil 61** 'de görülmektedir. Bu şekilde model program dışına model (3B) olarak, ortofoto (2B) olarak ya da derinlik haritası (2.5B) olarak çıktı almaya hazır hale gelmektedir.



Şekil 61. Agisoft Metashape – Doku atanmış 3B dijital model

Oluşturulan model farklı formatlarda program dışına aktarılmaktadır. 3B model; OBJ, FBX ve STL dosya formatlarında dışarı aktarılırken, derinlik haritası; JPEG formatta dışarı aktarılmaktadır. Program dışına aktarılan derinlik haritası **Şekil 62** 'de görülebilmektedir. Bu sayede düşük dosya boyutuna sahip 2B görüntü ile aynı zamanda yapının yükseklik bilgileri de dışa aktarılmış olmaktadır. Derinlik haritaları çeşitli renk skalaları ile dışa aktarılabilmektedir. Program tarafından kırmızı-mavi renk skalası varsayılan olarak kullanılırken, siyah – beyaz renk skalası da tercih edilebilmektedir. Bu çalışmadaki derinlik haritalarında da siyah- beyaz renk skalası kullanılmaktadır.



Şekil 62. Seyfettin Karasungur Türbesi derinlik haritası (telefon)

5.2.1.2. Fotoğraf makinesi görüntüleri ile model oluşturulması

Çalışmada kullanılan fotoğraf makinesi, Canon EOS 1200D dijital fotoğraf makinesi olup **Şekil 63** 'de görülebilmektedir.

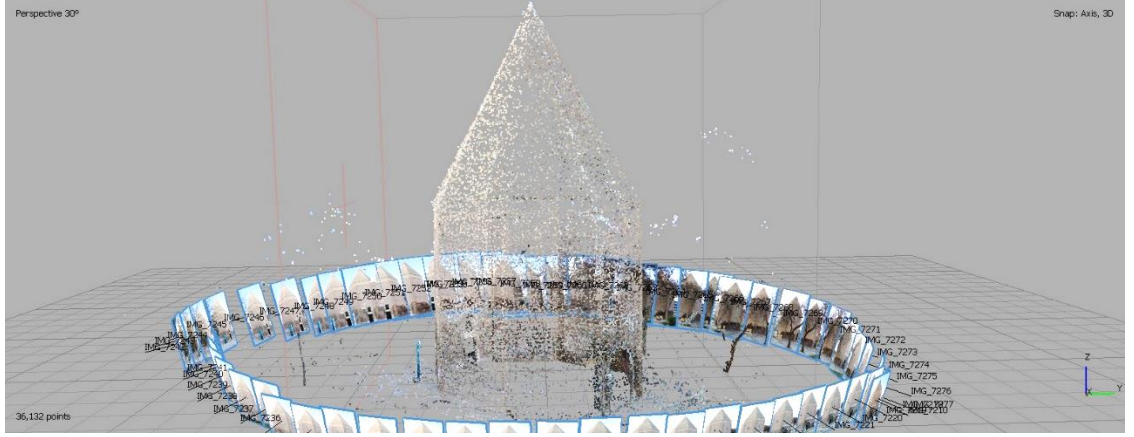


Şekil 63. Canon 1200D dijital fotoğraf makinesi

Kaynak: (Canon (a), 2022)

Fotoğraf makinesinin üzerinde halihazırda, **Şekil 63** 'de görülen EF-S 18-55 f/3.5-5.6 IS II lensi takılı bulunmaktadır. Bu lens, 35 mm film formatında 29-88mm aralığında odak uzaklıklarına ulaşabilen ve 58mm filtre çapına sahip bir lensdir(Canon (b), 2022). Lensin bağlandığı kamera gövdesinde; 22.3 x 14.9 mm ölçülerinde, 3:2 en-boy oranına sahip, 18 mega piksel görüntü sensörü bulunmaktadır. Ayrıca; akıllı sahne, yakın çekim, manzara, portre, gece portresi, spor, film, flaşsız, otomatik, yaratıcı otomatik, manuel, programlı, diyafram öncelikli ve enstantane öncelikli olmak üzere 14 adet farklı çekim moduna sahip olan fotoğraf makinesi JPEG, RAW ya da MOV dosya formatlarında görüntü kaydı yapabilmektedir(Canon (a), 2022). Çalışmada fotoğraf makinesi ile türbe çevresinden kayıt altına alınmış, ardışık 60 adet JPEG görüntü kullanılmaktadır. Bu görüntülerin fotoğraflanması aşamasında fotoğraf makinesi; manuel modunda, geniş açı olan 18mm odak uzaklığında, diyafram aralığı en açık pozisyonda ve f/3.5 değerinde, örtücü hızı 1/250 sn. 'de ve son olarak ISO 100 değerinde kullanılmaktadır. Yine fotoğraf makinesi menüsünden tercih edilebilen fotoğraf formatı ve çözünürlüğü olarak; JPEG dosya formatı ile 3:2(L)- 5184x3456 piksel çözünürlüğü seçilmektedir. Bu ayarlarda kayıt

altına alınmış 60 adet görsel, telefon ile yürütülen çalışmaya benzer olarak Agisoft Photoscan programına yüklenmektedir. Yüklenen fotoğrafların ilk olarak hizalanması işlemleri gerçekleştirilmekte, bu işlemde ve devam eden tüm modelleme sürecinde program arayüzünde, telefon ile kaydedilen görüntülerde kullanılan değerler ile süreç yürütülmektedir. Bu kapsamda programa hizalama işlemleri tamamlanan fotoğrafların konumu ve oluşturulan basit nokta bulutu verisi **Şekil 64** 'de gösterilmektedir.



Şekil 64. Agisoft Metashape – Basit nokta bulutu (36132 nokta)

60 adet görüntünün programa hizalama işleminin ardında toplamda 36132 adet noktadan oluşan bir basit nokta bulutu oluşturulmaktadır. Bu aşamanın ardından nokta sayısının artırılmasını sağlayan yoğun nokta bulutu oluşturma işlemine geçilmektedir. Oluşturulan yoğun nokta bulutu **Şekil 55** 'te gösterilmektedir.



Şekil 65. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu (26911847 nokta)

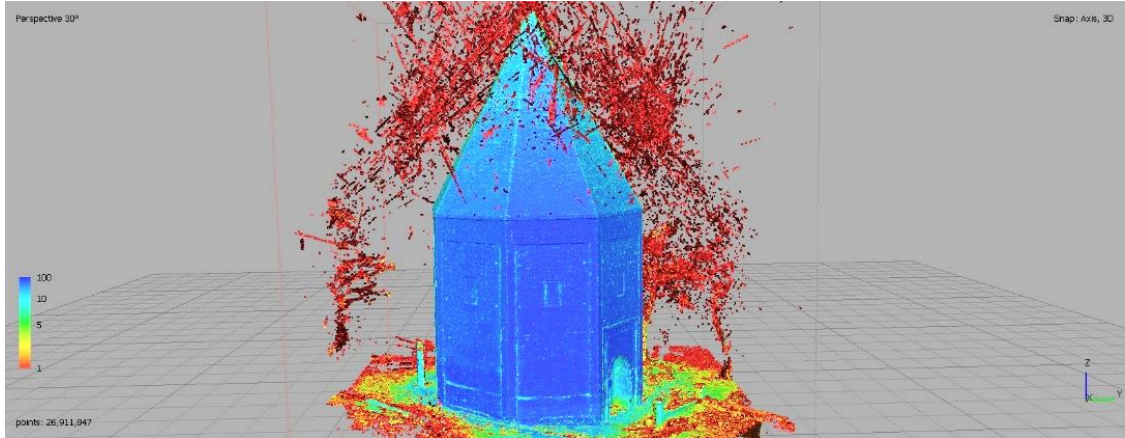
Program tarafından işlenen basit nokta bulutu verisinden, toplamda 26911847 adet noktadan meydana gelen yoğun nokta bulutu oluşturulmaktadır. Bu etapta henüz ölçeksiz olan nokta bulutu verisine bilinen bir ölçü girilmesi gerekmektedir. Tıpkı telefonla

yürütülen modelde olduğu gibi aralarındaki ölçüleri bilinen iki işaretçi üzerine program arayüzünde noktalar atılarak, bu noktalar arasındaki ölçü girilmektedir. Bu ölçüye göre nokta bulutu program tarafından ölçeklendirilmektedir. Bu ölçekleme işlemi için kullanılan işaretçiler ve üzerlerine atılan noktalar **Şekil 66** 'da gösterilmektedir.



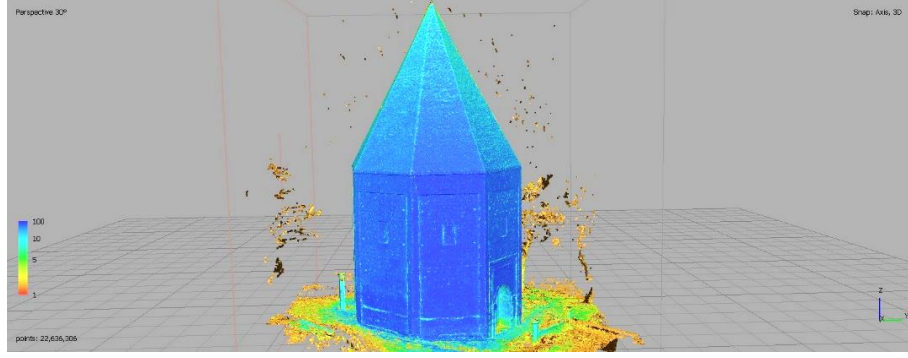
Şekil 66. Agisoft Metashape - İşaretçi noktalar arasında referans ölçü (3.80m) girilmesi

Belirlenen işaretçiler arasında, 3.80m olarak ölçülen yatay uzunluk programa girildikten sonra model ölçekli bir hal almaktadır. Bu işlemin ardından da hassasiyet analizi yapılmakta ve doğruluğu kesin olmayan noktalar temizlenmektedir. Yoğun nokta bulutunun hassasiyet derecelerinin renk skalalı görünümü **Şekil 67** 'de gösterilmektedir.

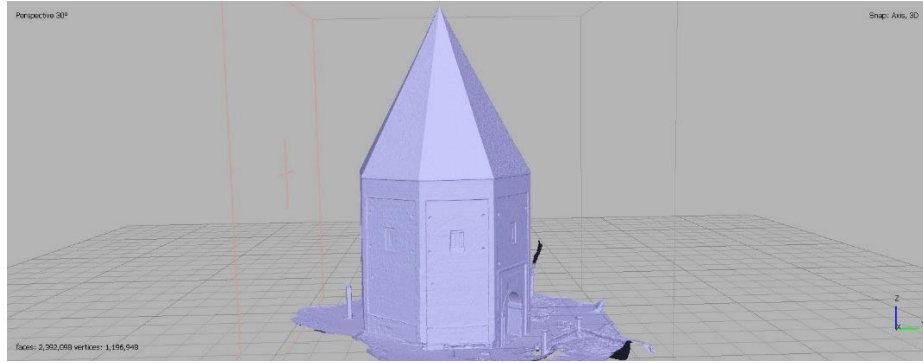


Şekil 67. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu hassasiyet görünümü (26911847 nokta)

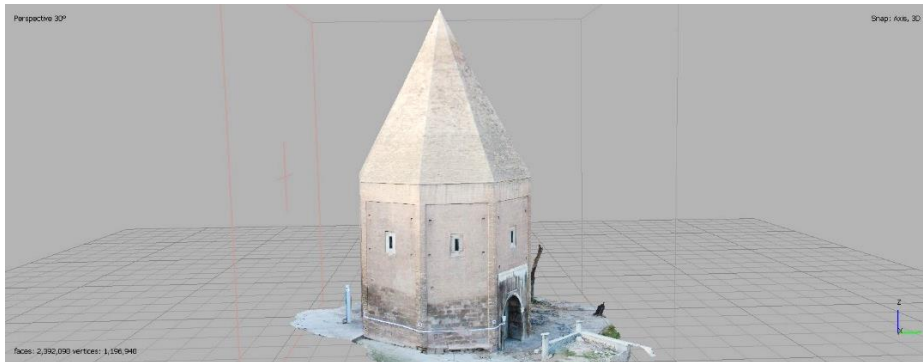
Hassasiyeti “1” sayısı ve “kırmızı” renk ile ifade edilen noktalar filtrelenerek seçilmekte ve ardından silinerek temizlenmektedir. Bu noktaların temizlenmesinin ardından ortaya çıkan yoğun nokta bulutu görünümü **Şekil 68** 'de verilmektedir.



Şekil 68. Agisoft Metashape – Temizlenmiş yoğun nokta bulutu (22636306 nokta)
Temizlenen yoğun nokta bulutundaki nokta sayısı 22636306 adet noktaya düşmektedir. Yoğun nokta bulutunun doğruluğu daha yüksek olan noktalara indirgenmesinin ardından noktalar arasında üçgenlemeler ile yüzeyler atanmaktadır. Yüzey ataması yapılan modelin görseli **Şekil 69** 'da gösterilmektedir.

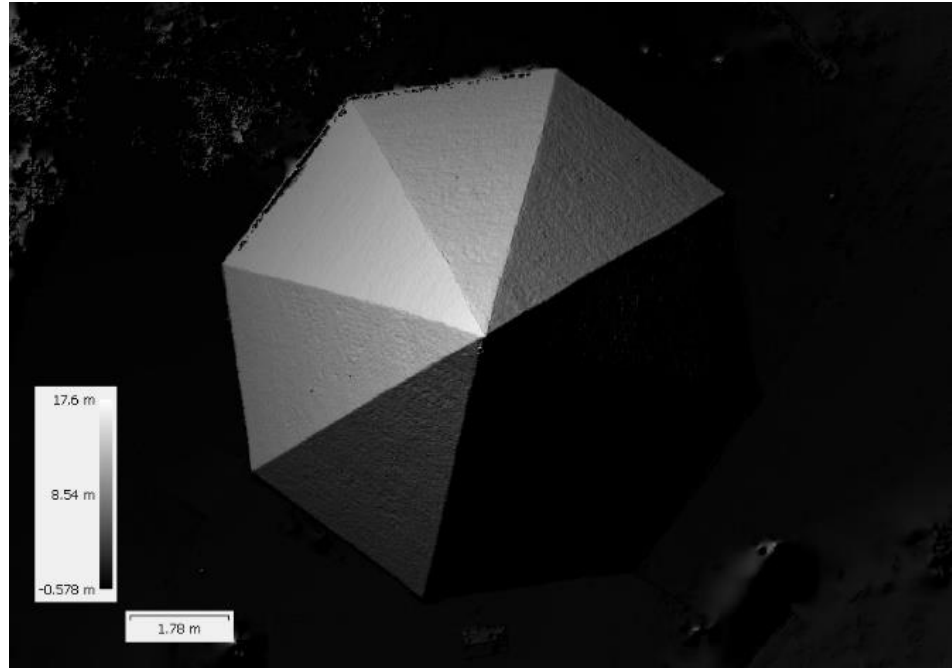


Şekil 69. Agisoft Metashape – Yüzey atanmış 3B dijital model (2392098 yüzey)
Yüzey atanması işleminin sonucunda mor şekilde renksiz görünen 2392098 adet üçgen yüzeyden oluşan 3B model elde edilmektedir. Bir sonraki aşamada ise modelin yüzeyine programa yüklenen görsellerden elde edilen doku ve renk ataması yapılmaktadır. Bu işlem sonucu elde edilen renkli model **Şekil 70** 'de görülmektedir.



Şekil 70. Agisoft Metashape – Doku ataması yapılan 3B dijital model

3B dijital model oluşturulması sürecinin son aşaması olan doku atanması işleminin ardından ortaya çıkan 3B model program dışına daha öncede belirtildiği gibi pek çok sayıda dosya formatı ile aktarılabilir. Bu formatlardan bazıları; OBJ, FBX, STL, 3DS, DXF gibi 3B koordinat bilgisi içeren dosya formatlarıdır. Yine telefon ile yürütülen modelleme işlemi sonunda yapılan derinlik haritası oluşturulması, bu süreç sonunda da üretilmektedir. Siyah – beyaz renk skalası ile ölçeği belirtilen derinlik haritası **Şekil 71** 'de görülmektedir. Akıllı telefonla üretilen derinlik haritasında belirtilen uç noktalar arası net ölçü 18.20m iken fotoğraf makinesi ile bu ölçü 18.18m olarak gösterilmektedir. Bütüncül bir yolla kıyaslama yapabilmek adına; derinlik haritaları arasında ortaya çıkan farkların analizine bölüm sonunda, tüm araçların kullanımı ve modelleme süreçlerinin tamamlanmasının ardından yer verilmektedir.



Şekil 71. Seyfettin Karasungur türbesi derinlik haritası (fotoğraf makinesi)

5.2.1.3. İHA görüntüleri ile model oluşturulması

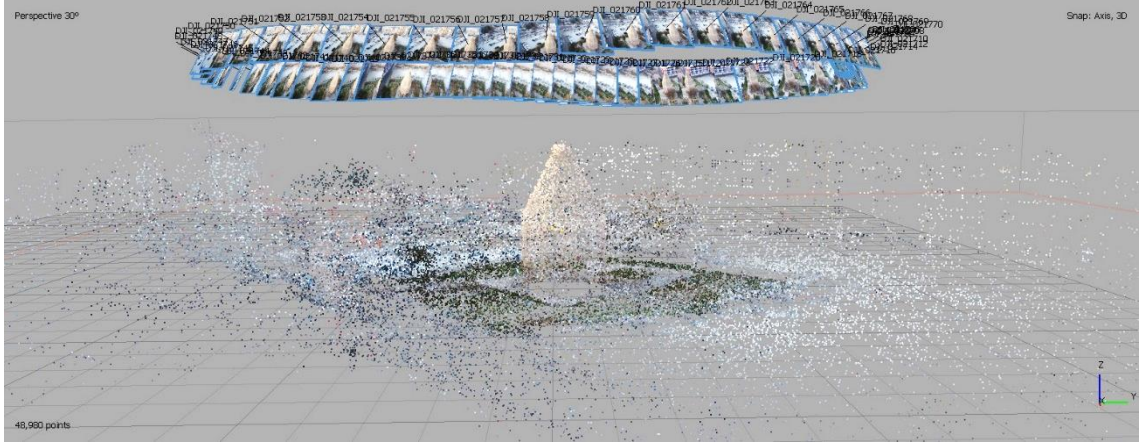
Yapının fotoğraflanarak modellenmesinde; telefon ve fotoğraf makinesi ile elde edilen görsellerin kullanımının ardından, sırada insansız hava aracı ile elde edilen görüntülerin bu modelleme sürecinde kullanılması gelmektedir. Bu amaçla kullanılan insansız hava aracı; DJI Mini SE model hava aracıdır. Hava aracının görünümü **Şekil 72** 'de gösterilmektedir.



Şekil 72. DJI Mini SE model insansız hava aracı

Kaynak: (DJI, 2022)

Aracın üzerine yerleşik olarak bulunan kamera; 1/2.3" CMOS 12 mega piksel görüntü sensörüne sahip olup 35mm 'lik formatta 24mm eşdeğerinde lens bulundurmaktadır. Kameranın diyafram açıklığı sabit ve f/2.8 değerindedir. Aynı zamanda örtücü hızı, 4 sn ile 1/8000 sn arasında değerlendirilirken ISO değeri 100 ile 3200 arasında değerlendirilmektedir. Bu değerler manuel olarak ayarlanabilirken otomatik moda alınarak bu değerleri aracın belirlemesi de tercih edilebilmektedir. 4:3 (4000x3000 piksel) ya da 16:9 (4000x2250 piksel) çözünürlük oranlarında fotoğraf çekimi yapılabilirken 2.7K (2720x1530 piksel) çözünürlükte ve saniyede 30 kare video görüntü kaydı alınabilmektedir. Video görüntü formatı olarak MP4 dosya formatında kayıt alınırken fotoğraflarda JPEG doya formatında görüntü kaydı yapılmaktadır(DJI, 2022). Çalışma alanında insansız hava aracı ile türbe çevresinde; 25m irtifada, saniyede 30 kare ve 2.7K (2720X1530 piksel) çözünürlükte video görüntü kaydı alınmaktadır. Toplamda 71 saniye süren ve türbe yapısının çevresini bir tam tur dönen görüntü kaydı, tıpkı telefonla alınan görüntü kaydında olduğu gibi bilgisayar ortamında saniyede 1 kare olacak şekilde JPEG formatta fotoğraf çıktılarına ayrılmaktadır. Bu şekilde 71 saniyelik videodan 71 adet JPEG görüntü elde edilmekte ardından bu sayı 60 adete indirgenmektedir. Elde edilen görüntüler Agisoft Metashape programına atılarak fotoğraf hizalama işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu evrede ve modelleme sürecinin devamındaki evreler için arayüzde girilen değerler telefon ve fotoğraf makinesindeki değerler ile aynıdır, değerlerde hiçbir değişiklik yapılmamaktadır. Aynı değerlerdeki hizalama sonucu oluşan basit nokta bulutu ve kamera konumları **Şekil 73** 'te görülmektedir.



Şekil 73. Agisoft Metashape – Basit nokta bulutu ve kamera konumları (48980 nokta)

Bu etapta ortaya çıkan basit nokta bulutunda toplamda 48980 adet nokta bulunmaktadır. Bu noktaların arasındaki boşluklara algoritmalar ile fazladan noktalar eklenerek daha doğru geometrilere model elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda ikinci adım olan yoğun nokta bulutu oluşturulması işlemine geçilmektedir. Oluşturulan yoğun nokta bulutu **Şekil 74** 'de görülmektedir.



Şekil 74. Agisoft Metashape – Yoğun nokta bulutu (9698044 nokta)

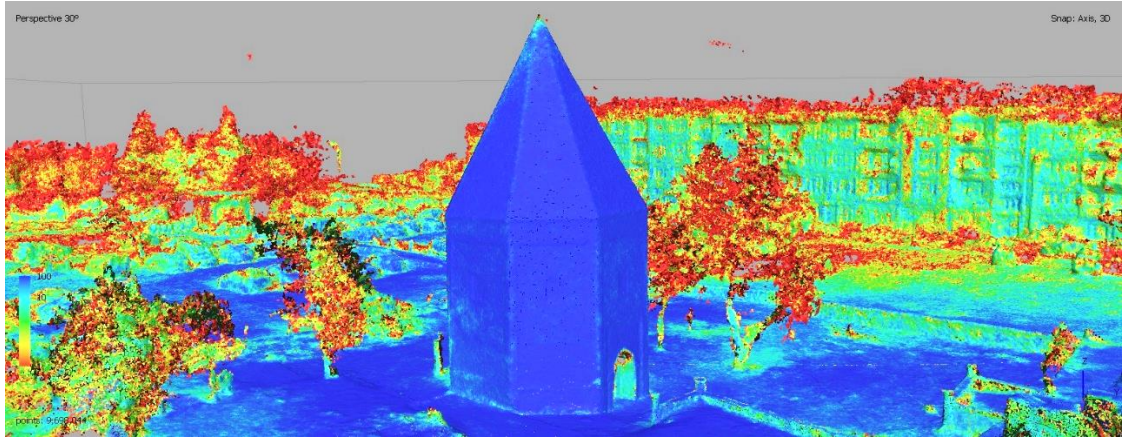
Oluşturulan yoğun nokta bulutunda toplamda 9698044 adet nokta bulunmaktadır. Bu aşamada ölçeksiz olan nokta bulutunda daha önceki cihazlarda olduğu gibi işaretçi noktalar arasına referans noktaları atılarak bu noktalar arasındaki referans ölçü değeri girilmektedir. Bu değer tüm süreçlerde 3.80m olarak girildiği gibi hava aracı görüntülerinden oluşturulan model içinde bu değer girilmektedir. Ardından gerçek ölçüden referans girilen model bu ölçüğe göre program tarafından ölçeklendirilmektedir.

Bu ölçeklendirme işlemi için belirlenen referans noktalar ve bu noktalar arasındaki referans ölçü çizgisi **Şekil 75** 'te görülmektedir.



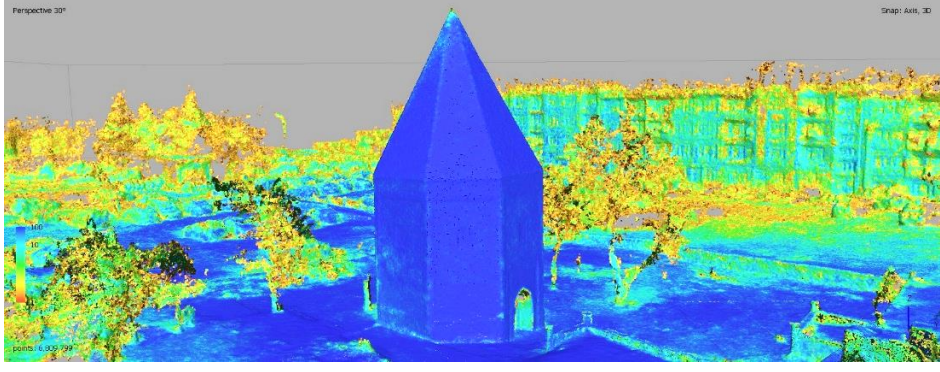
Şekil 75. Agisoft Metashape – İşaretçiler üzerine atılan referans noktalar ve bu noktalar arasında değer girilen referans çizgi

Ölçeklendirme işleminin ardından yoğun nokta bulutunun doğruluk hassasiyetinin artırılması işlemi gelmektedir. Bu kapsamda doğruluk değeri 1 ve rengi kırmızı olan noktalar yoğun nokta bulutundan silinerek çıkarılmaktadır. Silinen kırmızı noktalar **Şekil 76** 'da görülmektedir.

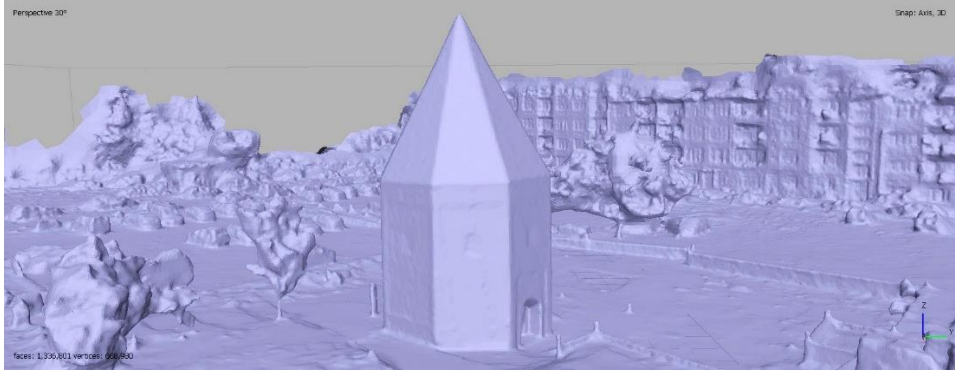


Şekil 76. Agisoft Metashape – yoğun nokta bulutu hassasiyet görünümü (9698044 nokta)

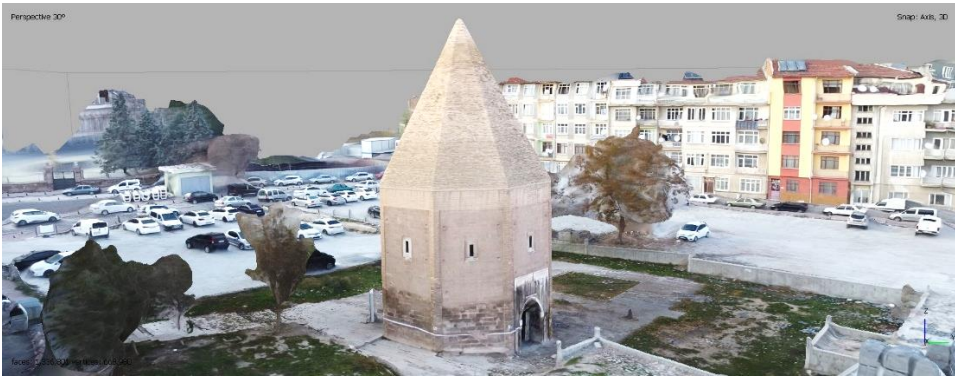
Hassasiyeti 1 derecesinde olan kırmızı noktaların silinmesinin ardından ortaya çıkan yoğun nokta bulutu **Şekil 77** 'de görülmektedir. Bu işlemin ardından nokta sayısı 5823898' e düşmektedir.



Şekil 77. Agisoft Metashape – Temizlenmiş yoğun nokta bulutu (6809799 nokta)
Yoğun nokta bulutunun hassasiyetinin artırılmasının ardından mevcut noktalar arasında üçgenleme yöntemi ile yüzeyler atanması işlemine geçilmektedir. Bu işlem sonucunda oluşan yüzey atanmış 3B dijital model **Şekil 78** 'de görülmektedir.

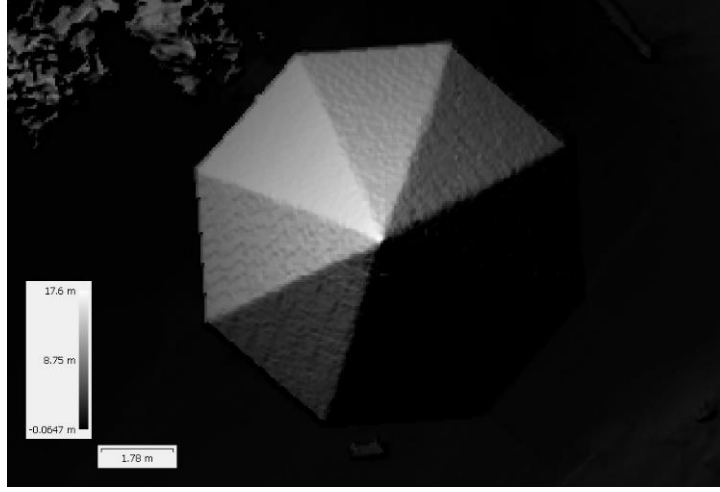


Şekil 78. Agisoft Metashape – Yüzey atanmış 3B dijital model (1336801 yüzey)
Yoğun nokta bulutu verisi ile yüzey atama işlemi sonucundan toplamda 1336801 adet yüzey oluşturulmaktadır. Bu haliyle renksiz ve dokusuz bulunan 3B dijital model üzerine programa yüklenen görsellerden elde edilen renk ve doku atama işlemi yürütülmektedir. Bu yolla elde edilmiş renkli ve dokulu 3B dijital model **Şekil 79** 'da gösterilmektedir.



Şekil 79. Agisoft Metashape – Doku atanmış 3B dijital model (1336801 yüzey)

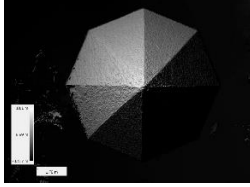
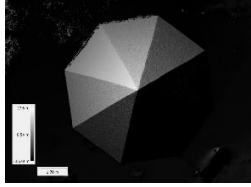
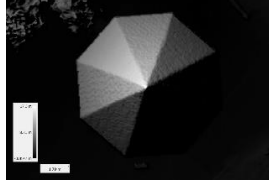
Doku atanmasıyla birlikte ulaşılan sonuç ürünün vaziyet görünümünden elde edilen siyah-beyaz renk skalasındaki derinlik haritası **Şekil 80** 'de görülmektedir.



Şekil 80. Seyfettin Karasungur Türbesi derinlik haritası (insansız hava aracı)

Üç ayrı cihaz ile alınan görüntülerden elde edilen 3B dijital modeller ile bu modellerin derinlik haritaları bilgisayar ortamında Agisoft Metashape programı ile oluşturulmuştur. Süreçte kullanılan cihazların ve bu cihazlar ile alınan görüntülerin özellikleri, bu görüntülerden elde edilen nokta bulutundaki nokta sayıları ve oluşturulan yüzey sayıları ile derinlik haritalarındaki net uzunluk bilgileri **Tablo 1** 'de gösterilmektedir. Buradan hareketle; fotoğraf makinesi ile basit nokta bulutu oluşturulması evresinde 36,132 adet nokta tespit edilip oluşturulurken, bu basit nokta bulutundan 26,911,847 adet nokta ile diğer iki cihazın görüntülerinden elde edilmiş yoğun nokta bulutlarından çok daha fazla sayıda nokta içeren bir yoğun nokta bulutu oluşturduğu görülmektedir. Akıllı telefon görüntülerinden oluşan basit nokta bulutundan yaklaşık 90 kat fazla sayıda noktaya sahip yoğun nokta bulutu oluşurken, aynı şekilde İHA ile alınan görüntülerden oluşan basit nokta bulutundan yaklaşık 200 kat fazla sayıda noktaya sahip yoğun nokta bulutu oluşurken, fotoğraf makinesi ile alınmış görüntülerden elde edilen basit nokta bulutundan yaklaşık 740 kat fazla sayıda noktaya sahip yoğun nokta bulutu oluşmaktadır. Program üzerindeki nokta tespit ve nokta bulutu oluşturulması dahil tüm modelleme süreci boyunca tüm ayarlar sabit ve varsayılan değerlerde tutulmasına rağmen ortaya çıkan bu denli birbirinden farklı sayısal değerlerin çözünürlük değeri ile orantılı olduğu düşünülmektedir. Bu amaçla cihazların görüntü çözünürlük değerleri ile oluşturdukları yoğun nokta bulutundaki nokta sayıları arasındaki sayısal ilişkiler ve oranlar **Tablo 2** 'de incelenmektedir.

Tablo 1. Cihazlara göre donanım özellikleri ve ulaşılan 3B modelleme değerleri

	Akıllı Telefon Xiaomi Mi Note 10 Lite	Fotoğraf Makinesi Canon EOS 1200D 18-55 EF-S IS II	İHA DJI Mini SE
Çözünürlük	1080x1920 piksel	5184x3456 piksel	2720x1530 piksel
35 mm film formatına karşılık gelen odak uzaklığı (mm)	19.1 mm	29mm(18)	24mm
Diyafram Açıklığı	f/2.2	f/3.5	f/2.8
Kaydedilen Görüntü Formatı ve Değerlendirmeye Alınan Dosya Adedi	72 saniye MP4 video kaydından 60 adet JPEG görüntü	60 adet JPEG görüntü	71 saniye MP4 video kaydından 60 adet JPEG görüntü
Basit nokta bulutunda yer alan nokta sayısı	34,748	36,132	48,980
Yoğun nokta bulutunda yer alan nokta sayısı	3,133,001	26,911,847	9,698,044
Temizlenmiş yoğun nokta bulutunda yer alan nokta sayısı	2,443,723	22,636,306	6,809,799
Oluşturulan yüzey sayısı	307,606	2,392,098	1,336,801
Derinlik Haritalarında Alt ve Üst Sınır ölçüleri arasındaki net uzaklık ölçüsü (m)	18.20m	18.18m	17.67m
Derinlik Haritası Görselleri (JPEG)			

Tablo 2. Cihazlara göre elde edilen görüntülerin çözünürlükleri ile bu görüntülerden oluşturulan yoğun nokta bulutunda yer alan nokta sayılarının birbirine göre sayısal oranları

	Akıllı Telefon	Fotoğraf Makinesi	İHA
	Xiaomi Mi Note 10 Lite	Canon EOS 1200D 18-55 EF-S IS II	DJI Mini SE
Çözünürlük değerleri arasındaki sayısal oran	1080x1920 (X)	5184x3456 (8.6X)	2720x1530 (2X)
Yoğun nokta bulutunda yer alan nokta sayıları arasındaki oran	3,133,001 (X)	26,911,847 (8.6X)	9,698,044 (3X)

Nokta bulutu oluşturulan görüntülerin birbirine göre çözünürlükten ayrı olarak farklı parametrelere sahip olduğu ve bu parametrelerin de nokta oluşumunda etkin olduğu bilinmesine rağmen **Tablo 2** 'de görüldüğü üzere çözünürlüklerin birbirine olan oranları ile yoğun nokta bulutundaki nokta sayılarının birbirine olan oranları yakın görülmektedir. Bu benzerliğe göre çözünürlüğü yüksek ve birbirine bağlı olan ortak piksellere sahip görüntü çiftlerinden elde edilen yoğun nokta bulutundaki nokta sayısı, çözünürlüğü düşük ve aralarındaki piksel bağlantıları az olan görüntü çiftlerinden elde edilen yoğun nokta bulutundaki nokta sayısından yüksek çıkmaktadır. Görüntüler üzerine program tarafından atılan piksel bağlantı noktaları **Şekil 81**' de görülmektedir.



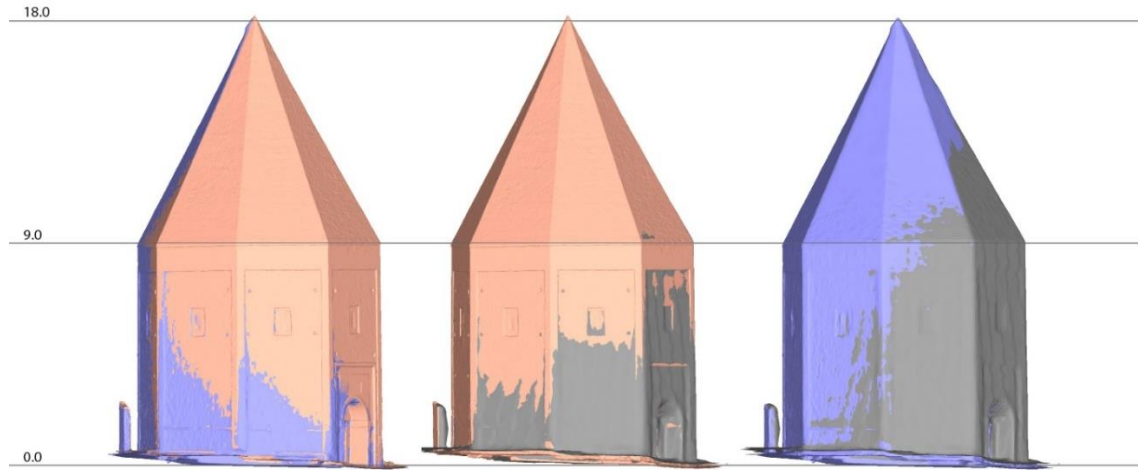
Şekil 81. İHA ile alınan görüntü (sol) ve Fotoğraf makinesi ile alınan görüntü (sağ) üzerinde program tarafından tespit edilen bağlantı noktalarının konum ve sayısı

Modelleme süreci başlangıcında telefon ile alınan görüntülerin programa atılarak işlenmesi aşamasında program arayüzüne görüntü hizalama işlemi için girilen varsayılan değerlerin görseli **Şekil 51** 'de gösterilmiştir. Buna göre program tarafından görüntü çiftleri arasında 40,000 adet anahtar nokta ve 4,000 adet bağlantı noktası oluşturulması beklenmektedir. Bu kapsamda programa yüklenen tüm görsellerin sahip oldukları çözünürlükler içerisinde atılan nokta sayısı değişmeksizin ortak olduğu tespit edilen piksellere işaretlenmektedir. **Şekil 81** 'de görüleceği üzere İHA ile alınan görüntü üzerine işaretlenen 40,000 anahtar noktanın yaklaşık dörtte biri türbe üzerinde örtüşürken fotoğraf makinesi ile alınan görüntünün üzerinde neredeyse tüm noktalar türbe üzerinde örtüşmektedir. Bu da oluşturulacak nokta bulutlarındaki türbe üzerine gelen noktaların sayılarını etkilemektedir. Bunun sonunda fotoğraf makinesi ile alınan görüntülerden oluşturulan yoğun nokta bulutunda neredeyse tamamı türbe üzerinde yer alan 26,911,847 adet nokta elde edilirken, İHA ile alınan görüntülerden oluşturulan yoğun nokta bulutunda türbe ve yakın çevresini de kapsayan toplam 9,698,044 adet nokta yer almaktadır. Buradan hareketle söz konusu mekan ya da objenin görüntülerinin alınması sırasında mümkünse tüm fotoğraf kadrına konu mekanın sığdırılması oluşturulacak nokta bulutu sayısını artırırken daha detaylı yüzeylerin oluştuğu 3B dijital model elde edilmesini sağlamaktadır. Çalışma sürecinde oluşturulan 3B dijital modellerin ölçekli bir şekilde yan yana yerleştirilmesi **Şekil 82** 'de; solda akıllı telefon, ortada fotoğraf makinesi ve sağda İHA ile elde edilen model yer alacak şekilde gösterilmiştir.



Şekil 82. Üç farklı cihaz ile alınmış görüntülerden oluşturulan 3B dijital modellerin ölçekli bir halde kotlarının gösterilmesi

Oluşturulan modeller derinlik haritaları üzerinden birbiri ile kıyaslandığında; 18.18m net uzunluklu fotoğraf makinesi temelli model ile 18.20m net uzunluklu telefon temelli model birbirine yakın boyutlarda çıkarken 17.67m net uzunluklu İHA temelli model ikisine göre daha kısa olarak modellenmektedir. Model uzunluklarının derinlik haritaları üzerinden kıyaslanması sırasında bazı modellerin derinlik haritalarının en dip ölçüleri farklı değerlerde başladığı görülmektedir. Buna; yapı çevresinde halihazırda mevcut olan kot değişiklerinin ve bu kotlara göre yapı yüksekliğinin farklı referanslara göre elde edilmiş olmasının neden olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple tümüyle derinlik haritalarının kıyaslanması ile ölçülerdeki sonuçların kesin değerler ifade edemeyeceği göz önünde bulundurularak modeller arasında ölçekli örtüştürme işlemleri yapılmaktadır. Bu işlem sonucu elde edilen ikili örtüştürmeler **Şekil 83** 'de görülmektedir. Solda fotoğraf makinesi ile telefon, ortada fotoğraf makinesi ile İHA ve sağda telefon ile İHA modellerinin örtüştürülmesi gösterilmiştir.

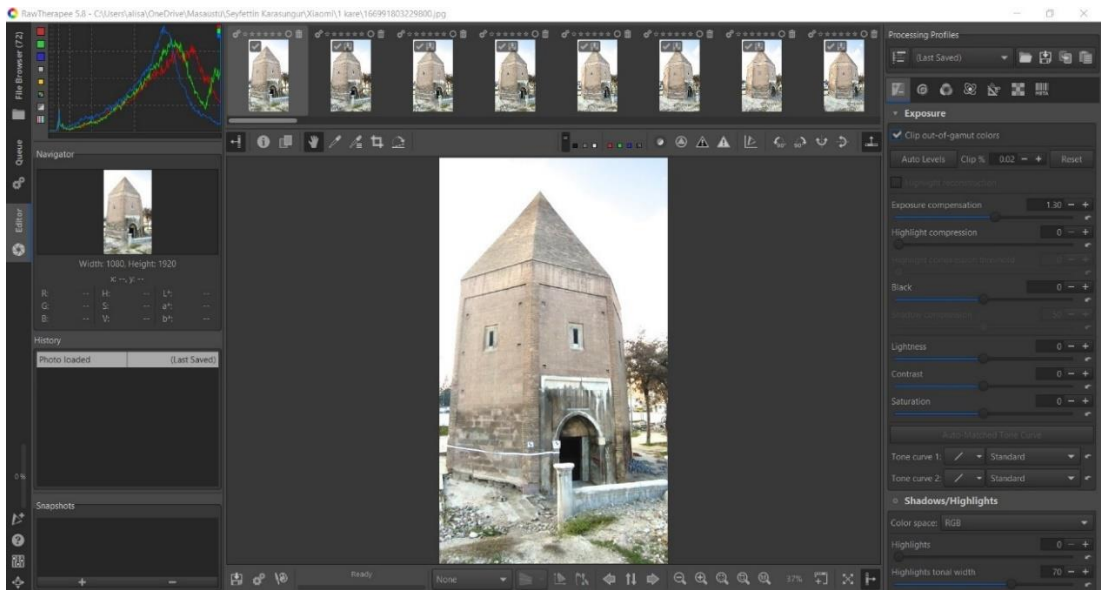


Şekil 83. 3B dijital modellerin ikili örtüştürülmesi

Yapılan örtüştürmeler sonucunda fotoğraf makinesi ve telefon aracılığı ile elde edilen modellerin yüksek oranda örtüştüğü ve ölçeğin birbirine yakın olduğu görülürken İHA ile yapılan örtüştürmelerde, İHA ile elde edilmiş modelin diğer iki modelin içinde kaybolduğu ölçek olarak diğerlerine göre küçük kaldığı ve yapı detaylarındaki bozulmaların fazla olduğu görülmektedir. Buradan hareketle, 3B dijital model oluşturulması sürecinde cihazlar karşılaştırıldığında; akıllı telefon ve fotoğraf makinesi ile elde 3B modeller birbirine yakın olarak yeterli görülürken İHA ile elde edilen model yetersiz görülmüştür. Sonraki bölümde ise kullanıcı sayısının fazlalığı ve daha erişilebilir oluşundan dolayı akıllı telefon görselleri üzerinden bir çalışma yürütülmektedir.

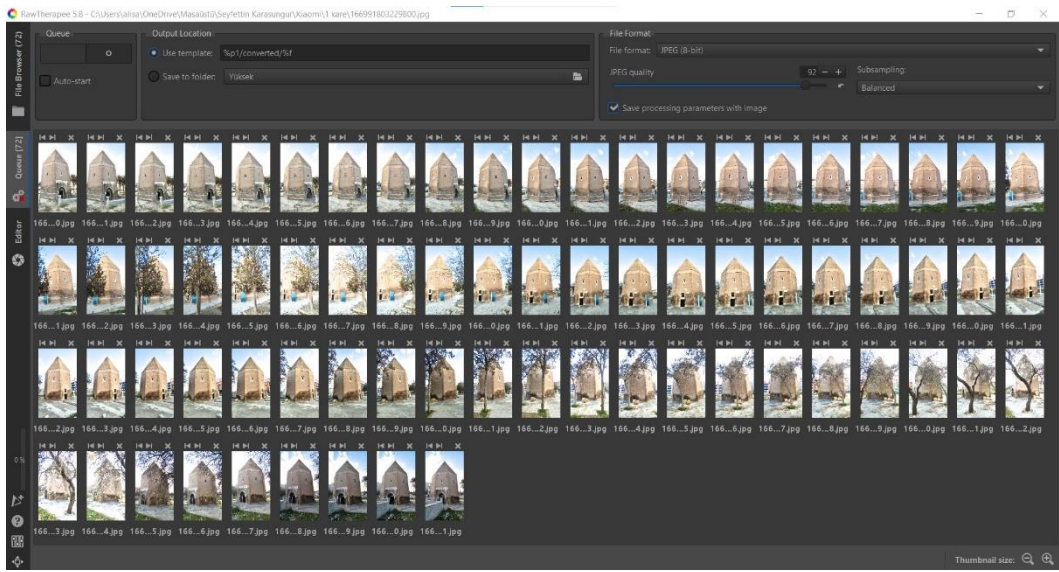
5.2.2. Görsellerin Poz Değerlerine Göre Modellerin İncelenmesi

Çalışmanın bu kısmında; modelleme sürecinde kullanılan görüntülerin, ışık değerlerinde yapılan değişiklikler ile oluşturulan 3B dijital modeller analiz edilmektedir. Bu modellerin elde edildikleri fotoğrafların ışık değerlerinde değişiklik yapılmasıyla; farklı gün ve zaman dilimlerinde, farklı kullanıcılar tarafından, farklı ışık değerlerinde kaydedilen görsellerin hangilerinin fotogrametriyle modellemede ideal sonuç verdiğini araştırmaktır. Bu süreçte çeşitli cihazlar ile görüntüleri alınan Seyfeddin Karasungur Türbesi' nin akıllı telefon ile kayıt altına alınan fotoğraflarında ışık değerleri yazılımlar aracılığı ile değiştirilmektedir. Çalışmanın bu kısmında diğer cihazlardan alınan görüntülerden ziyade akıllı telefon görüntülerinin tercih edilmesinin nedeni, akıllı telefon teknolojisinin daha fazla kullanıcı sayısına sahip olması ve daha erişilebilir olmasıdır. Daha önce akıllı telefonlarda LIDAR başlığı altında verilen Dünya ve Türkiye üzerindeki akıllı telefon kullanıcı sayıları bu gerçeği ortaya koymaktadır. Bu amaçla elde edilen 72 adet JPEG görüntünün toplu şekilde ve aynı derecede ışık değerlerinin değiştirilmesinde RawTherapee filtre programı kullanılmaktadır. Bu program sayesinde belirtilen klasör içinde yer alan tüm görseller üzerinde, girilen değerler çerçevesinde değişiklik yapılarak tekrar istenilen formatta çıktı alınabilmektedir. Konu yazılıma yüklenen 72 adet görselin program arayüzünde görünümü ve görsellerin poz telafisinin +1.30 değerine çekilmesi Şekil 84 'de görülmektedir.



Şekil 84. RawTherapee filtre programı – 72 adet görsele ait poz telafi değerinin +1.30 'a getirilmesi

Poz telafisi ve diğer değiştirilen değerlerin belirlenmesinde kullanılan yazılımın ön izleme görselleri üzerinde 10' ar baz puan artışlarla ideal görüntü aranmış, poz telafisi +1.30 değere geldiğinde türbe yüzeyi ve dış çevre renklerinin birbirinden belirgin şekilde ayrıldığı görülmüştür. Bu şekilde poz telafileri artırılarak beyaz dengesi ve parlaklık değeri yükselen görseller, programa tanıtılan bir başka klasör yoluna kaydedilmiştir. Bu kayıt işlemi sırasında program tarafından görsellerin tek tek filtrelenerek aktarılması işlemi **Şekil 85** 'de gösterilmektedir. Kayıt tuşuna basılmadan önce kaydedilecek dosyaların formatının değiştirilmesi de program tarafından mümkün kılınmaktadır. Örneğin, JPEG olarak programa giren bir görsel, PNG olarak çıktı alınabilmektedir.



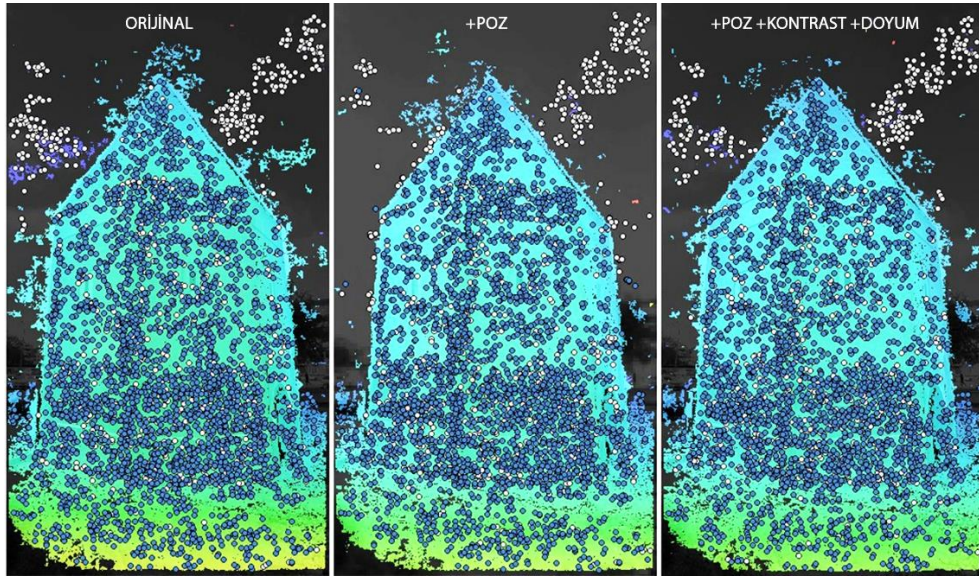
Şekil 85. RawTherapee filtre programa – poz telafisi +1.30 değere getirilen görsellerin belirlenen klasöre kaydedilmesi

Görsellerin +1.30 poz değeriyle kaydedilmesinin ardından, başlangıçta programa yüklenen görseller üzerine +1.30 poz telafisine ilave olarak; +100 vurgulama, +20 kontrast ve +20 renk doyumu atılmaktadır. Bu kontrast ve doyum değerleri, yine ön izleme görüntüleri üzerindeki ideal renk ve zıtlık görünümü elde edildiği düşünülerek seçilmiştir. Bu şekilde parlaklık artışıyla beyaz dengesi artan ve netliği azalan görsellere, tekrar netlik kazandırılması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, sadece poz değeri değişen görsellerde yürütülen sürece benzer olarak; poz, vurgu, kontrast ve doyum değerleri değişen yeni görüntülerin başka bir klasöre kaydedilmesi sağlanmaktadır. Bu işlemin ardından 3 ayrı klasörde 3 ayrı renk değerlerine sahip ancak aynı açılardan çekilmiş görüntü kayıtları elde edilmektedir. Bu görüntülerin kıyaslamalı olarak görünümü **Şekil 86** 'da gösterilmektedir.



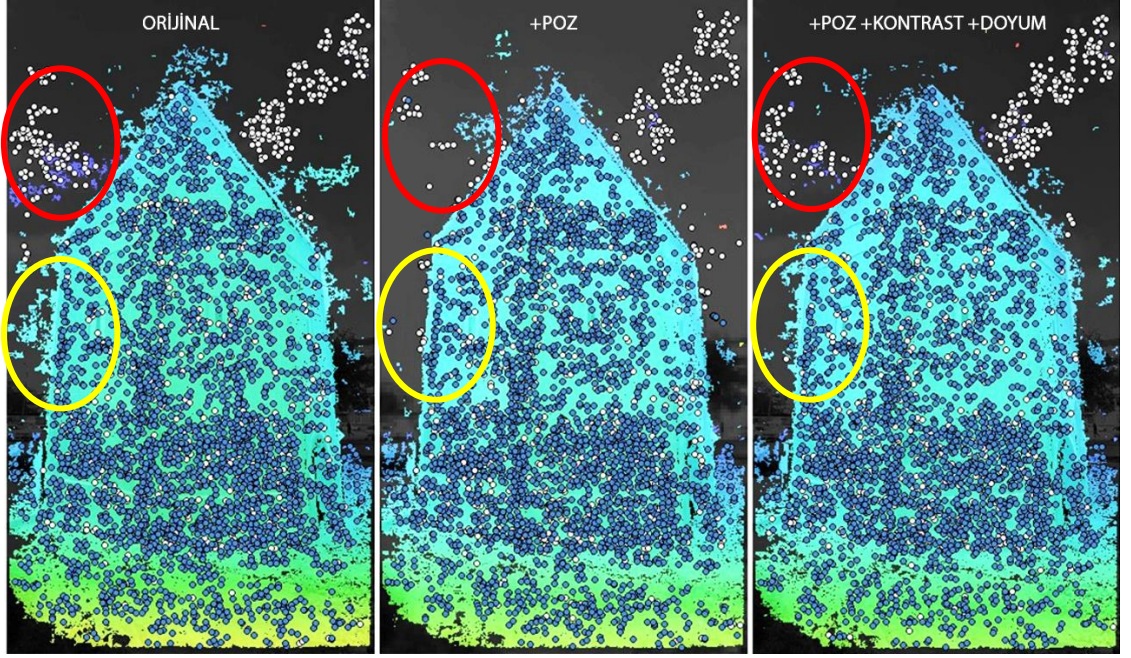
Şekil 86. Işık ve renk değerleri değişen Karasungur türbesinin görüntüleri

Oluşturulan 3 ayrı klasördeki fakat aynı açılardan alınmış, sadece renk ve ışık değerleri farklı olan görsellerden Agisoft Metashape fotogrametri programı ile 3B dijital model oluşturulması işlemi yürütülmektedir. Bu işlem tıpkı farklı cihazlara göre oluşturulan modellerde olduğu gibi aynı aşamalar ile aynı program ayarlarında yürütülmektedir. Bu işlemin sonucunda elde edilen 3 adet 3B dijital model bulunmaktadır. Bu modellerin, program üzerinde görüntü çiftleri arasında oluşturulan nokta bağlantıları ile derinlik haritaları kıyaslamalı olarak **Şekil 87** 'de gösterilmektedir.



Şekil 87. Renk ve ışık değerleri farklı olan görüntülerin program tarafından oluşturulan derinlik haritaları ve görüntü çiftleri arasındaki bağlantı noktaları

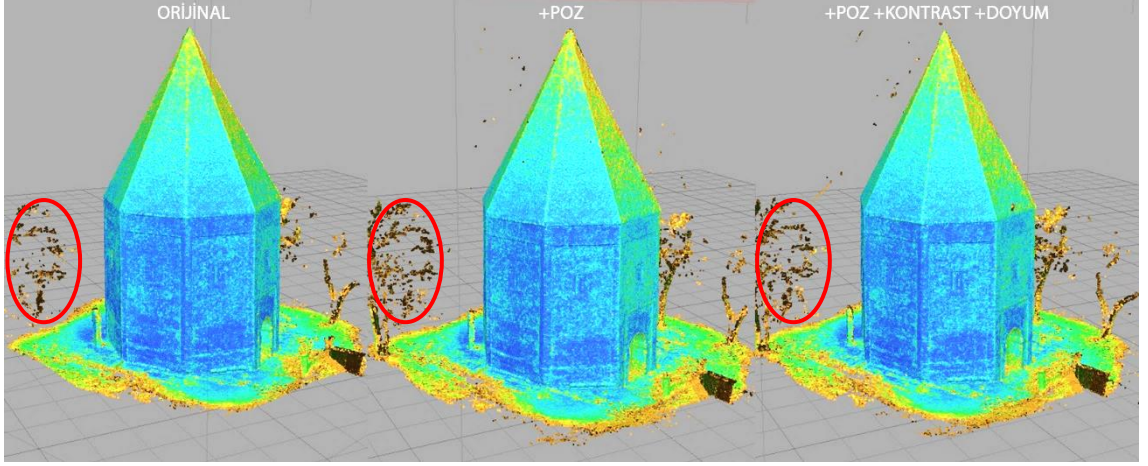
Renk ve ışık değerleri farklı olan görüntülerin, program tarafından oluşturulan derinlik haritalarında **Şekil 87** 'de görüldüğü üzere derinlik tonlama farkı bulunmamaktadır. Ancak görüntü çiftleri arasında kurulan bağlantı noktalarının sayısı ve konumu değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin, orijinal fotoğraf üzerinde türbe dışına atılan nokta sayısı, ışık değerleri değiştirilen görüntülere göre daha fazladır. Yine benzer şekilde orijinal fotoğraf ile doyum ve kontrastı artırılan fotoğraftan oluşan derinlik haritalarındaki türbe konturlarında, derinlik tonlamalarının hatalı çıktığı görülmektedir. Türbe konturuna yakın bir yüzey bulunmamasına rağmen program tarafından geri plandaki bu kısımlara renk ve tonlama verilmektedir. Bu da oluşturulan derinlik haritasında kısmi hataların meydana gelmesine sebep vermektedir. Fotoğraflar arasında, türbe dışına atılan noktalar ve türbe konturundaki derinlik haritalarının kısmi hataları **Şekil 88** 'de görülmektedir.



Şekil 88. Türbe yüzeyi dışına atılan bağlantı noktaları (kırmızı), türbe konturlarında oluşan kısmi derinlik haritası hataları (sarı)

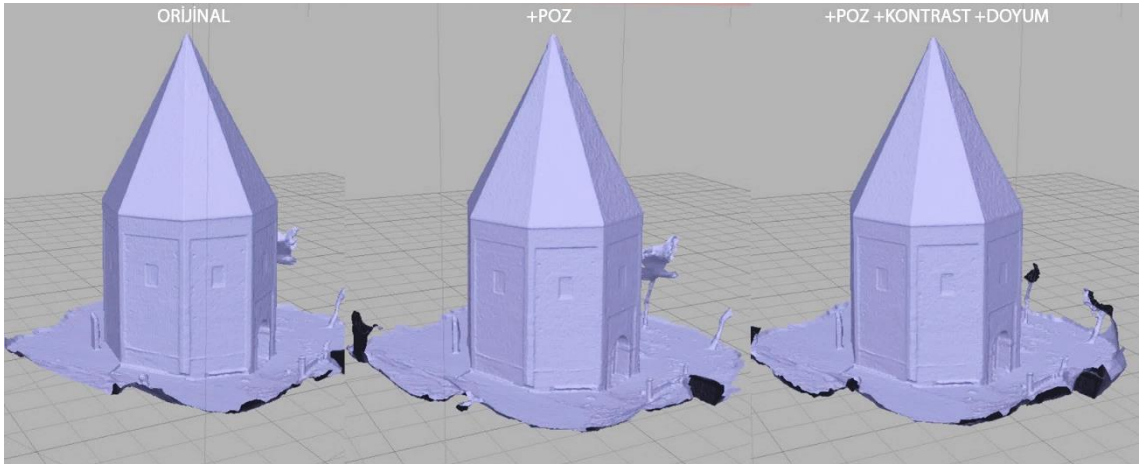
Oluşturulan derinlik haritaları ile nokta konumlarından diğer ikisine göre daha doğru sonuçlar veren görüntü, sadece poz telafisi +1.30 değere alınan görüntüdür.

Bir sonraki aşamada farklı ışık değerlerindeki görüntülerden yoğun nokta bulutları elde edilmektedir. Derinlik haritaları ve görüntü çiftleri arasındaki bağlantı noktaları verilen görseller ile elde edilen yoğun nokta bulutlarının nokta hassasiyet görünüm **Şekil 89** 'da gösterilmektedir.



Şekil 89. Farklı ışık değerindeki görüntülerden oluşturulan yoğun nokta bulutları ve hassasiyet görünümleri, belirli bir konumda oluşturulan noktaların sahip oldukları hassasiyet derecesi (kırmızı)

3 farklı ışık ve renk değerindeki görsellerden elde edilen yoğun nokta bulutlarının hassasiyet görünümlerine bakıldığında türbe yüzeyinde pek çok noktanın yüksek hassasiyette çıktığından ve noktaların üst üste oluşundan dolayı aradaki farklar okunamamaktadır. Ancak Şekil 89 'da kırmızı halka içerisinde gösterilen türbe çevresindeki bir ağacın üzerinde oluşturulan nokta sayısı ve hassasiyeti orijinal görüntüde diğer iki görüntüden daha az olacak şekilde ortaya çıkmaktadır. Hassasiyet görünümlerinin ardından modellerin yüzey atanmış hallerinin oluşturulduktan sonraki kıyaslamalı görünümü Şekil 90 'da gösterilmektedir.



Şekil 90. Işık ve renk farkı olan görsellerden elde edilmiş 3B modeller ve bu modellerin nokta bulutundan oluşturulmuş yüzeyleri

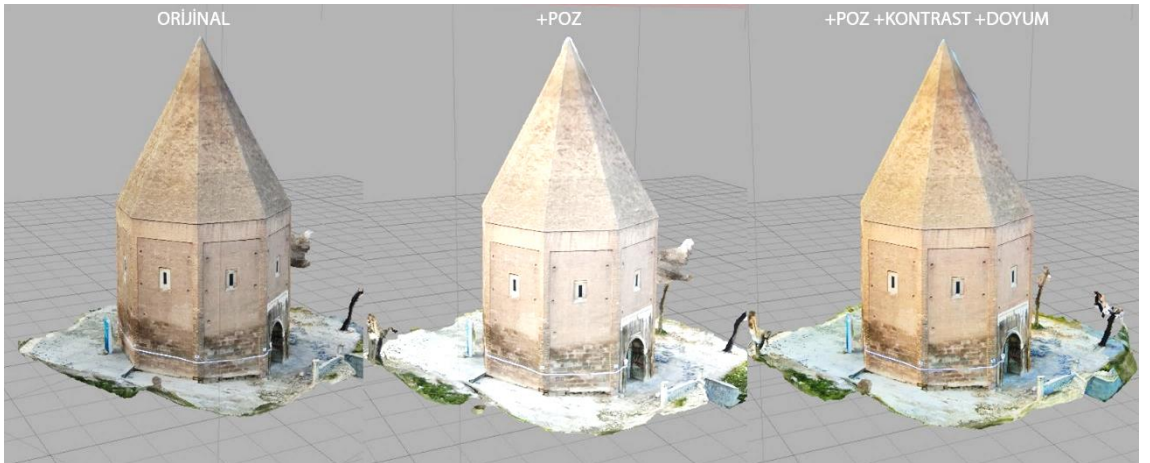
Orijinal görsellerden ve sadece poz telafisi artırılan görsellerden oluşan modeller birbirine yakın görünüme sahipken, ışık değerlerine kontrast ve doyum eklenen görsellerden elde

edilen modelde kısmi hataların oluştuğu ve bazı yzzeyleri oluşturan noktaların eksik olduğu gbrlrmektedir. Genel gbrnmdede, modelin detaylardaki bozuklukların rahat seçilememesinden dolayı model belirli bir yzzeyi üzerinde detay gbrmleri elde edilmektedir. Bu gbrntler **şekil 91** 'te kıyaslamalı olarak gbrsterilmektedir.



şekil 91. Yzzey ataması yapılan 3B dijital modellerin detay gbrnmleri

Yzzeylerin detay gbrnmlerine bakıldığında Sadece poz telafisi artırılarak uretilen modelde yzzey atamalarının daha dzygyn olduğu gbrlmektedir. Yzzey atamaları tamamlanan modellerin üzerine, modellerin elde edildikleri gbrsellerden yararlanarak program tarafından doku oluşturulması sağlanmaktadır. Bu doku oluşturularak program dışına cıktı alınmaya hazır hale getirilen 3B dijital modeller kıyaslamalı olarak **şekil 92** 'de gbrsterilmektedir.



şekil 92. Doku ataması yapılan 3B dijital modellerin gbrnmleri

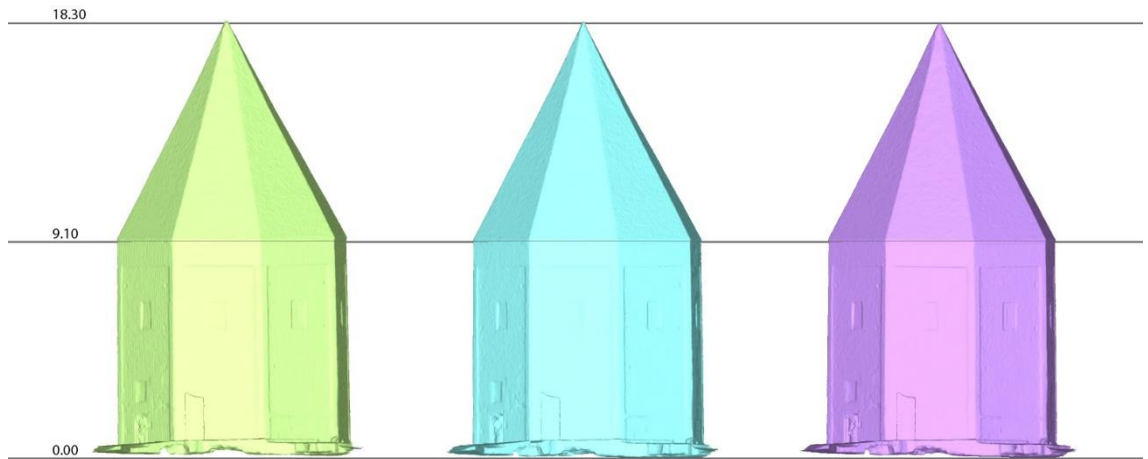
Modelleme işlemi sonucunda ulaşılan 3B dijital modellerden orijinal gbrntlerden elde edilen model diğerlerine gbre daha gerçekçi renkler iğerirken, sadece poz telafisi artırılan model beyaz dengesi yzyksek ve parlaklığı fazla, kontrast ve doyum eklenen modelin

renkleri de daha sıcak ve canlı görülmektedir. Modelleme işleminin sonuçlandırılmasının ardından bu modellerin vaziyet ölçeğinden derinlik haritaları oluşturulmaktadır. Oluşturulan derinlik haritaları kıyaslamalı olarak **Şekil 93** 'de gösterilmektedir.



Şekil 93. Farklı ışık değerlerindeki görüntülerden oluşan modellerden elde edilen derinlik haritaları, (sol)orijinal, (orta)poz artan, (sağ)kontrast ve doyum artan

Oluşturulan derinlik haritalarına bakıldığında, birbirine yakın şekilde yüzey oluşumları olduğu görülse de derinlik haritalarının en alt noktası ile en üst noktası arasındaki mesafe değişmektedir. Bu mesafeler; orijinal görsellerden oluşturulan modelde 18.2m, sadece poz telafisi artan görsellerden oluşan modelde 18.4m ve son olarak poz telafisi üzerine kontrast ve renk doyumu da artan görsellerden oluşan modelde 18.3m olarak program tarafından oluşturulan derinlik haritalarında ölçülmektedir. Derinlik haritaları üzerinde yapılan bu ölçümlerdeki farklılıkların, türbe çevresinde halihazırda bulunan kot farklarından dolayı olabileceği göz önüne alınarak modellerin kot kılavuz çizgileri üzerinde yan yana konularak ölçekleri gözlemlenmektedir. Bu amaçla oluşturulan kılavuz çizgileri ve modellerin bu çizgilere göre konumları **Şekil 94** 'de görülmektedir.

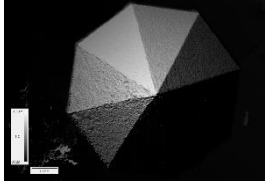
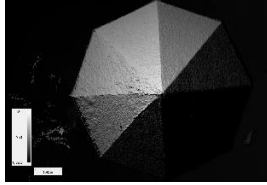
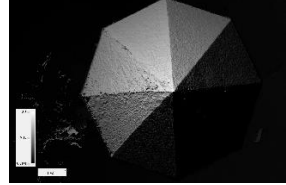


Şekil 94. Oluşturulan 3B modellerin kılavuz çizgileri üzerinde kıyaslamalı görünümü, (sol)orijinal, (orta)poz telafisi artan, (sağ)kontrastı ve doyumu artan görsellerden elde edilen modeller

Kılavuz çizgileri üzerine oturtulan modellere bakıldığında ölçeklerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Dolayısıyla görsellerin renk değerlerindeki değişim oluşan model ölçeklerini değiştirmemekte ancak yüzey atamalarında nokta bulutundan kaynaklı küçük farklar ortaya çıkarabilmektedir. Yürütülen çalışmada, görseller üzerinde yapılan renk ve ışık değerlerindeki değişiklikler sonucunda bu görseller ile elde edilmiş 3 farklı 3B dijital model bulunmaktadır. Agisoft Metashape programı ile yürütülen modelleme sürecindeki 3 farklı ışık değerinde ortaya çıkan basit ve yoğun nokta bulutunda yer alan nokta sayıları, oluşturulan yüzey sayıları ve derinlik haritalarındaki uç noktalar arasındaki net ölçüler **Tablo 3** 'de gösterilmektedir. Bu bilgiler ışığında; renk ve ışık değerlerinde değişiklik yapılan görüntüler ile oluşturulan modellerin nokta bulutlarındaki nokta sayıları ve oluşturdukları yüzey sayıları farklılık gösterebilmektedir. Buna göre basit nokta bulutundaki nokta sayısı en az kontrast ve doyum artışı yapılan görüntüler ile elde edilen modelde görülmektedir. Ancak az sayıdaki noktaya rağmen sadece poz telafisi artan görüntülerdeki modelden daha fazla sayıda noktaya sahip yoğun nokta bulutu üretilebilmektedir. Fakat üretilen bu noktaların hassasiyet derecesi diğer iki modeldeki noktalara göre düşük olduğundan temizlenmiş nokta bulutundaki nokta sayısı en az olan model yine kontrast ve doyum değerleri artırılan görüntülerden oluşan modeldir.

Tablo 3. Işık ve renk değerleri değişen görseller ile oluşturulan 3B modellerin nokta değerleri ve özellikleri

	Orijinal görseller	Poz telafisi artan görseller	Poz telafisi, vurgulama, kontrast ve renk doyumu artan görseller
Işık ve renk değerinde yapılan değişiklikler	Yok	Poz telafisi +1.30	Poz telafisi +1.30 Vurgulama +100 Kontrast +20 Doyum +20
Basit nokta bulutundaki nokta sayısı	44,707	44,172	42,887
Yoğun nokta bulutundaki nokta sayısı	3,352,449	3,328,162	3,344,079
Temizlenmiş yoğun nokta bulutundaki nokta sayısı	2,627,679	2,603,821	2,592,712

Oluşturulan yüzey sayısı	309,783	340,057	330,989
Derinlik haritalarındaki uç noktalar arasındaki net ölçü(m)	18.2 m	18.4 m	18.3 m
Derinlik haritaları			

En yüksek sayıda noktaya sahip, nokta bulutlarını üreten ve üzerinde hiçbir renk ve ışık değeri değişikliği yapılmayan orijinal görüntülerden oluşturulan model aynı zamanda üç farklı model arasındaki en az yüzey sayısına sahip olan modeldir. Bu da göstermektedir ki ham görüntüler üzerinde yapılan görsel iyileştirmeler modelleme sürecinde, yüzey oluşturulmasına olumlu etki etmektedir. Bölüm başında yapılan derinlik haritalarındaki analizlerde; türbe yüzeyi ve yakın çevresi arasındaki zıtlığı artırdığından dolayı daha tutarlı derinlik haritaları veren ve türbe yüzeyi dışına atılan bağlantı noktası sayısı ile diğer iki modele göre daha iyi sonuçlar veren sadece poz telafisi artırılan modelin, aynı zamanda 340,057 adet yüzey ile en yüksek sayıda yüzeyi oluşturduğu da görülmektedir. Bu sebeple renk ve ışık değerlerindeki değişikliklere göre kıyaslanan modellerden en iyi sonucu, sadece poz telafi değeri artırılan görüntülerden oluşan model vermektedir. Ancak bu modelin yüzeyine atanan doku, parlaklığı ve beyaz dengesi yüksek görüntülerden oluştuğundan dolayı, modelin dış görünümü diğer iki modele göre doğal renginin dışında ve beyazımsı olarak görünmektedir. Bu da ideal modelin oluşturulmasında etkili bir yöntem olabilecek, görüntülerin poz telafi değerinin artırılmasının bir dezavantajı olarak görülmektedir. Bunun yanında modellerin vaziyet ölçeğinden oluşturulan ve boyut bilgilerini içeren siyah-beyaz derinlik haritaları yine **Tablo 3** 'de görülmektedir. Buna göre oluşturulan derinlik haritaları birbirine yakın sonuçlar verirken, en uç noktalar arasındaki mesafelerin küçük farklara sahip olduğu görülmektedir. 18.4 m uzunluk sonucu ile en yüksek değere sahip olan model, sadece poz telafisi artırılan görüntülerden oluşan model olurken, 18.2 m yükseklik değeri ile en küçük sonucu veren model ise görüntüleri üzerinde hiçbir değişiklik yapılmayan orijinal görsellerden oluşan model olmaktadır. Ancak bu ölçüler derinlik haritalarının hangi kotu en alt olarak kabul ettiğine

göre de değişebilmektedir. Bu yüzden modellerin yükseklik kıyaslamalarının doğru yapılabilmesi için kılavuz çizgileri kullanılan **Şekil 94** dikkate alınmalıdır.

5.3. Oluşturulan 3B Dijital Modelin Meta Evrenine Aktarımı

Bu aşamada oluşturulan modellerden birinin, çalışma konusuna paralel olarak meta evren platformuna yüklenme süreci incelenmektedir. Bu amaçla, kullanıcıların 3 boyutlu dijital ortamda etkileşime girebildikleri meta evren platformlarından birisi olan “www.monaverse.com” kısaca Mona, modelin sanal ortama aktarımı ve paylaşılması için uygun bir platform olarak görülmektedir. Sitesinde yer aldığı üzere, “Mona mekanları; başkalarıyla bir araya gelerek, toplanma ve sanatınızı göstermeniz için etkin sosyal dünyalardır.” şeklinde tanımlanmaktadır (Mona, 2022). Meta evrende kullanıcıların kendilerine ait bir alana sahip olarak, bu alan içerisinde tasarlanarak inşa edilen mekan ve araçları yayınlanabilmekte, diğer kullanıcılar ile paylaşılabilen ve satılabilmektedir. Mona’ nın misyonu, çok sayıda insana blok zincirde yüksek kaliteli meta evren deneyimlerini yaratmalarını, toplamalarını ve paylaşmalarını sağlamayı hedeflemektedir. Mona aynı zamanda insanların kendi sanatlarını da sergileyebilecekleri bir platform olmasından dolayı sanatın 3B ve dinamik olarak deneyimlenmesinin önemli olduğunu vurgulamakta ve bu sebeple mekanlarının eşsiz bir değer taşıdığını belirtmektedir(Mona, 2022).

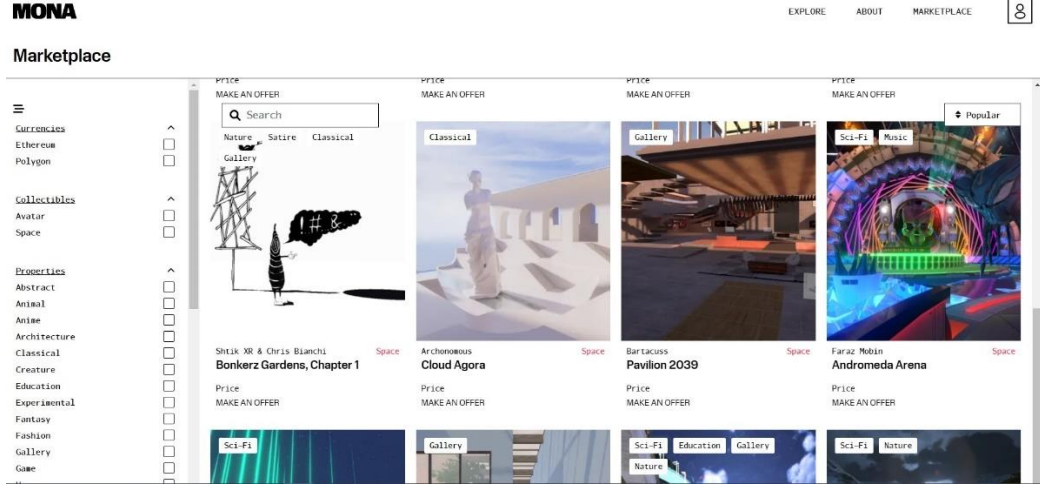
Bunun yanında kripto para birimleri üzerinden NFT ticareti yapılabilen Mona platformunda bir hesap elde edebilmek ve giriş yapabilmek için sanal ortamda adınıza tanımlı bir cüzdan ile bağlantı kurmanız gerekmektedir. Bu sanal cüzdan ile platform içine model yüklenebilmekte, paylaşılabilen ve satılabilmektedir. Sanal hesap cüzdanı bağlayarak giriş yapılmasına dair arayüz görüntüsü **Şekil 95** ‘te gösterilmektedir.



Şekil 95. Mona hesabına bağlanan sanal cüzdan tercihleri

Kaynak: (Mona, 2022)

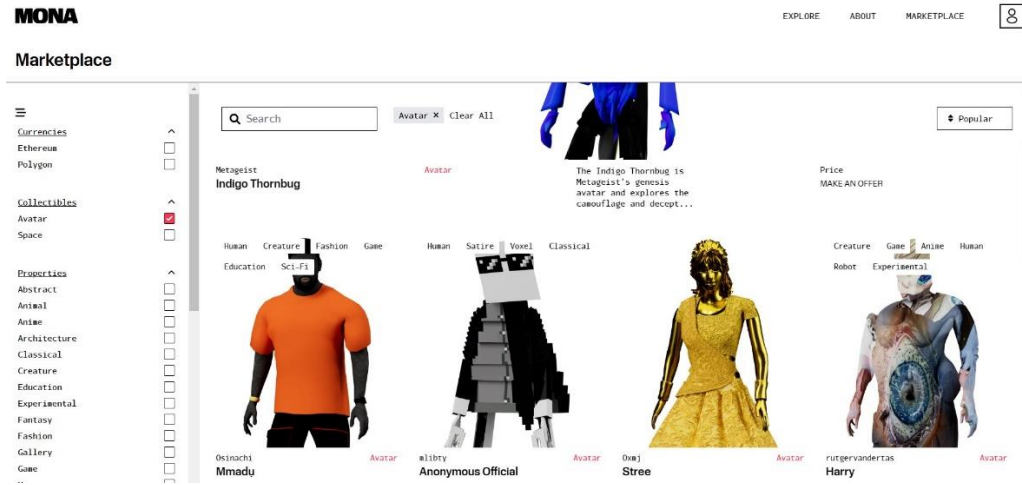
Sanal hesap cüzdanı ile Mona hesabına bağlanıldığında, market sekmesinde diğer kullanıcılar tarafından paylaşıma sunulan ürünler görülebilmektedir. Bu market alanına dair görüntü Şekil 96 'da gösterilmektedir.



Şekil 96. Mona market arayüz görünümü

Kaynak: (Mona, 2022)

Market üzerinde yer alan ürünler bu arayüzde görülebilmekte ve Ethereum (ETH) ya da Polygon gibi sanal para birimleriyle satın alınabilmektedir. Ayrıca bu platformda yer alan ürün ölçekleri birbirinden farklı olabilmektedir. Mekan ve çevre modellerinden başkaca, bu mekanların 3 boyutlu deneyimlenmesinde kullanılan sanal formlar olan avatar modellerine de bu arayüzden erişilebilmektedir. Avatar pazarına dair görsel Şekil 97 'de aktarılmaktadır.



Şekil 97. Mona market arayüzü avatar filtrelemeli görünüm

Kaynak: (Mona, 2022)

Bu pazarda yer alan ve tasarlanmış herhangi bir mekan olan; “Minima Gallery” örnek sanal mekanı, “Tim Ung” adlı kullanıcı tarafından tasarlanmış ve platformdaki diğer kullanıcılar ile paylaşılmış bir sanat galerisi mekanıdır (Mona, 2022). Bu mekanın detayına dair bilgi içeren arayüz görüntüsü Şekil 98’ de gösterilmektedir.

Minima Gallery

Description

Minima Gallery is designed as a calm, relaxing, and minimal space that places the focus on the collection of artwork. It's a place to gather with family, friends, and collectors where everyone can see and purchase the beautiful work created by people around the world.

Details

Collectible Type	Space
Contract Address	0x2249b5a319af5dfae7fcc8...
Token ID	37
Token Standard	ERC721
Blockchain	ethereum
Royalties	15%

List Price

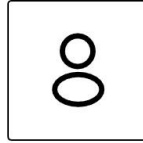
Unlisted

MAKE AN OFFER

Offers

This Space has no offers.

About the Artist



Tim Ung

@timung

0x46f35e0d6f6ed6e7195206b9d0f185bd...

Şekil 98. Mona arayüzünde yer alan “Minima Gallery” adlı mekana dair detaylar

Kaynak: (Mona, 2022)

Detay bilgilerine yer verilen bu galeri mekanı satın alınmadan önce 3 boyutlu olarak deneyimlenebilmektedir. Bu aşamada diğer kullanıcılar tarafından mekanın satın alınmaya değer bulunması ya da bu mekan içeriğine başkaca eserler ile katkı sunulmak istenmesi durumunda, mekan tasarımcısına sanal para ile teklifte bulunulması gerekmektedir. Bu teklif arayüzüne dair görüntü Şekil 99 ‘da gösterilmektedir.

Make an Offer

Set a price for your offer for .



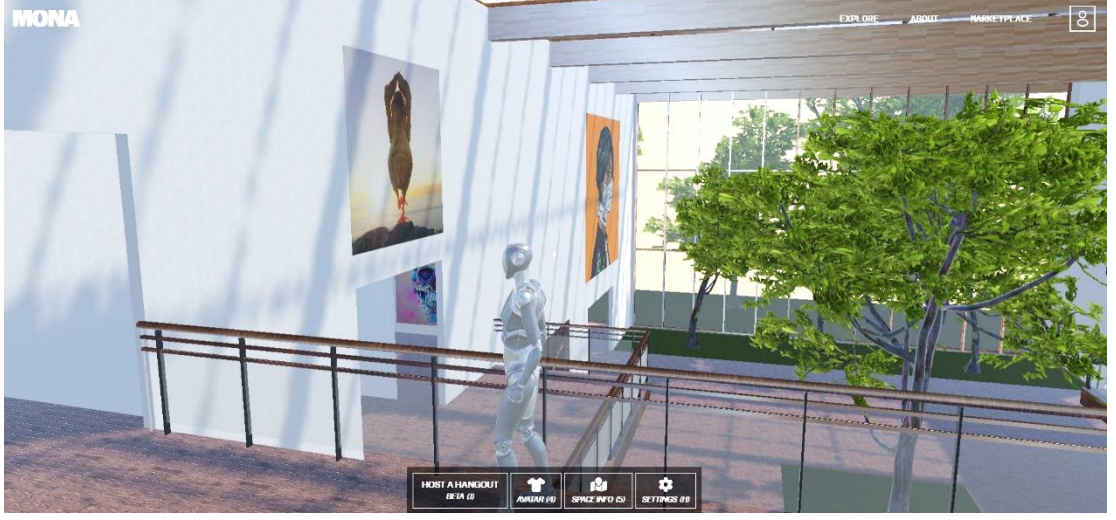
Price in ETH

MAKE OFFER

Şekil 99. Mona ürün teklif arayüzü

Kaynak: (Mona, 2022)

Bu mekânın teklif öncesinde değerlendirilmesi aşamasında, 3 boyutlu deneyimlenmesine dair görsel **Şekil 100**' de gösterilmektedir.



Şekil 100. Mona “Minima Gallery” mekânın avatar ile 3 boyutlu deneyimlenmesi

Kaynak: (Mona, 2022)

Platform üzerindeki kullanıcıların ürünlerinin deneyimlenmesine dair açıklamaların ardından bu platformda paylaşım yapılmasına dair profil hesabında yer alan arayüz görünümü **Şekil 101**' deki gibidir.



Şekil 101. Mona profil hesabının görünümü

Kaynak: (Mona, 2022)

Buna göre Mona üzerinde açılan hesapta henüz 1 adet mekân paylaşımı görülmektedir. Bu paylaşım da çalışmanın kapsamını oluşturan Seyfeddin Karasungur türbesidir. Yine bu arayüzden “yarat” sekmesi altında mekân ya da avatar seçeneklerinden, oluşturmak istenilen ürünün türü seçilerek platforma yükleme yapılabilmektedir.

Space Info EDIT

REQUEST MINTING APPROVAL

Some basic info about your Space

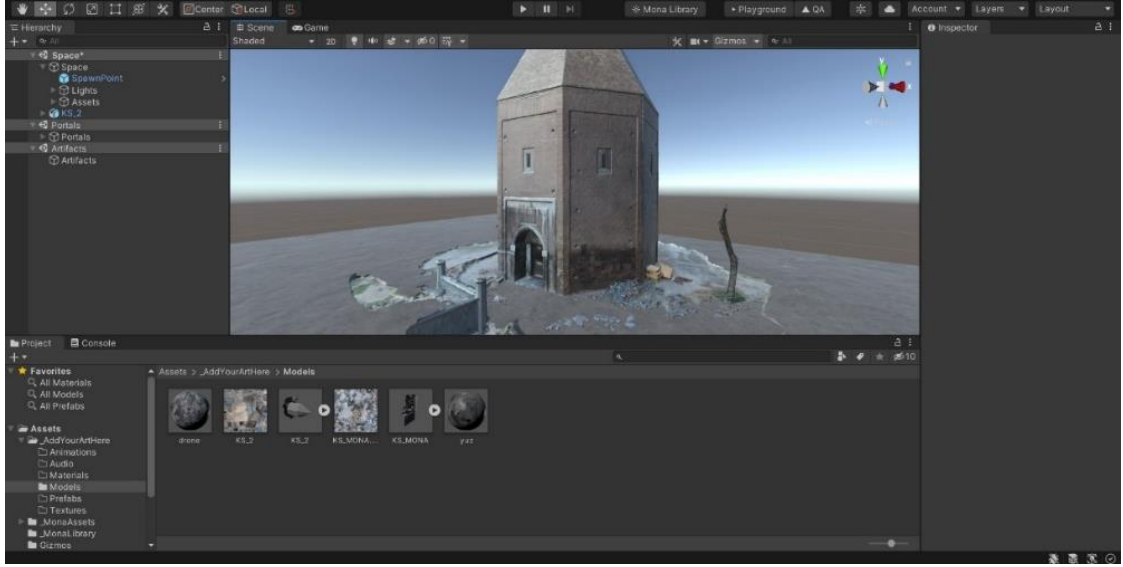
Artist Name	Meta_ali
Title	Seyfeddin Karasungur Türbesi
Description	Digititation of 3D model from physical building
Summary	Konya Karatay ilçesinde yer alan, Seyfeddin Karasungur Türbesinin fotogrametri ile 3 boyutlu olarak modellenmesi
Properties	Architecture

Şekil 102. Mona üzerinde Seyfeddin Karasungur Türbesi modeline dair bilgiler

Kaynak: (*Mona*, 2022)

Türbenin Mona arayüzüne yüklenmesine geçilmeden önce paylaşım yapılacak sekmenin içerisine oluşturulacak ürüne dair bilgiler girilmektedir. Bu bilgiler ürünü yükleyen hesabın adı, ürünün başlığı, kısa tanımı, detaylı açıklaması ve dahil olduğu üst başlık gibi bilgilerdir. Seyfeddin Karasungur için Mona arayüzüne girilen bilgiler **Şekil 102** 'de görülmektedir.

Tüm bu açıklamaların ardından model yükleme aşamasına gelindiğinde, Mona ile entegre çalışan, video oyun ve simülasyon hazırlamada kullanılan Unity yazılımı söz konusu olmaktadır. Bu yazılım, Mona platformunda 3 boyutlu olarak deneyimlenecek modelin hatasız olarak bazı hiyerarşiler altında çalışması için bir ön koşuldur. Yazılıma ait program hiyerarşisi **Şekil 103** 'de gösterilmektedir. Yalnızca "Space", "Portals" ve "Artifacts" hiyerarşisi altında hazırlanan simülasyonlar, Mona arayüzünde deneyimlenebilmektedir. Türkçe olarak, mekan, geçitler ve eserler olarak sıralanan bu hiyerarşide, fotogrametri ile oluşturulan 3B dijital model OBJ formatında "mekan" başlığı altına eklenmektedir. Bu eklemenin ardında Unity programındaki arayüz görünümü **Şekil 103** 'de gösterilmektedir. Hiyerarşiler Mona' da yüklenecek ürünün hatasız çalışabilmesi için çok önemlidir. Örneğin, mekan başlığı altına yüklenmesi gereken bir model eserler başlığı altına yüklenirse Mona arayüzü bu modeli mekan olarak değil, nesne olarak algılamakta ve avatar ile 3B dijital modelin deneyimlenmesi mümkün olamamaktadır. Benzer şekilde NFT bir nesne olarak tasarlanan tablonun mekan başlığı altına yüklenmesi durumunda da aynı sorunlarla karşılaşmak mümkündür.



Şekil 103. Unity – OBJ formatındaki modelin “uzay” hiyerarşisine eklenmesi

Unity üzerindeki hiyerarşi tanımlamaları ardından modelin dokusunun da malzeme olarak atılmasıyla mona oyun zemine aktarılmaya hazır hale gelen 3B dijital modelin, program dışına oyun zemini klasörü oluşturulmaktadır. Son olarak oluşturulan bu oyun zemini klasörü, Mona arayüzünde yer alan mekan yaratma sekmesi altındaki dört ana girdiden biri olarak sisteme yüklenerek test edilmektedir. Bir mekanın yaratılması ve Mona kullanıcıları ile paylaşılması için arayüze yüklenmesi gereken dört ana girdi; oynanabilir dosya klasörü, ön izleme görseli, basılabilir dosya klasörü ve ön izleme animasyonu olarak sıralanabilmektedir. Asgari olarak sisteme yüklenmesi gereken bu dosyalar tamamlanmadan tasarlanan mekan diğer kullanıcılar ile paylaşılammamaktadır.



Şekil 104. Mona – meta evren üzerinde deneyimlenebilen fotogrametri ile oluşturulmuş Seyfeddin Karasungur Türbesi

Tüm istenilen dosyaların yüklenmesinin ardından tasarlanan mekânın yayına verilebilmesi için platform tarafından talep edilen kripto para ödemesi yapılması gerekmektedir. Yayınlanmadan önceki son adım olan test aşamasındaki 3B dijital modelin Mona platformu arayüzündeki görünümü **Şekil 104** 'de gösterilmektedir. Test aşamasında başarılı bir şekilde Mona arayüzünde açılabilen ve dijital ortamda çevresinde gezilerek etkileşim kurulabilen Seyfeddin Karasungur Türbesinin fiziki gerçekliğinden Meta evrenine aktarımı başarı ile sağlanabilmiştir. Bu aktarıma dair başkaca görseller **Şekil 105** ve **Şekil 106** 'da gösterilmektedir.



Şekil 105. Mona – Seyfeddin Karasungur Türbesi yakın görünüm – A



Şekil 106. Mona – Seyfeddin Karasungur Türbesi yakın görünüm – B

Bir bölüm sonu değerlendirmesi yapılacak olunursa; meta evrene fotogrametriyle 3B dijital model yüklenmesi sürecinde yürütülen çalışma göstermektedir ki kullanılan cihaz fark etmeksizin yüksek çözünürlükteki görüntüler daha tutarlı sonuçlar vermektedir. Bunun paralelinde görsellerin ışık değerlerinde yapılan değişiklikler ile, oluşturulan modelin yüzey sayısı ve detay düzeyi artırılabilir.

6. SONUÇ

Fiziki mekanın meta evreni için 3B modellenmesini ve bu yolla sosyal medya üzerindeki kullanıcılara sunularak mimari mirasın korunmasına ve kültür aktarımına hizmet etmeyi amaçlayan çalışma; korelasyonel araştırma yöntemini izlemektedir. Bu yöntem ışığında, meta evrenine fotogrametri ile 3B model oluşturulması sürecinde bir örnek mekanla yapılan çalışmada, belirlenen değişkenlerin modelleme sürecine etkisi analiz edilmiştir. Modelleme sürecindeki bu analizlerin incelenmesinden önce literatür araştırması ve alternatif yöntemler hakkında çalışmalar yürütülmüştür. Buna göre bu çalışmayı benzerlerinden ayıran en büyük fark; fotogrametri ile ideal modelleme pratiğini geliştirerek yeni ve gelişmekte olan 3B bir sosyal etkileşim platformu aracılığıyla bu pratiği kullanıcılar arasında yaygınlaştırmayı amaçlamasıdır. Örneğin literatürde yer alan çalışmalardan, fotogrametri ile 3B model oluşturulması için sosyal medya görsel veri stoğundan yararlanılması önemli bir çalışmadır. Ancak kullanılan görellerin açısı, ışık değerleri, çözünürlükleri, lens değerleri gibi pek çok değişkenin varlığı modelleme sürecinin uzamasına neden olabilmektedir. Oysa ki bu çalışmanın önerdiği fotogrametri yöntemiyle oluşturulan 3B dijital modelin meta evrende paylaşılması ile sosyal medya kullanıcılarına kendilerine ait 3B modeller oluşturmada ideal görseller elde edebilmelerinin ve bu görseller ile hızlı ve etkili 3B model oluşturabilmelerinin önü açılmaktadır. Bu kolay ve hızlı modelleme sürecinin, sosyal medya ve meta evren kullanıcıları arasında yaygınlaştırılması ile sadece 2B görüntü paylaşımı ile sınırlı kalan sosyal medya kullanıcılarının dikkati, fotogrametriyle 3B dijital model oluşturulmasının üzerine çekilmektedir. Bu kapsamda seçilen örnek mekan, Seyfeddin Karasungur Türbesi çevresinden alınan görüntüler ile yürütülen fotogrametri sürecinde bazı değişkenlerin modellemeye etkisi incelenmekte, bu incelemenin sonunda erişilen bulgulara göre ideal görseller elde edilmesine dair öneriler sunulmaktadır. İlk olarak, görsel elde edilen cihazların ve donanım özelliklerinin değişmesinin fotogrametri ile 3B model oluşturulması sürecine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla bir adet akıllı telefon ,bir adet dijital fotoğraf makinesi ve bir adet insansız hava aracı ile türbe çevresinden görüntü kaydı alınmakta ve bu görüntülerden oluşturulan üç adet model birbiriyle kıyaslanmaktadır. Yapılan kıyaslamalar neticesinde bazı çarpıcı bulgulara ulaşılmaktadır. Bunlardan ilki, en az nokta sayısına sahip basit nokta bulutu fotoğraf makinesi ile elde edilen görsellerden oluşturulurken en fazla nokta sayısı içeren yoğun nokta bulutu yine

fotoğraf makinesi görüntüleri ile oluşturulmaktadır. Bu farkın oluşmasındaki faktör cihazların sahip oldukları çözünürlük değerleri olarak görülmektedir. Yüksek çözünürlükte elde edilen görüntülerden daha yüksek sayıda yoğun nokta bulutu oluşturulabilmektedir. Bir diğer bulgu, cihazlar ve kayıt altına alınan görüntülerin farklı özelliklere sahip olmasına karşın oluşturulan 3B modellerin ölçek olarak birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Sadece birkaç cm ile ifade edilebilecek boyut farkları bulunmaktadır. Bunun nedeni olarak da türbe çevresinde halihazırda bulunan kot farkları görülmektedir. Bu kot farklarını farklı düzeylerde referans alan derinlik haritalarından dolayı, ihmal edilebilecek boyut farkları oluşabilmektedir. Ancak boyut farkından ziyade modeller arasında ciddi detay oluşturma farkları bulunmaktadır. Yine bu detayların doğru şekilde ortaya çıkmasındaki etmenin, nokta sayısı ve oluşturulan yüzey sayısı ile doğrudan orantılı olan çözünürlükten kaynaklı olduğu ortaya konulmaktadır. Çalışmanın belirlediği bir başka değişken, görüntü kaydı alınan cihaz sabitken alınan görüntülerin bilgisayar ortamında ışık ve renk değerlerinin değiştirilmesidir. Bu işlem için akıllı telefon ile alınan görüntü kayıtları üzerinde değişiklik yapılmaktadır. Bu değişiklikler üç aşamalı olarak ele alınmaktadır. Orijinal görüntüler, sadece poz telafisi artırılan görüntüler ve hem poz telafisi hem de doyum ile kontrastı artırılan görüntüler olmak üzere üç farklı ışık değerine sahip görüntü gruplarından oluşturulan üç farklı model kıyaslanmaktadır. Yapılan bu kıyaslamalar neticesinde, sadece poz telafisi artırılan görsellerden elde edilen modelin daha yüksek sayıda yüzeye ve datay oluşumuna sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanında oluşturulan 3B model renginde beyaz dengesinin artan poz telafisi dolayısıyla yüksek olduğu da görülmektedir. Tüm bulgular toparlanacak olunursa; fotogrametri ile ideal bir 3B dijital model üretilmesi için kullanılan cihaz fark etmeksizin yüksek çözünürlükte ve poz telafisi bir miktar artırılmış görüntü kaydı alınması gerekmektedir. Çalışmanın son kısmında idealize edilen bu 3B modelin bir meta evren platformu olan Mona arayüzüne yüklenerek etkileşime sunulmasıyla belirlenen hedefler doğrultusunda bir pratik geliştirilmektedir. Geliştirilen bu pratik ve literatüre sunduğu katkılarıyla yürütülen bu çalışmanın, sürekli yenilik ve gelişim içinde bulunan bir alanda yeni çalışmaların ortaya konmasında yol gösterici bir nitelik taşıdığı düşünülmektedir. Bu çalışma, alanında gerçekleşen hızlı değişim ve dönüşümün üzerine son söz olarak filozof Heraklitos 'a ait bir sözle bitirilmektedir; "Her şey değişir. Değişmeyen tek şey değişimdir".

KAYNAKLAR

- Agisoft Metashape Professional* (1.8.0 build 13111 (64bit)). (2021). Agisoft LLC.
- Alibaba*. (2022). https://www.alibaba.com/product-detail/Faro-Scanner-Focus-s350-price-for_62308855462.html. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Altunkaya, T. (2019, Kasım 24). *Fotoğraf makinaları tahtını cep telefonlarına bıraktı: Satışlar son 8 yılda yüzde 84 azaldı | Euronews*. <https://tr.euronews.com/2019/11/24/fotograf-makinalar-tahtini-cep-telefonlarına-birakti-satislar-son-8-yilda-yuzde-84-azaldi>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Apple*. (2020). <https://www.apple.com/tr/newsroom/2020/03/apple-unveils-new-ipad-pro-with-lidar-scanner-and-trackpad-support-in-ipados/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Asan, Y. (2021, Kasım 28). *Türkiye'deki kayıtlı drone sayısı 55 bini aştı - Yeni Şafak*. Yeni Şafak. <https://www.yenisafak.com/gundem/turkiyedeki-kayitli-drone-sayisi-55-bini-asti-3723429>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Autodesk - ReCap*. (2022). <https://www.autodesk.com/products/recap/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=RECAP>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Aygör, E., Tokay, K., Baykal, Ş., Türkmen, A., Yörel, Y., İpek, R., & Doğan, N. (2010). *Konya İl Merkezi Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıkları Envanteri*. Konya Büyükşehir Belediyesi.
- Balcı, D. (2022). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Lazer Tarayıcıların Kullanılması. *Turkey Lidar Dergisi*, 4(1), 27-36. <https://doi.org/10.51946/melid.1129846>
- Baltacı, E. Ş. (2011). Mimari Fotogrametri Yöntemlerinin Rölöve Çalışmaları Açısından Değerlendirilmesi [Çukurova Üniversitesi]. İçinde *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7130/1/LUZARDO-BUIATRIA-2017.pdf>
- Camera FV-5*. (2022). https://www.camerafv5.com/devices/manufacturers/xiaomi/mi_note_10_lite_toco_0/. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023

- Canon* (a). (2022). https://www.canon.com.tr/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_1200d/specification.html. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Canon* (b). (2022). <https://www.canon.com.tr/lenses/ef-s-18-55mm-f-3-5-5-6-is-ii-lens/specification.html>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Capturingreality*. (2022). <https://www.capturingreality.com/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Cheng, L., Yuan, Y., Xia, N., Chen, S., Chen, Y., Yang, K., Ma, L., & Li, M. (2018). Crowd-sourced pictures geo-localization method based on street view images and 3D reconstruction. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 141, 72-85. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.04.006>
- Christianson, S., & Hofstetter, H. W. (1972). Some historical notes on carl pulfrich. *American Journal of Optometry and Archives of the American Academy of Optometry*, 49(11), 944-946. <https://doi.org/10.1097/00006324-197211000-00008>
- Daniel, M. (2004). *Daguerre (1787–1851) and the Invention of Photography*. Department of Photographs, The Metropolitan Museum of Art. https://www.metmuseum.org/toah/hd/dagu/hd_dagu.htm. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Delta Lidar*. (2022). <https://www.deltalidar.com/Hava-Lidar.aspx>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- DJI*. (2022). <https://www.dji.com/mini-se/specs>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X., & Cai, W. (2021). Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype. *MM 2021 - Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia*, 153-161. <https://doi.org/10.1145/3474085.3479238>
- Ersan, M. (2022, Ağustos 26). *Facebook Horizon Nedir?* <https://maksatbilgi.com/facebook-horizon-nedir/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- FARO Focus*. (2022). <https://www.faro.com/en/Products/Hardware/Focus-Laser-Scanners>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023

- Furukawa, Y., & Hernández, C. (2015). Multi-view stereo: A tutorial. *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*, 9(1-2).
<https://doi.org/10.1561/06000000052>
- Geomatics Group*. (2022). <https://www.geomaticsgroup.com/urunler/-zeb-revo-el-tipi-lazer-tarayici->. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Ghisleni, C. (2022, Kasım 11). *How to Use the Metaverse to Preserve Historic Buildings* - *ArchDaily*. <https://www.archdaily.com/991859/how-to-use-the-metaverse-to-preserve-historic-buildings>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Google Earth*. (2021). <https://earth.google.com/web/@60.180113,-149.647403,196.8440522a,1344.72000012d,35y,255.34h,80.09999854t,0r/data=Ci wSKhIgOGJmNmZhNDU5Y2NkMTFINjgyNTRlOTg1NTcwYjUwOWMiBmtlb mFpMg>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Gürbüz, H. (1982). *Fotogrametriye Giriş*. Konya Devlet Mim. ve Müh. Akademisi.
- Hanke, K., & Grussenmeyer, P. (2002). *ARCHITECTURAL PHOTOGRAMMETRY : Basic theory , Procedures , Tools. September, 1-27.*
- Kaplanseren, E. (2016, Haziran 10). *Facebook'a 360 derece fotoğraf desteği geldi - webrazzi*. <https://webrazzi.com/2016/06/10/facebooka-360-derece-fotograf-destegi-geldi/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Karpuz, H. (2009). *Türk Kültür Varlıkları Envanteri Konya 42* (H. Karpuz, A. Baş, R. Duran, O. Eravşar, O. N. Dülgerler, Z. Şimşir, E. Başer, Y. Erdemir, S. Cirtil, M. Özer, O. Kunduracı, M. Mimirolu, T. Bozkurt, S. Özgün, G. Apa, & M. Çetinarslan, Ed.; C. 1). Türk Tarih Kurumu Yayınları.
- Kemp, S. (2022a, Şubat 15). *Digital 2022: Turkey*. <https://datareportal.com/reports/digital-2022-turkey>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Kemp, S. (2022b, Ekim 20). *Digital 2022: October Global Statshot Report*. <https://datareportal.com/reports/digital-2022-october-global-statshot>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Kuker-Ranken*. (2022). <https://kukerranken.com/product/leica-rtc360-3d-laser-scanner/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023

- Kuş, O. (2021). Metaverse:Dijital Büyük Patlamada Fırsatlar VeEndişelereYönelik Algılar. *Intermedia International E-Journal*, 8(15), 245-266. <https://doi.org/10.21645/intermedia.2021.109>
- Kye, B., Han, N., Kim, E., Park, Y., & Jo, S. (2021). Educational applications of metaverse: Possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 18, 1-13. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>
- L3harris Geospatial. (2013). <https://www.l3harrisgeospatial.com/Learn/Blogs/Blog-Details/ArtMID/10198/ArticleID/16391/Did-you-say-LiDAR-or-LADAR>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Laussedat, Aimé. (2022). Complete Dictionary of Scientific Biography. <https://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/laussedat-aime>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Leica RTC360 . (2022). <https://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/scanners/leica-rtc360>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Linder, W. (2009). *Digital Photogrammetry: A Practical Course* (2nd ed.). Springer.
- Malik, A. S., Choi, T. S., & Nisar, H. (2012). *Depth map and 3D imaging applications : algorithms and technologies*. Information Science Reference.
- Matney, L. (2021, Ekim 28). *Company formerly known as Facebook unceremoniously kills off 'Oculus' brand | TechCrunch*. <https://techcrunch.com/2021/10/28/facebook-errr-meta-unceremoniously-kills-off-oculus-brand/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- McManamon, P. (2019). *LIDAR Technologies and Systems*. Spie Press.
- Mi . (2022). <https://www.mi.com/ph/mi-note-10-lite/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Mimari - Yersel Fotogrametri. (2015). Motif Harita. <http://motifharita.com/careers/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Mona. (2022). <https://monaverse.com/about>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Obar, J. A., & Wildman, S. S. (2015). Social Media Definition and the Governance Challenge: An Introduction to the Special Issue. *SSRN Electronic Journal*, July. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2637879>

- Oculus*. (2022). <https://www.oculus.com/facebook-horizon/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- PhotoModeler*. (2022). <https://www.photomodeler.com/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Pix4D*. (2022). <https://www.pix4d.com/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- RealityScan is now free to download on iOS - Unreal Engine*. (2022). <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/realityscan-is-now-free-to-download-on-ios>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Rothe, K. W., Brinkmann, U., & Walther, H. (1974). Applied Physics Applications of Tunable Dye Lasers to Air Pollution Detection" Measurements of Atmospheric NO₂ Concentrations by Differential Absorption. *Applied Physics*, 3, 15-119.
- Snavely, N., Simon, I., Goesele, M., Szeliski, R., & Seitz, S. M. (2010). Scene reconstruction and visualization from community photo collections. *Proceedings of the IEEE*, 98(8), 1370-1390. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2010.2049330>
- Stephenson, N. (2016). *Parazit (Snow Crach)* (A. Çeker, Ed.). Altıkırkbeş Yayın.
- STM ThinkTech*. (2020). <https://thinktech.stm.com.tr/detay.aspx?id=307>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Street View*. (2022). <https://support.google.com/maps/answer/3093484?co=GENIE.Platform%3DAndroid&hl=tr>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Taş, D. (2019). *Photogrammetry Based Heritage Modeling With Shape Embedding* [Yüksek Lisans Tezi]. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Themistocleous, K. (2017). Model reconstruction for 3d vizualization of cultural heritage sites using open data from social media: The case study of Soli, Cyprus. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 14, 774-781. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.08.045>
- TKGM | Parsel Sorgu Uygulaması*. (t.y.). Geliş tarihi 17 Kasım 2022, gönderen <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/#ara/cografi/37.87390538864982/32.49775171279908>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023

- TKGM | Parsel Sorgu Uygulaması.* (2022).
<https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/#ara/cografi/37.87516885734901/32.49548792839051>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Tucci, G., Conti, A., Fiorini, L., Panighini, F., & Parisi, E. I. (2018). Education and training resources on digital photogrammetry. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(5), 45-50. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-45-2018>
- Ulukan, G. (2022, Nisan 24). *Metaverse terimini 1992 yılında ilk kez kullanan bilim kurgu yazarı: Neal Stephenson - Webrazzi*. <https://webrazzi.com/2022/04/24/metaverse-terimini-1992-yilinda-ilk-kez-kullanan-bilim-kurgu-yazari-neal-stephenson/>
- Ulusoy, A. S., & Sevim, H. (2022). Metaverse için Fotogrametri ile Dijital Model Oluşturulması: Konya Aziziye Camii Örneği. İçinde Z. Çizmecioğlu, T. Muneer, & S. Yalçınkaya (Ed.), *7. Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresi* (ss. 328-336). Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları.
- Valdivieso, C. (2019). *3Dnatives*. <https://www.3dnatives.com/en/photogrammetry-software-190920194/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Vehbi, E. D. (2015, Eylül 2). *North Cyprus from Air / Havadan Kuzey Kıbrıs - YouTube*. <https://www.youtube.com/watch?v=UvfNq62zCrc>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- viDoc RTK*. (2022). <https://ataymuhendislik.com/urun/vidoc-rtk-ipad/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Vogels, E. A., Gelles-Watnick, R., & Massarat, N. (2022, Ağustos 10). *Teens, Social Media and Technology 2022 | Pew Research Center*. <https://www.pewresearch.org/internet/2022/08/10/teens-social-media-and-technology-2022/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Weitkamp, C. (2005). *Lidar Range-Resolved Optical Remote Sensing of the Atmosphere* (W. T. Rhodes, K. H. Brenner, T. Asakura, T. W. Hansch, T. Kamiya, F. Krausz, B. Monemar, H. Venghaus, H. Weber, & H. Weinfurter, Ed.). Springer Series in Optical Science.

- Yeşilay, R. B., & Macit, A. (2020). Dünyada Ve Türkiye’de Drone Ekonomisi: Geleceğe Yönelik Beklentiler. *Beykoz Akademi Dergisi*, 239-251. <https://doi.org/10.14514/byk.m.26515393.2020.8/1.239-251>
- Yılmaz, C. E. (2020, Temmuz 16). *Google Earth Nedir? Sayesinde Gezilebilecek Yerler*. <https://teknoloji.org/google-earth-nedir-sayesinde-gezilebilecek-yerler/>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023
- Young, A. T., & Kattawar, G. W. (1983). Rayleigh-scattering line profiles. *Applied Optics*, 22(23), 3668-3670.
- Young Lee, J. (2021). A Study on Metaverse Hype for Sustainable Growth. *International Journal of Advanced Smart Convergence*, 10(3), 72-80. <http://dx.doi.org/10.7236/IJASC.2021.10.3.72>
- YouTube* - *Meta*. (2021, Ekim 28). <https://www.youtube.com/watch?v=Uvufun6xer8&t=3317s>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2023

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : *Ali Saithan ULUSOY*

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : *2019, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi,
Mimarlık Bölümü*

Yüksek Lisans Öğrenimi : *2023, KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim
Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık Tezli Yüksek
Lisans Programı*

Bildiği Yabancı Diller : *İngilizce*

Bilimsel Faaliyetleri :

Ulusoy, A. S. & Sevim, H. (2022). Metaverse için fotogrametri ile dijital model oluşturulması; Konya Aziziye camii örneği. Z. Çizmecioğlu, T. Muneer ve S. Yalçinkaya (Ed.), *7. Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresi* içinde (ss. 328-336). İstanbul: Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları.

İŞ DENEYİMİ

Stajlar : *2017, Stajyer Mimar, Viakonsept İnşaat*

2018, Stajyer Mimar, Rönesans Proje

2019, Stajyer Mimar, İTÜ Uygur Merkezi

Projeler : -

Çalıştığı Kurumlar : *2020-devam, Lisansüstü Bursiyer, KTO Karatay
Üniversitesi*

Tarih: 17 Ocak 2023