

T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
BAĞIMLILIK VE ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI

OLAY YERİNDE 360 DERECE KAMERA VE SANAL GERÇEKLİK UYGULAMALARI

Burak YEDEKÇİ

ADLİ BİLİMLER DOKTORA PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

DANIŞMANI
Prof. Dr. Sunay FIRAT

ADANA-2024

T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
BAĞIMLILIK VE ADLİ BİLİMLER ENSİTİTÜSÜ
ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI

OLAY YERİNDE 360 DERECE KAMERA VE SANAL GERÇEKLİK UYGULAMALARI

Burak YEDEKÇİ

ADLİ BİLİMLER DOKTORA PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

DANIŞMANI
Prof. Dr. Sunay FIRAT

ADANA-2024

Bu tez, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından TDK-2022-
15052 Nolu proje ile desteklenmiştir

KABUL ve ONAY



ETİK BEYAN

**T.C. ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ BAĞIMLILIK VE ADLİ BİLİMLER
ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI**

Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini okuduğumu ve anladığımı ve Çukurova Üniversitesi Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tez olarak sunduğum bu çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda bu konuda hakkımda yapılacak tüm yasal işlemleri ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. / / 20....

İMZA

Burak YEDEKÇİ

Kayıtlı olunan Program :

Tezin Konusu :

Tezin Türü :

Yüksek Lisans : ☐ Doktora: ☐

Danışmanın Adı-Soyadı :

Danışmanın İletişim Bilgileri

Telefon :

E-Posta :

Öğrencinin İletişim Bilgileri

Telefon :

E-Posta :

Adresi :

*Bu belgenin Lisansüstü eğitim tezleri savunmaya alınmadan önce öğrenci tarafından doldurulup imzalanarak Enstitü Müdürlüğüne teslim edilmesi gerekmektedir.

ÖNSÖZ

Suçların çözümü, delillerin diliyle başlar. Her bir iz, olay yerinde bulunan her bir ipucu ve suç mahallinde çekilen her bir görüntü, gerçeğin peşinde olan adli bilim uzmanlarına suçun nasıl işlendiği ve suçlunun kimliği hakkında paha biçilmez bilgiler verir.

Adli Bilimlerde ve olay yerlerindeki sessizliğini kırmak ve gerçeğe ulaşmanın önündeki engelleri ortadan kaldırmak için bu tez çalışmasını tamamladım.

Deliller asla yalan söylemez, sadece yanlış yorumlanabilir.

Burak YEDEKÇİ

Adana-2024

TEŞEKKÜR

Doktora tezimde en başından itibaren bana güvenen ve tez çalışmam için desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen, akademisyen olmanın gerekliliklerini öğreten ve her zaman yanımda olan Kıymetli Hocam Sayın Prof. Dr. Sunay FIRAT’a

Adli Bilimler disiplinlerini öğrenme yolculuğuma ışık tutan eski danışmanım rahmetli Prof. Dr. Mete Korkut GÜLMEN’e,

Teknik ekipman ve donanımları ile tezin uygulama kısmında hiçbir desteğini esirgemeyen, Adana İl Emniyet Müdürlüğü ve Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğüne,

Tez Çalışmamda yeri olay yeri incelemenin incelikleri benimle paylaşan, aynı zamanda olay yeri tasarımında yer alarak tezime katkıda bulunan Adana İl Emniyet Müdürlüğü, Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğünde görevli Kenan ÇETİNER, Ekrem BULUT ve Zeki ESEN’e,

Tezin uygulama kısmında yanımda olan ve manevi desteğini hep yanımda hissettiğim Yusuf TURAN’a,

Adli Bilimler Doktora programına başladığım andan itibaren bana inanan ve yanımda desteğini her zaman hissettiğim, meslektaşım Elçin ELGİN’e

Beni bugünlere getiren annem ve babama,

TDK-2022-15052 proje kodlu Doktora Tez Araştırma Fonuyla tezin gerçekleştirilmesine katkıda bulunan Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu’na,

Teşekkür ederim.

Burak YEDEKÇİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

KABUL VE ONAY	ii
ETİK BEYAN.....	iii
ÖNSÖZ	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Olay Yeri Fotoğrafçılığı	5
2.2. Olay Yeri Fotoğraf Çekiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	8
2.3. Olay Yeri Türleri	13
2.4. Keşif Kavramı	15
2.5. 360 Derece Görüntü Teknolojisi	17
2.5.1. 360 Derece Kameralar	18
2.5.2 360 Derece Kameraların Teknik Özellikleri	20
2.6. Sanal Gerçeklik (Virtual Reality- Vr)	21
2.6.1. Sanal Gerçeklik Gözlükleri	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM	26
3.1. Kullanılan Gereçler	26
3.1.1. GoPro Max 360	28
3.1.2. Sony ILCE-7M3+ 28-70 Kit Lens	29
3.1.3. Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens	30
3.1.4. Adobe Premiere Pro CC 23.6	31
3.1.5. Addison Atr-119 Tripod	32
3.1.6. Oculus Quest 2 128GB All-In-One VR Sanal Gerçeklik Gözlüğü	32
3.2. Yöntem	33

3.2.1. Çalışmaya İlişkin Yapılan Ön Hazırlıklar	33
3.2.2. Açık Alan Çekimleri	36
3.3.3. Kapalı Mekan Çekimleri.....	39
3.4.4. Kurgu ve Görüntü İzleme Aşaması.....	41
3.4. Materyal Sınırlılıkları	42
4. BULGULAR.....	45
4.1. Açık Alan ve Kapalı Mekan Çekimlerimde Elde Edilen Bulgular	45
4.1.1. 360 Derece Fotoğraf ve Video Bulguları.....	45
4.1.2. Standart Fotoğraf Çekimi Bulguları	52
4.2.1. 360 Derece Fotoğraf Çekimleri	55
4.2.2. 360 Derece Video Çekimleri	56
4.2.3. Standart Fotoğraf Çekimleri	57
4.3. Kapalı Alan Çekimleri	60
4.3.1. 360 Derece Fotoğraf Çekimleri	60
4.3.2. 360 Derece Video Çekimleri	62
4.3.3. Standart Fotoğraf Çekimi.....	63
4.4.1. Gopro Max 360 Kamera Avantajları.....	64
4.4.2. Gopro Max 360 Kamera Dezavantajları	65
4.4.3. Sony ILCE-7M3 Kamera Avantajları	66
4.4.4. Sony ILCE-7M3 Dezavantajları	66
5. TARTIŞMA	67
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	82
7. SINIRLILIKLAR	85
KAYNAKLAR.....	86
EKLER	97
Ek-1. Yönetim Kurulu Kararı	97
Ek-2. Adana İl Emniyet Müdürlüğü İş Birliği Yazısı	97
Ek-3. Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü Çekim ve Mekan Kullanım İzinleri	
Ek-4. Katılımcı Onam Formu	102
Ek-5. Katılımcı Muvafakatname.....	103
ÖZGEÇMİŞ	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No:

Sayfa No:

Şekil 2.1. Alphonse Bertillon Sabıka Fotoğrafı (Mug Shot) (17)	6
Şekil 2.2. Bertillon Antropometrik fotoğraf çekimi örneği (18)	6
Şekil 2.3. GoPro Max 360 (66).....	19
Şekil 2.4. Ricoh Theta X 360 (66)	19
Şekil 2.5. Trisio Lite 2 (67).....	20
Şekil 3.1. GoPro Max 360 Kamera (94)	29
Şekil 3.2. GoPro Max 360 Kamera Çözünürlük Kapasitesi (96)	29
Şekil 3.3. Sony ILCE-7M3+ 28-70 Kit Lens (99)	30
Şekil 3.4. Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens (100).....	31
Şekil 3.5. Adobe Premiere Pro CC 23.6 Ara Yüzü	31
Şekil 3.6. Addison Atr-119 Tripod (102)	32
Şekil 3.7. Oculus Quest 2 128 GB All-In-One VR Sanal Gerçeklik Gözlüğü (104)	33
Şekil 3.8. Oculus Quest 2 128 GB All-In-One VR Sanal Gerçeklik Gözlüğü Kullanımı (105)	33
Şekil 3.9. Çalışmaya İlişkin Ön Hazırlık Akış Şeması	36
Şekil 3.10. GoPro Quick Uygulaması ile Uzaktan Kamera Kontrolü.....	38
Şekil 3. 11. 360 derece çekilen videoların kurgu işlem sırası	42
Şekil 4.1. GoPro Player Dışa Aktarma Ayarları.....	47
Şekil 4.2. 10 Numaralı Delilde Oluşan Birleştirme Çizgisi	49
Şekil 4.3. Dar Alanda Oluşan Distorsiyon Örneği	50
Şekil 4.4. Tripotun Görüntüyü Engellemesi	51
Şekil 4. 5. 360 Derece Fotoğrafta Oluşan Pikselleşme	51
Şekil 4.6. GoPro Max 360 Kapalı Mekan Fotoğrafı	53
Şekil 4.7. Sony ILCE-7M3 Standart Fotoğraf Örneği	53
Şekil 4.8. Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens Net Görüntü	54
Şekil 4. 9. Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens Bulanık Görüntü	54
Şekil 4.10. Açık Alan 360 Olay Yeri (Numaratörlü).....	56
Şekil 4.11. Açık Alan 360 Olay Yeri (Numaratörüz)	56
Şekil 4.12. Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens ile Çekilen Mermi Kovanları	58
Şekil 4.13. Sony ILCE-7M3 Açık Alan Geniş Açık Olay Yeri (Numaratörsüz)	58
Şekil 4.14. Sony ILCE-7M3 Açık Alan Geniş Açık Olay Yeri Açık Alan Olay Yeri (Numaratörlü)	59
Şekil 4.15. Sony ILCE-7M3 Açık Açık Alan Olay Yeri Delil (Numaratörlü).....	59
Şekil 4.16. ILCE-7M3 Açık Alan Olay Yeri (Numaratörlü)	60
Şekil 4.17. Kapalı Alan 360 Derece Fotoğraf (Numaratörsüz)	61
Şekil 4.18. Kapalı Alan 360 Derece Fotoğraf (Numaratörlü)	61

Şekil 4.19. Kapalı Mekan Sony Ilce-7m3 (Numaratörsüz).....	63
Şekil 4.20. Kapalı Mekan Ayak İzi Delili Sony ILCE-7M3	64



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge No:

Sayfa No:

Çizelge 3.1. Açık Alan Olay Yerinde Kullanılan Materyaller.....	26
Çizelge 3.2. Kapalı Mekan Olay Yeri Tasarımında Kullanılan Materyaller	27
Çizelge 3.3. Görüntü İzleme ve Kurgu Aşamasında Kullanılan Materyaller.....	28
Çizelge 3.4. Açık Alan Olay Yerinde Kullanılan Deliller	37
Çizelge 3.5. Kapalı Mekan Olay Yerinde Kullanılan Deliller.....	39
Çizelge 3.6. Tez Çalışmasının Zaman Çizelgesi.....	44
Çizelge 4.1. Tez Çalışmasında Çekilen 360 Derece Fotoğraf Bulguları.....	45
Çizelge 4.2. Tez Çalışmasında Çekilen 360 derece Video Bulguları.....	45
Çizelge 4.3. Adobe Premiere Pro CC 23.6 360 Derece Video Dışa Aktarım (Export) Detayları	47
Çizelge 4.4. Tez Çalışması Kapsamında Çekilen Toplam Standart Fotoğraflar	52
Çizelge 4.5. Açık Alan Olay Yerinde Çekilen 360 Derece Fotoğraf Bulguları.....	55
Çizelge 4.6. Açık Alan Olay Yerinde Çekilen 360 Derece Video Bulguları.....	56
Çizelge 4.7. Tez Çalışması Kapsamında Çekilen Açık Alan Standart Fotoğraf Bulguları.....	57
Çizelge 4.8. Kapalı Mekan Olay Yerinde Çekilen 360 Derece Fotoğraf Bulguları	60
Çizelge 4.9. Açık Alan Olay Yerinde Çekilen 360 Derece Video.....	62
Çizelge 4.10. Tez Çalışması Kapsamında Çekilen Kapalı Mekan Standart Fotoğraflar	63

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

VR	: Virtual Reality
İHA	: İnsansız Hava Aracı
3D	: Three Dimensional
2D	: Two Dimensional
PRNU	: Photo Response Non-Uniformity
GPS	: Global Positioning System
NIJ	: National Institute of Justice
AR	: Artırılmış Gerçeklik
HMD	: Head-mounted Display
MR	: Mixed Reality
GB	: Gigabyte
MB	: Megabyte
DSLR	: Digital Single Lens Reflex
SSD	: Solid State Drives
TB	: Terabyte
HDD	: Hard Disk Drive
USB	: Universal Serial Bus
SD	: Secure Digital
FPS	: Frame Per Second
f/	: Focal Length
Cm	: Santimetre
Mm	: Milimetre
OSS	: Optic Steady Shot
SAO	: Sample Adaptive Offset
CTRT	: Child Trauma Response Team
TAI	: Test Anxiety Inventory

ÖZET

Olay Yerinde 360 Derece Kamera ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları

Kamera, icadından günümüze kadar defalarca evrimler geçirip teknolojik adaptasyon sürecini tamamlayarak adli bilimlerin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Dijital kamera ile kaydedilen görüntülerin muhafaza edilmesinin kolay olması, belirli bir zaman dilimini içine hapsedmesi gibi özellikleri onu alternatifi olmayan bir araç haline getirmiş, birçok davanın çözümüne de önemli katkılar sağlamıştır.

Olay yeri görüntüleme esnasında kullanılan kamera türü, delillerin niteliğinin belirlenmesinde önemli bir role sahiptir. Standart fotoğraf çekimi belirli bir nesnenin veya mekanın iki boyutlu görüntüsünü belgelerken, 3 boyutlu bir sahnenin tüm detaylarını yeterince yansıtamamaktadır. Olay yerinde bir uzmanın, her biri farklı bir zaman dilimini yansıtan görüntüler arasındaki zamansal birliği sağlaması mümkün değildir. Bu durum, delil olarak kaydedilen olay yeri görüntülerinin zamansal gerçekliğini uzmanın inisiyatifine bırakarak delillerin doğru bir şekilde yorumlamasını zorlaştırabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, açık alan ve kapalı mekanda kurulan iki ayrı olay yeri senaryosu üzerinden 360 derece kamera ve sanal gerçeklik teknolojilerinin, geleneksel görüntüleme yöntemlerine ne şekilde destek verebileceği incelenmiştir. Bu amaçla, Adana Emniyet Müdürlüğü Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğü ile iş birliği yapılarak standart fotoğraf, 360 derece fotoğraf ve 360 derece video çekimi yöntemleriyle karşılaştırmalı bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Olay yeri inceleme ekipleri, gerçek delillerle donatılmış senaryolar çerçevesinde rutin prosedürleri yerine getirirken, olay yerinde araştırmacı tarafından farklı görüntüleme işlemleri uygulanmıştır.

Tez çalışmamız, olay yerinde geleneksel görüntüleme yöntemlerinin sınırlılıklarının üstesinden gelmede 360 derece görüntü ve sanal gerçeklik teknolojilerinin nasıl katkı sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Aynı zamanda bu teknolojilerin avantajlarını ve dezavantajlarını- olay yeri bağlamı dışında mağdur, tanık ve sanıklar çerçevesinde kullanımını tartışarak- adli bilimlerdeki potansiyel uygulamalarını literatüre dayalı olarak değerlendirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Adli Fotoğrafçılık, Olay Yeri Fotoğrafçılığı, Olay Yeri Görüntüleme, Sanal Gerçeklik ve Adli Bilimler, Sanal Gerçeklik Teknolojileri,

ABSTRACT

360-Degree Cameras and Virtual Reality Applications at Crime Scenes

Since its invention, the camera has undergone numerous evolutions and technological adaptations, becoming an indispensable part of forensic science. The ease of preserving images captured by digital cameras, which encapsulate a specific moment in time, has made it an irreplaceable tool, significantly contributing to the resolution of many cases.

The type of camera used during crime scene documentation plays a crucial role in determining the quality of evidence. While standard photography captures a two-dimensional image of a specific object or location, it fails to adequately represent all the details of a three-dimensional scene. It is impossible for an expert at a crime scene to achieve temporal consistency among images that each reflect a different time frame. This issue leaves the temporal reality of the crime scene images up to the expert's discretion, complicating the accurate interpretation of evidence.

This thesis examines how 360-degree cameras and virtual reality technologies can support traditional imaging methods through two crime scene scenarios set in both open and enclosed spaces. In collaboration with the Adana Provincial Police Department's Crime Scene Investigation Branch, a comparative study was conducted using standard photography, 360-degree photography, and 360-degree video recording methods. During the routine procedures within scenarios equipped with real evidence, various imaging techniques were applied by the researcher.

Our thesis demonstrates how 360-degree imaging and virtual reality technologies can help overcome the limitations of traditional imaging methods. It also evaluates these technologies' advantages and disadvantages in the context of crime scenes, as well as their potential applications in forensic science, considering the perspectives of victims, witnesses, and suspects.

Keywords: Forensic Photography, Crime Scene Photography, Crime Scene Imaging, Virtual Reality and Forensic Sciences, Virtual Reality Technologi

1. GİRİŞ

“Görmek inanmaktır” deyimini somut kanıt olmadan yapılan iddialara ikna olmak için görmenin değerini vurgularken, fotoğraf da tarih boyunca bu değeri somutlaştırarak kelimelerin ötesine geçen bir gerçeklik duygusu yaratmıştır. Tarihte çeşitli yaklaşımlara rağmen fotoğraf paradoksal bir şekilde aynı anda hem güvenilirlik addedilen, hem de öznel yorumlayıcı bir araç olarak itibar kazanarak kişisel ve toplumsal bir arabuluculuk işlevi görmüştür (1).

Olay yeri fotoğraflama teknikleri, kameranın dijital dönüşümüne ve teknolojik gelişmelere ayak uydurarak evrimleşmeye ve uygulamada kalmaya devam etmektedir. Fotoğrafın benzerlikleri yakalama yeteneği, 19. yüzyılda portre ve manzara resimleri gibi sanatsal çalışmalarda kullanılmasının yanı sıra savaşlar, doğal afetler ve sahtecilik gibi olayları belgelemek için de önemli bir araç haline gelmiştir (2). Suçluların fotoğraflarının çekilmesi ve sabıka kayıtlarının oluşturulmasında kullanılması, fotoğrafın adli bilimlerde popüler hale gelmesini sağlamıştır. Bu gelişmeler, fotoğrafın sadece suçluların teşhisinde değil, delillerin muhafazasında ve olay yerinin ilk halinin tespitinde de önemli bir araç haline gelmesine neden olmuştur. Olay yerinde delillerin toplanma sürecinde karşılaşılan zorluklar; örneğin bozulma, çürüme veya delil özelliklerinin kaybolması gibi etkenler, delillerin ilk halinin olay yerinde fotoğraflanmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu sayede fotoğraf, olay yerinin ilk halinin belgelenmesine ve delillerin zamansal değişiminin izlenmesine olanak tanımıştır. Günümüzde, İngiltere’nin 1900’lü yılların başlarından kalma olay yeri fotoğrafları arşivlerde korunmaya devam etmektedir (2). Bu görsel kayıtlar, geçmiş dönemlerde gerçekleşen suçları ve ilgili mekanları modern zamanlarda bile detaylı bir şekilde analiz etme imkanı sunmaktadır. Ancak aynı dönemde toplanan biyolojik ve fiziksel kanıtların büyük bir bölümü, zamanla karşılaştıkları çeşitli bozulma süreçleri nedeniyle günümüze ulaşamamıştır. Dolayısıyla fotoğraflar iddia edilen delillerin gerçekliğini teyit etme noktasında doğrulayıcı bir rol üstlenmiştir.

Standart fotoğraf çekimlerinde iki boyutlu mekanların ve delillerin üç boyutlu olarak temsil edilememesi, dava süreçlerinde yanlış yorumlanması ve olay yerinin bütünsel olarak anlaşılmasının zorlaşması gibi sorunlara yol açabilmektedir. 360 derece fotoğraf ve video çekme kapasitesine sahip yeni nesil kameralar, olay yerlerindeki

boyutsal sorunların giderilmesi için alternatif bir çözüm ortaya koymaktadır. Eğlence, pazarlama ve sosyal medya gibi çeşitli alanlarda, kompakt boyutları ve tek seferde 360 derece görüntü kaydetme imkanı sunan aksiyon kameralar, kullanıcılar arasında popüler bir tercih haline gelmiştir.

Son yıllarda olay yeri incelemelerinde yeni teknolojilerin kullanımı, kriminal araştırma ve delil toplama süreçlerinde önemli bir dönüşüm potansiyeli yaratmaktadır. Bu bağlamda, ülkemizde insansız hava araçları (İHA) olay yeri belgelenmelerinde yaygın olarak kullanılırken, yapılan literatür taramaları sonucunda 360 derece kameraların adli görüntüleme ve olay yeri incelemelerinde rutin olarak kullanıldığına dair çalışmaların sınırlı sayıda olduğu gözlemlenmiştir (3).

360 derece kameralar, tek seferde tüm alanı kapsayabilme özelliği sayesinde olay yeri incelemelerinde önemli bir işlevsellik sunmaktadır (4). 360 derece kameralar, olay yerinin kapsamlı ve tutarlı bir görüntü kaydetmesi sayesinde delil toplama ve analiz süreçlerini kolaylaştırmaktadır. 360 derece fotoğraf ve videoların sanal gerçeklik gözlükleri ile izlenmesi dikkat, bellek, dalma ve gerçeklik hissiyatı gibi unsurları barındıran bir “orada bulunma” deneyimi yaşatarak izleyiciyi sanal ortamın içine çekmektedir. Bu deneyim, sanal gerçeklik teknolojilerinin temelini oluşturmakta ve başa takılı ekranlar aracılığıyla izleyicilere gerçek hayatın sanal bir kopyasını sunmaktadır. Mark ve Lemley (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, sanal gerçeklik ortamında gerçekleştirilen Milgram deneyinde katılımcıların gerçek hayattaki deneyime benzer tepkiler verdiği belirtilmiştir (5).

Olay yerinin 360 derece videoları ve 3 boyutlu rekonstrüksiyonlarının yargılama sürecinde delil olarak sunulması adli makamlara karar vermelerinde yardımcı bir araç olabileceği düşünülmektedir (6). Olay yerlerinin standart video ve fotoğraflarının çekimi, 3 boyutlu bir mekanın 2 boyuta indirgenmesi nedeniyle delillerin belirli sınırlar dahilinde analiz edilmesine neden olmaktadır (7). Olay yerinin yapısal özelliklerinin standart kameralar aracılığıyla belgelenmesi, bu süreçte gözlemleyen ve olayı görüntüleyen kişinin bakış açısının getirdiği sınırlılıklar altında gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, kaydedilen görüntüler yalnızca olayı kayıt altına alan kişinin perspektifi ve bu perspektiften ne kadarının sunulabildiği ölçüsünde değerlendirilebilmektedir.

Eğlence ve medya sektörlerinde yaygın kullanımı gözlemlenen sanal gerçeklik teknolojilerinin, adli süreçlere entegrasyonu, yargılama süreçlerinin hızlanmasına ve

sonuçların daha adil ve şeffaf bir şekilde elde edilmesine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır (8).

Ayrıca, Ceza Muhakemeleri Kanunu'nda tanımlanan keşif işlemleri, olayın gerçekleşmesinden aylar sonra icra edilebilmektedir (9). Zaman içerisinde olay yerinde meydana gelen değişimler ve çevresel faktörlerin etkileri; sanık, tanık ve mağdurların olayın ve delillerin ilk halini zamanla unutması, gerçeğin ispatı sürecinde önemli farklılıklara yol açmaktadır.

Sanal gerçeklik gözlükleri aracılığıyla tanık ve mağdurlara gösterilen 360 derecelik olay yeri görüntüleri, onlara olay yerindeymiş gibi bir deneyim sunmakta ve bu olayın detaylarını daha iyi hatırlamalarına olanak tanımaktadır. Ventura ve arkadaşları (2019) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, sanal gerçeklik ortamında sunulan görsel uyaranların, standart ekranlarda sunulan görsel uyaranlara kıyasla hatırlama yeteneğini önemli ölçüde artırdığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bellek değerlendirmesi için yapılan analizlerde, immersive koşulda hedef tanıma görevinde anlamlı bir fark gözlemlenmiş ($p < 0.05$) ve bu durum sanal gerçeklik ortamının belirli nesneleri tanımada daha iyi performans sağladığını göstermiştir (10).

Çocuk mağdurların ve suça sürüklenen çocukların ifadesi alınırken olay yeri hakkında detayları hatırlayamaması ve olay yeri keşfine katılarak olay yerinde bulunması ruh sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Suç mahalline gitmekten çekinen mağdurlar için sanal gerçeklik gözlüğü kullanımı, maruziyet riskini en aza indirerek travma sonrası stres bozukluğu gibi oluşabilecek potansiyel sorunların önlenmesine katkı sağlayacaktır.

Ülkemizde, adli bilimler alanında eğitim gören öğrencilerin karşılaştıkları en büyük sorunlardan birinin yetersiz saha deneyimi olduğu düşünülmektedir. Saha deneyimi eksikliğinin temel nedenleri arasında, adli olay yerlerine ve vakalara erişimin yalnızca yetkili kişilerle sınırlı olması ve saha uzmanlarıyla yeterince bağlantı kurulamaması yer almaktadır. Olay yeri incelemesi ve otopsi işlemlerinin 360 derece video formatında sanal gerçeklik gözlükleri kullanılarak izlenmesi, oluşan eğitim boşluğunun giderilmesine imkan tanıyacak bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (11,12).

Bu tez çalışması kapsamında, açık alan ve kapalı mekan olmak üzere iki farklı olay yeri senaryosu tasarlanmış ve 360 derece kamera ile sanal gerçeklik teknolojilerinin, olay yeri incelemelerinde standart görüntüleme yöntemlerine nasıl

destek sağlayabileceği araştırılmıştır. Adana İl Emniyet Müdürlüğü Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğü iş birliği ile iki farklı olay yerinde standart fotoğraf çekimi, 360 derece fotoğraf çekimi ve 360 derece video çekimini kapsayan bir araştırma yürütülmüştür. Gerçekçi senaryo ve deliller içeren bir olay yeri ortamında Olay Yeri İnceleme ekipleri tarafından parmak izi toplama, atış yönü tespiti ve delil toplama gibi rutin işlemler uygulanırken, araştırmacı tarafından 360 derece fotoğraf, 360 derece video ve standart fotoğraf çekimi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı tarafından çekilen 360 derece videolar uygun yazılımlar ile düzenlendikten sonra, Meta Quest-2 Sanal Gerçeklik gözlüğü ve ses yalıtımlı kulaklık kullanılarak izlenmiştir. Bu sayede standart görüntülemenin eksiklerinin nasıl giderilebileceği analiz edilmiş ve bu yöntemleri destekleyici görüntüleme teknolojilerinin yöntemsel avantaj ve dezavantajları belirlenmiştir. Çekilen 360 derece görüntülerin sanal gerçeklik gözlüğü kullanımı ile adli bilimlerde potansiyel kullanım alanları literatürde incelenen uygulamalarla ortaya konmuştur.

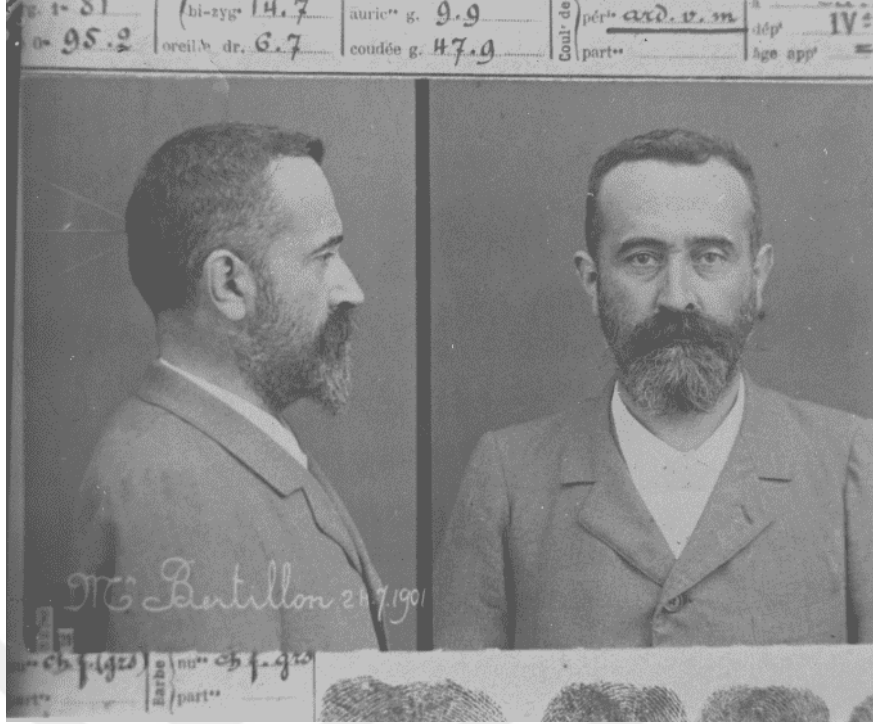
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Olay Yeri Fotoğrafçılığı

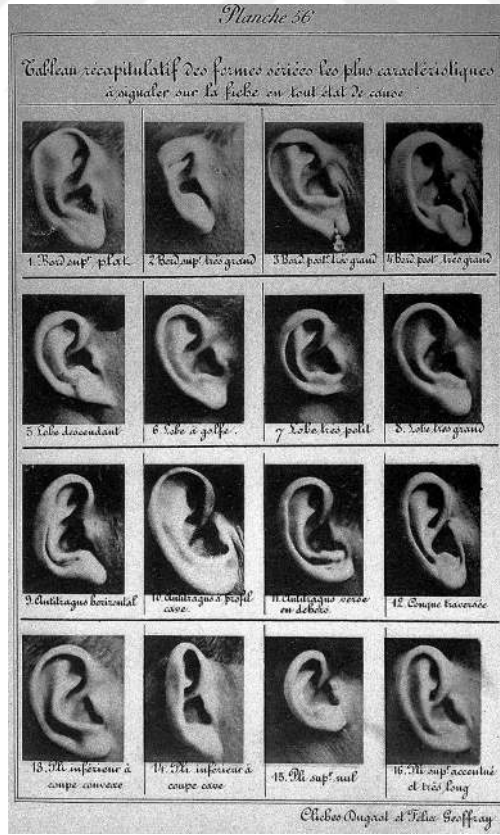
Kamera, icadından günümüze kadar defalarca evrimler geçirip teknolojik adaptasyon sürecini tamamlayarak adli bilimlerin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Kamera ile kaydedilen görüntülerin muhafaza edilmesinin kolay olması, belirli bir zaman dilimini içine hapsedmesi gibi özellikleri onu alternatifi olmayan bir araç haline getirmiş, birçok davanın çözümüne de önemli katkılar sağlamıştır. Olay yeri fotoğrafçılığı olarak da adlandırılan adli fotoğrafçılık, mahkeme için kalıcı bir kayıt sağlamak amacıyla olay yerinin ilk görünümünü ve fiziksel kanıtlarını kaydeden bir faaliyettir (13).

Olay yerinde fotoğrafın delil olarak kullanılması, 1871 yılında Paris Ayaklanması sırasında, barikatların ardında bulunan komün destekçilerinin fotoğraflarının çekilmesiyle tarihte bir dönüm noktasına işaret etmektedir. Kaydedilen bu olay, fotoğrafın polis tarafından delil olarak ilk kez kullanılmasına, eylemcilerin tutuklanmasına ve bazılarının idam edilmesine yol açmıştır (14).

1890'larda Paris Valiliği'nde çalışan Alphonse Bertillon, suçluların ve olay yerinin fotoğraflanması için standartlaştırılmış sistemler oluşturmuş ve bunları 1889 Paris Sergisi'nde ve 1893'te Chicago'da düzenlenen Dünya Kolombiyası Sergisi'nde paylaşmıştır (2). Alphonse Bertillon'un olay yeri fotoğrafçılığı açısından en önemli özelliği, adli fotoğraf çerçevesinde standartlaşmış yöntemler ortaya koymasıdır. Bertillon, suçluların sabıka fotoğrafları ve fiziksel ölçümlerini kaydetmek için fotoğrafçılığı kullanarak modern adli fotoğrafçılığın temellerini atmıştır (15,16).



Şekil 2.1. Alphonse Bertillon Sabika Fotoğrafi (Mug Shot) (17)



Şekil 2.2. Bertillon Antropometrik fotoğraf çekimi örneği (18)

Bertillonaj yöntemi, bir bireyin bedeninden alınan antropometrik ölçümlerin kalıcı ve değişmez sabiteler oluşturmak için kullanılması ve bu sabiteler üzerinden suçluların kimliklerinin teşhis edilmesini sağlamaktadır. Ölçümler, başın uzunluğu ve genişliği, sol orta ve küçük parmakların uzunluğu, sol ayağın uzunluğu, sol ön kolun uzunluğu, sağ kulağın uzunluğu, uzatılmış kolların ölçümü ve gövdenin boyutlarından oluşmaktadır. (19). Böylelikle, Alphonse Bertillon sadece modern olay yeri fotoğrafçılığının öncüsü olmakla kalmamış, aynı zamanda antropometrik ölçümler üzerine kurulu kimlik tespit sistemiyle adli bilimlerde çığır açmıştır (20). Bertillonaj yöntemi, modern parmak izi tekniklerinin ortaya çıkmasıyla önemini yitirmiştir (21).

Analog fotoğraftan dijital fotoğrafçılığa geçiş, pek çok alanda olduğu gibi olay yeri fotoğrafçılığında da önemli bir dönüm noktası olmuştur. Dijital kameraların kullanımı olay yerlerinde kanıt toplama ve belgeleme sürecine, delillerin hızlı bir şekilde kaydedilmesine, yüksek çözünürlüklü görüntülerin elde edilmesine ve bu görüntülerin adli analiz için anında erişilebilir hale gelmesine olanak tanıyarak önemli bir etki yaratmıştır. Analog ve dijital fotoğrafçılığın olay yeri fotoğrafçılığı açısından farklılıkları şu şekilde sıralanabilir:

1. **Yaygınlık:** Dijital fotoğrafçılık, kişisel ve profesyonel ortamlarda, adli tıp ve olay yeri incelemesi de dahil olmak üzere analog fotoğrafçılığın neredeyse tamamen yerini almıştır. Dijital teknoloji, görüntülerin hemen incelenebilmesi, kolay depolanması ve elektronik olarak paylaşılması ve iyileştirilmesi gibi birçok avantaj sunmaktadır (22).
2. **Kesinlik:** Olay yerleri ve kanıtların dijital fotoğraflar ile belgelenmesi adli görsellerin, sadece sözel açıklamalarla ifade edilemeyen bir detay seviyesine ulaşılmasını sağlamaktadır. Değiştirilebilir lenslere ve gelişmiş görüntü sensörlerine sahip iyi bir dijital kamera kullanmak, adli fotoğrafçılığın kalitesini artırarak kanıtların ayrıntılı olarak belgelenmesine olanak tanımaktadır (23).
3. **Görüntü İşleme ve Görüntü Analizi:** Dijital görüntülemeye geçiş, analog fotoğrafçılıkta mevcut olmayan gelişmiş görüntü işleme ve analiz yöntemlerini beraberinde getirmiştir. Bu dijital yöntemler, kontrast artırma, renk filtreleme ve kişisel cihazlarda mevcut olan daha gelişmiş teknikleri

içermekte ve adli incelemelerde olay yeri fotoğraflarının kullanılabilirliğini artırmaktadır. Dijital fotoğrafçılığın gelişimi, adli bilimlerdeki uygulamaları önemli ölçüde iyileştirmiş, özellikle de olay yerinin ve kanıtların belgelenmesi sürecinde referans olarak kullanılmıştır (24,25).

4. **Kullanım Kolaylığı:** Dijital fotoğrafçılığın olay yeri incelemelerinde kullanım kolaylığı ve pratikliği, analog yöntemlere göre önemli kolaylıklar sunmaktadır. Film kullanımına bir alternatif olarak, fotoğrafik görüntülerin dijital ortamlarda saklanması, anında bilgisayarlarda görüntülenebilmesi ve basım sürecinin kolaylaşması, dijital fotoğrafçılığın önemli avantajlarını oluşturmaktadır. Ayrıca, hafıza kartlarına kaydedilen dijital fotoğraflar, film tabanlı fotoğraflara göre çok daha kolay bir şekilde saklanmakta, kopyalanmakta ve paylaşılmaktadır (26). Bu teknolojik avantajlar, adli sürecin hızlanmasına ve daha etkin bir kanıt toplama işlemine katkıda bulunmaktadır. Ancak, dijital fotoğrafçılığın görünürdeki kullanım kolaylığı adli bilimler alanında profesyonel olmayan, eğitimsiz ve yeterince deneyim sahibi olmayan kişilerin adli fotoğraflar çekmesine yol açmıştır (22). Bu durum, adli fotoğrafların kalitesi ve güvenilirliğinin korunması için dikkatli bir değerlendirme yapılmasını ve profesyonel standartların uygulanması gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.
5. **Gelecek Yönelimler ve 3D Rekonstrüksiyon:** Adli bilimlerde 3D rekonstrüksiyon ve modelleme tekniklerinin kullanımı, geleceğin olay yeri incelemelerinde merkezi bir rol oynamaktadır. Ayrıca, bu teknoloji, olay yerinin sanal bir kopyasını oluşturarak, mahkemelerde kanıt olarak sunulan görsel materyalin anlaşılabilirliğini ve etkisini arttırmaktadır (27). İlerleyen teknoloji ile birlikte, 3D modelleme ve sanal gerçeklik (VR) uygulamalarının birleşimi, adli bilimlerde yenilikçi ve etkili sunum teknikleri geliştirme potansiyeline sahiptir.

2.2. Olay Yeri Fotoğraf Çekiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Olay yeri inceleme ve adli bilimler alanlarında görsel delillerin belgelenmesi, adli soruşturmaların ve analizlerin temelini oluşturmaktadır. Olay yeri fotoğraf çekimi, fotoğraf sanatının biçim ve içerik unsurlarını barındırmasının ötesinde, belge niteliği

taşıyan ve görüntülerin gerçekliğini doğru bir şekilde yansıtmasını sağlamak amacıyla belirlenmiş kurallara göre yapılmalıdır. Bu bağlamda, olay yeri fotoğrafçılığı kritik bir rol oynamakta ve sadece fotoğraf çekimi eğitiminin ötesinde, disiplinler arası bir bilgi birikimi gerektirmektedir. Bir olay yeri fotoğrafçısı, fotoğraf tekniklerine hakimiyetin yanında, olay yeri prosedürleri, delil toplama ve adli bilimlerin temelleri konusunda da bilgi sahibi olmak durumundadır. Olay yeri fotoğraf çekiminde dikkat edilmesi gereken hususlar şu şekilde sıralanabilir (28);

1. Olay yerini tanıtan fotoğraflar çekilmelidir. Bu kapsamda, olay yeri özellikleri ve çevresini gösteren binalar, yollar gibi mevki belirleyici fotoğraflar çekilmeli ve binaların sokak numarası ile giriş kapısı fotoğraflanmalıdır.
2. Olayın meydana geldiği ve henüz inceleme yapılmamış olan alan, detaylarıyla kaydedilmelidir. Mağdur ve mağdur yakınları, kasıtlı veya kasıtsız olarak olay yerindeki delilleri değiştirerek alanı temizleme eğiliminde olabilmektedir. Bu nedenle, olay yerinin daha sonra aynı detaylarla tekrar görüntülenememe riski ve detayların zamanla unutulma olasılığı göz önünde bulundurularak, fotoğraf ve video kaydının yapılması gerekmektedir.
3. Olay yerinin giriş ve çıkış noktaları fotoğraflanarak belgelenmelidir.
4. Her bir delilin detaylı fotoğraflarının çekilmesi gerekmektedir. Suçlu kimliğinin tespitine katkıda bulunabilecek kritik eşya, iz, delil, ayak ve parmak izleri, suçla bağlantılı araç ve gereçlerin fotoğrafları çekilmelidir. Olay yerindeki deliller hiçbir kuşkuyla yer vermeden açık ve net anlatılmalıdır.
5. Çekilen fotoğraflarda, olay yerindeki delillerin mevcut durumları (kırık, sağlam, lekeli vb.) açıkça gösterilmelidir.
6. Olay yerinde bulunan izler ve delillerin birbiriyle olan ilişkileri ve bağlantıları, fotoğraflarla kayıt altına alınmalıdır. Bu bağlantı ve ilişkileri açıkça gösterebilmek için, birden fazla delilin bir arada çekilmesi gerekmektedir. Cesedin genel görünümü, elin konumu ve silahın yerleşimi de dikkate alınarak bir arada çekilmelidir.

7. Olay gerçekleşirken önemli olan alanlar fotoğraflanmalıdır. Olay meydana gelmeden hemen önceki ve sonraki önemli fillerin bulunduğu yakın alanların da tespit edilmesi gerekmektedir (28).

Olay yeri fotoğraf çekimleri çeken kişinin hususiyetini değil olay ve olay yerine dair aydınlatıcı, bilgilendirici ve yönlendirici verileri içermelidir. Olay yeri rutin uygulamalarında fotoğraf ve video çekimlerinin belirli standartlara bağlanması ve yeni teknolojik gelişmelerin bu süreçlere entegre edilmesi, adli süreçlerin daha hızlı ve adil sonuçlanmasına destek olacaktır.

2.2.1. Adli fotoğrafçılık ve Olay Yeri Fotoğrafçılığı

Adli fotoğrafçılık ve olay yeri fotoğrafçılığı, hukuki süreçlerde önemli rol oynayan, ancak farklı amaçlar ve uygulamaları olan iki ayrı disiplindir. Her iki alan da detaylı ve hassas fotoğrafçılık becerileri gerektirmekle birlikte, odaklandıkları konular ve kullanımları açısından farklılık göstermektedir. Olay yeri fotoğrafçılığı, adli fotoğrafçılığın bir alt dalı olarak, özellikle suç mahallindeki delillerin ve olayın bütün yönlerinin belgelenmesine odaklanır; bu da onu adli fotoğrafçılığın diğer uygulamalarından- örneğin, adli tıp veya dental fotoğrafçılık gibi- farklı bir uygulama alanına sokmaktadır.

Adli fotoğrafçılık, adli soruşturmalarda tüm delilleri objektif bir şekilde belgelemek suretiyle gerçekçi kanıtlar sağlamaktadır. Bu sayede cezai soruşturma işlemlerinin ayrılmaz bir parçası haline gelmekte ve yasal delil statüsüne erişmektedir. Adli fotoğraf, mahkemede kanıt olarak kullanılmak üzere olay yerindeki delillerin fotoğraflanmasının yanı sıra, otopsi fotoğrafları, adli muayeneler, giysiler, dental fotoğrafçılık gibi adli tıbbi kanıtları da kapsamaktadır (29).

Adli fotoğrafçılık; kimlik tespiti, olay yerinin belgelenmesi, makro detayların kaydı, otopsi süreçlerinin belgelenmesi ve görüntü analizi gibi çeşitli disiplinleri içeren geniş bir alandır.

Kimlik tespit fotoğrafçılığı; bireylerin tanımlanması ve kimlik tespiti (30),

Olay yeri fotoğrafçılığı; olay yerinin genel perspektifi ve fiziksel kanıtların kaydedilmesi (25, 26),

Makro fotoğrafçılık; küçük delillerin (parmak izi, saç teli, yaralanma, balistik vb.) kaydedilmesi (30),

Otopsi fotoğrafçılığı; otopsi raporunun desteklenmesi için otopsi sırasında gözden kaçan detayların tanımlanması (33),

Görüntü analizi; Görüntüyü kaydeden görüntüleme cihazının tanımlanması ve sahtecilik izlerinin tespit edilmesi (34).

Görüldüğü üzere, olay yeri fotoğrafçılığı adli fotoğrafçılığın bir alt dalı olmakla birlikte, her iki kavram aynı uygulama alanını ifade etmemektedir. Olay yeri fotoğrafçılığı, suç mahallinin ve delillerin ayrıntılı belgelenmesine odaklanırken, adli fotoğrafçılık olay yeri fotoğrafçılığının yanı sıra otopsi ve diğer adli tıp işlemlerini de kapsayan daha geniş bir kavramdır. Özetle adli fotoğrafçılık ve olay yeri fotoğrafçılığı, adli bilimler alanlarında farklı işlevlere sahip olmakla birlikte, birbirini tamamlayan ve birbiriyle yakın ilişkili disiplinler olarak karşımıza çıkmaktadır. Adli fotoğrafçılık, vücut sıvılarının ve dokularının kaydedilmesi, otopsi, cinsel saldırı suçları, olay yeri de dahil olmak üzere yasal ve soruşturma amaçlı belgelemeye odaklanırken, olay yeri fotoğrafçılığı cezai soruşturmalarda ve yasal işlemlerde kullanılmak üzere kanıt toplamaya ve olay yerlerini belgelemeye yöneliktir.

Gerçekleştirilen literatür taraması, adli fotoğrafçılık ve olay yeri fotoğrafçılığı arasındaki ayrımın net bir şekilde tanımlanmadığını ve bu iki kavramın sıklıkla birbirinin yerine kullanıldığını ortaya koymuştur. Bu durum, kavramların net bir şekilde tanımlanmasına ve ayrımının yapılmasına dair bir literatür eksikliğinin varlığını ortaya koymaktadır. Oysaki, her iki disiplin de kendine özgü uygulama alanları, teknikleri ve eğitim gereksinimleri ile birbirinden ayrılmaktadır. Örneğin, ülkemizde adli fotoğraf çekimi tıp eğitimi almış kişiler tarafından yapabilmekteyken, olay yeri fotoğraf çekimi yetkisi yalnızca kriminalistik ve olay yeri inceleme uzmanlığı gibi bu alanlarda özel eğitim almış yetkili kişilere aittir. Yukarıda yapılan açıklamalar göz önüne alındığında, adli fotoğrafçılık ve olay yeri fotoğrafçılığı arasındaki ayrımın adli soruşturmaların etkinliği açısından oldukça önemli olduğu açıkça görülmektedir. Bu iki disiplinin birbirinden ayrı kavramlar olarak kabul edilmesi ve terminolojik kargaşanın önlenmesi, adli incelemelerin daha sistematik ve tutarlı bir şekilde yürütülmesine katkıda bulunacaktır. Bu alanlarda yapılacak araştırmaların artması her iki disiplinin de daha net bir şekilde tanımlanmasına ve kavranmasına imkan tanıyacaktır.

2.3. Olay Yerinde Dijital Fotoğrafçılığın Önemi

Dijital fotoğrafçılık olay yeri delillerinin toplanmasında, korunmasında ve sunulmasında objektif bir kaynak sağlayarak, suçla ilgili detayların eksiksiz belgelenmesine ve mahkemede güvenilir kanıtların sunulmasına olanak tanımaktadır. Analog yöntemlere kıyasla dijital teknoloji, delillerin hızlı ve etkin bir şekilde kaydedilerek güvenli bir şekilde saklanmasını kolaylaştırmaktadır. Bu durum, ekiplerin olay yerinde daha verimli çalışmasına imkan tanırken güvenlik önlemleri, dijital imzalar ve şifreleme teknikleri aracılığıyla delillerin bütünlüğünün korunmasını ve yargı sürecinde dijital delillerin güvenilirliğinin artmasını sağlamaktadır (35). Wright ve Golden (2010) adli odontoloji vakalarında tam spektrum dijital fotoğrafçılığın kullanımının daha kapsamlı kanıt toplama ve saklama yöntemleri sunabileceğini belirtmişlerdir (36).

Dijital fotoğrafçılıkta elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler, olay yerinin detaylı bir şekilde incelenmesini ve rekonstrüksiyonunu mümkün kılmaktadır. Bu özellik, tanıkların ifadelerinin doğrulanması veya çürütülmesinde önemli bir faktördür. Görüntü kalitesi, özellikle mikro delillerin tespiti (kovan, mermi çekirdeği, biyolojik deliller vb.) ve analizi açısından kritik bir öneme sahiptir. Detaylı görüntüler, delillerin daha iyi anlaşılmasına ve adli analizlerde daha kesin sonuçlara ulaşılmasına yardımcı olmaktadır. Greenwade ve Overlin (1996), yüksek çözünürlüklü görüntü işlemenin olay yeri fotoğraflarının kalitesini ve kullanılabilirliğini artırarak adli analistlerin ve görselleştirme uzmanlarının adli makamlara katkıda bulunduğunu belirtmiştir (37). Dijital fotoğrafçılık ve gelişmiş bilgisayar yazılımlarının kullanımı sayesinde, zayıf aydınlatma problemi olan karanlık mekanlarda dahi delil niteliğinde olay yeri kanıtlarının elde edilmesi mümkün hale gelmiştir. (38). Analog kamera ekipmanlarıyla çekim yapıldığında elde edilemeyen görüntüler, dijital fotoğrafçılığın bu özelliği sayesinde düzenlenebilir ve kullanılabilir hale getirilebilmektedir.

Dijital fotoğrafların meta verileri, adli analizlerde delillerin zaman ve mekan açısından doğruluğunu değerlendirmede ve manipülasyon tespitinde önemli bir rol oynamaktadır. Her bir kamera sensörüne has benzersiz bir gürültü bileşeni olan PRNU (Photo Response Non-Uniformity), sayısal imge ve videoların adli analizi kapsamında ihtiyaç duyulan önemli araçlardandır (39).

Görüntü sensörlerinden kaynaklanan ve her bir dijital görüntüye özgü benzersiz bir iz bırakan Fotoğraf Yanıt Eşitsizliği Gürültüsü (PRNU), fotoğrafın kökeninin saptanması ve dijital düzeyde yapılan manipülasyonların açığa çıkarılmasına olanak tanımaktadır. Bu özgün özellik, belirli bir kameranın çektiği fotoğrafları doğrulama ve görüntüdeki değişiklikleri tespit etme gibi hem cihaz tanımlama hem de bütünlük doğrulama işlevlerinde kullanılmaktadır. Özellikle, olay yeri fotoğrafçılığında, hangi kamera ile çekildiği bilinmeyen fotoğrafların kaynağının PRNU analizi ile tespit edilmesi mümkündür (34, 35)

Fotoğrafın çekildiği tarih, saat ve GPS koordinatları gibi değerli bilgiler içeren meta veriler, bir fotoğrafın olay yerine ait olup olmadığını veya sonradan değiştirilip değiştirilmediğini belirlemede büyük önem taşımaktadır. Özellikle, coğrafi etiketlenmiş (geotagged) fotoğrafların detaylı analizi, suç mahallinin kesin olarak belirlenmesi ve olayların kronolojik sıralamasının tespit edilmesinde değerli bir araç olarak öne çıkmaktadır (42).

Fotoğraflara eklenen GPS koordinatları, olay yerinin kesin konumunun belirlenmesinde ve fotoğrafların olaylarla ilişkilendirilmesinde önemli bir araçtır. Özellikle geniş alanları kapsayan olay yerlerinde veya birden fazla olay yerinin incelendiği durumlarda, fotoğrafların coğrafi konum bilgileri, fotoğrafların doğru konumlarda çekilip çekilmediğinin ve olaylarla ilişkilendirilmesinin doğrulanmasında olay yeri inceleme ekiplerine yardımcı olmaktadır (43).

2.3. Olay Yeri Türleri

Faydalı ve işlevsel kanıtların doğru ve adil yargı sonuçlarına yol açması, olay yerinin profesyonel ve etkili bir şekilde işlenmesi durumunda mümkündür (44). Amerika Birleşik Devletleri'nde, kriminoloji ve adli bilimler üzerine resmi çalışmalar gerçekleştiren Amerika Ulusal Adalet Enstitüsü (NIJ), olay yerlerini üç ana kategori altında sınıflandırmıştır: Açık alanlar, kapalı mekanlar ve nakil (Conveyance) (45). Nakil olay yerleri, araç hırsızlığı, otomobil soygunculuğu gibi ulaşım araçları içerisinde gerçekleşen suçları kapsamaktadır. Açık alan olay yerleri, geniş araziler, ormanlık alanlar ve parklar gibi açık hava ortamlarını içermektedir. Bu tür olay yerleri, genellikle daha geniş bir coğrafi alana yayılmış olması ve hava koşullarının etkilerine açık olması

nedeniyle, delillerin korunması ve toplanması konusunda özel dikkat gerektirmektedir (45).

Açık alan olay yerlerinin görüntülenmesi suçun doğasını, meydana geldiği koşulları anlamak ve suçla ilişkili delilleri tespit etmek için zorunlu bir süreçtir. Açık alan olay yerlerindeki doğal ışık koşulları, delillerin net bir şekilde belgelendirilmesini sağlamakla birlikte, aşırı güneş ışığı veya gölge nedeniyle görüntülerin kalitesinin olumsuz etkilenmesine de yol açabilmektedir. Geniş alanların fotoğraflanması, drone gibi teknolojik araçlar sayesinde daha kolay hale gelirken, olay yerinin kapsamlı belgelenmesine olanak tanımaktadır (46). Ancak rüzgâr, iklim koşulları ve topografik engeller gibi faktörler drone ile çekim yapmayı zorlaştırabilmektedir. Ayrıca cinsel saldırı ve şiddet vakalarının açık alan olay yerlerinde işlenmiş olması, geniş bir alanı kapsamaması nedeniyle araştırmayı zaman alıcı ve zorlayıcı bir süreç haline getirmektedir (47). Özellikle geniş ve kontrolü zor açık alanlarda meydana gelen olaylar, adli soruşturma süreçlerinde karmaşık ve detaylı incelemeleri gerektiren zorluklar ortaya çıkarmaktadır. 3D sanal modelleme teknikleri gibi yeni dijital teknolojiler bu tür karmaşık olay yerlerinin incelemesini kolaylaştırarak, delillerin daha etkili bir şekilde korunmasını ve analiz edilmesini sağlamaktadır (48).

Kapalı mekan olay yerlerinde ise deliller sınırlı ve belirli alanda kontrollü bir şekilde toplanmaktadır. Kapalı mekan olay yerleri çevresel faktörlerden daha az etkilenen ve belirli bir mekânsal sınırlar içerisinde yer alan kontrol edilebilir ortamlardır (45). Bu tür olay yerleri evler, iş yerleri, alışveriş merkezleri ve diğer kapalı yapılar gibi dört duvar arasında gerçekleşen suçları içermektedir. Ancak bu ortamlarda ilk ekip, soruşturma ekibi ve olaya tanıklık edenlerin olay yerinde bulunması delillerin kontaminasyon riskini arttırmaktadır. Buna rağmen çevresel faktörlerden daha az etkilendiği için kapalı mekan olay yerlerinde olay yerinin bütünlüğünün korunması daha kolay olmaktadır.

Kapalı mekanlarda, doğal ışıklandırmanın az olması ve ışıklandırma sisteminin yetersizliği, fotoğraf ve video çekimini zorlaştıran faktörler arasında yer almaktadır. Bu tür olay yerlerinde karşılaşılan ışıklandırma zorlukları, ekiplerin olay yeri görüntüleme araçlarının teknik açıdan donanımlı olmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca kapalı mekan olay yerindeki dar alanlar olay yerinin kapsamlı görüntülenmesini zorlaştırmaktadır. 360 derece çekimler ve 3 boyutlu modelleme gibi teknikler, olay yerini daha gerçekçi ve

ayrıntılı inceleme imkanı sunarak olayın nasıl gerçekleştiğine dair daha doğru hipotezlerin oluşturulmasına yardımcı olmaktadır (48).

Büyük çaplı olay yerlerinin yönetimi için, (patlamalar, büyük yangınlar veya kimyasal saldırılar gibi) güvenlik ve operasyonel verimlilik açısından belirli bölgelerin oluşturulması gerekmektedir. Bu bölgeler, işlevlerine göre sıcak bölge, ılık bölge ve soğuk bölge olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır (49).

Sıcak Bölge: Bu, olayın meydana geldiği ve tehlikelerin en keskin olduğu yerdir. Girişler uygun koruyucu ekipmanla donatılmış uzman personel ile sınırlıdır (49).

Ilık Bölge: Sıcak ve soğuk bölgeler arasında konumlanan bu alan, personel ve ekipmanın sıcak bölgeden çıkarken dekontamine edildiği yerdir (49).

Soğuk Bölge: Soğuk bölge, olayın etkisinin minimum olduğu, ek kaynakların hazır bulundurulduğu ve tahliye edilen mağdurların ve müdahale ekibinin güvenli bir şekilde toplanabileceği bir alan olarak hizmet vermektedir (49).

2.4. Keşif Kavramı

Keşif kavramı suçun kendisini, nasıl işlendiğini, işlendiği yerin veya suça taallûku olan yerlerin veya eşyanın hal ve vaziyetini, suçun iz, eser ve delillerini tespit için yapılan adli ve usulü bir muameledir (50). Duruşma salonuna getirilmesi mümkün olan objeler bakımından keşif duruşma salonunda yapılabileceği gibi; olayın gerçekleştiği yerde ya da duruşma salonu dışında bulunan ve duruşmaya getirilmesi mümkün olmayan keşif konusu objeler bakımından, o objenin bulunduğu yerde keşif yapılması mümkündür (9).

Ceza Muhakemeleri Kanunu 84/1 maddesinde “keşif yapılması sırasında şüpheli, sanık mağdur ve bunların müdafî vekilinin hazır bulunabileceği” belirtilmiştir (51). Mağdurların ve tanıkların olay yeri keşfine katılımı, suçun nasıl işlendiğine ilişkin derinlemesine anlayış elde edilmesine ve olay yerinde toplanan delillerin doğruluğunun artırılmasına katkıda bulunmaktadır.

Tanıkların ve mağdurların olay yeri keşfine katılımının önemli bir yönü de olayla ilgili sağladıkları bilgilerin doğruluğunu ve tutarlılığını değerlendirmeye yardımcı olmasıdır. Guan ve Zhang (2018), tanıkların ifadelerinin, olay hakkında farklı perspektifler sunarak soruşturmayı zenginleştirebileceğini ve bu ifadelerin, olayın dinamiklerini anlamada kritik bir rol oynayabileceğini belirtmektedir. Bu katılım, aynı

zamanda mağdurların ve tanıkların olayın çözüm sürecine dahil olmasını sağlayarak mağdurların adalet sürecine olan güvenini artırmaktır (52).

Olay yerinin bozulduğu, mahkeme sürecinin uzadığı ve olay yerine ulaşmanın mümkün olmadığı durumlarda sanal gerçeklik gözlüğü aracılığı ile olay yeri keşiflerinin yapılması davanın sürecine kolaylık sağlayabilecektir. Ayrıca sanık ve mağdurlar için olay yerine gitmenin yol açabileceği psikolojik ve fiziksel zorluklar dikkate alındığında sanal gerçeklik gözlüğü kullanımının travmatik deneyimleri minimize ederek adli süreçlerin daha etkin bir şekilde yürütülmesine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Ceza Muhakemesi Kanunu'nun 83/1 maddesine göre keşif; hakim veya mahkeme yerine gerekli durumlarda Cumhuriyet Savcısı tarafından da yapılabilmektedir (51). Coğrafi ve fiziki koşullar nedeniyle olay yerine ulaşımın zorlaştığı durumlarda, olay yerinin bozulmamış ilk durumunun 360 derece kaydedilen görüntülerinin yetkili bir savcı tarafından detaylıca incelenmesinin, soruşturma sürecini kolaylaştıracağı düşünülmektedir.

Bununla birlikte keşif, çocuklar üzerinde kaygı, korku ve travma sonrası stres bozukluğu gibi olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Olay yerinde yaşananları tekrar hatırlayan çocuklarda travmatik olayın yeniden canlanması, duygusal durumlarını olumsuz etkilemektedir (53).

Esposito ve arkadaşları (2023), olay yeri keşfinde kullanılan ileri teknolojilerin önemini vurgulamış ve bu teknolojilerin mağdurların ve tanıkların ifadelerini desteklemeye ve olay yerinin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesine olanak tanımada nasıl kullanılabileceğini açıklamıştır (54).

Galanakis ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan bir çalışmada 3D dijitalleştirme modalitelerinin, mağdurların ve tanıkların ifadeleriyle birlikte olayın daha net bir resmini sunarak, olay yeri belgeleme ve suç çözümünde etkili olabileceği gösterilmiştir (55).

Yapılan çalışmalar stresin tanık hafızası üzerinde olayları doğru bir şekilde hatırlama yeteneklerini olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Yüksek stres durumu düşük stres durumuna kıyasla, doğru tanıma ve suçla ilgili detayların hatırlanmasında doğruluk oranını azaltmaktadır (49, 50). Sanal gerçeklik gibi yeni teknolojilerin kullanımı, hatırlama üzerindeki olumsuz etkileri azaltma ve tanık ifadelerinin doğruluğunu artırma potansiyeline sahiptir (58).

2.5. 360 Derece Görüntü Teknolojisi

Dijital fotoğrafçılığın gelişimi 360 derece görüntü teknolojisinin ortaya çıkışıyla birlikte, görsel belgelemede yeni bir dönem başlatmıştır. Bu yenilik, fotoğrafçıların ve görsel sanatçıların çevreyi yakalama ve sunma şeklini kökten değiştirmiştir. 360 derece fotoğraflar, izleyiciye daha önce mümkün olmayan bir bakış açısı ve etkileşimli bir deneyim sunarak, görsel anlatıların sınırlarını genişletmektedir. 360 derece kameralar, çevrenin tam 360 derecelik bir görüntüsünü yakalayabilen ve fotoğrafçının etrafındaki tüm sahneyi tek bir çekimde kaydetme imkanı sunan cihazlardır (59). Her iki tarafında da lensler bulunan bu kameralar, çevrelerinin tam 360 derecelik bir panoramik görüntüsünü yakalayarak izleyiciye benzersiz şekilde sürükleyici bir deneyim sunmaktadır. 360 derece kameralar, 360 derecelik panoramik görüntüler yakalamak için iki lens ve birbirine zıt yönlerde konumlandırılmış iki sensörden oluşan bir kamera sistemidir (60). 360 derece kameraların çalışma prensibi, her yönde eş zamanlı olarak kaydedilen görüntü veya videoları birleştirerek izleyicilere küresel panoramik görüntü sunma ve sanal gerçeklik (VR) içeriği gibi sürükleyici deneyimler yaşatma imkanı sağlamaktadır (61).

360 derece kameraların arkasındaki teknoloji, sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve panoramik fotoğrafçılık gibi alanlarda kapsamlı görsel içeriklere olan talepten doğmuştur. Bu kameralar, kullanıcıların deneyimlerini daha gerçekçi ve kapsayıcı bir şekilde paylaşmalarını sağlayarak kayıtların ve deneyimlerin daha sürükleyici hale gelmesine katkıda bulunmaktadır. 360 derece kamera teknolojisinin ilerlemesi, deniz ekosistemlerinde veri toplamadan, beşeri afetlerin incelenmesine kadar çeşitli alanlarda uygulamalarının gelişmesine yol açmıştır (55, 56).

360 derece kameraların adli bilimlerdeki kullanımı, olay yeri inceleme süreçlerini hızlı bir şekilde dönüştürmekte ve daha ayrıntılı delil toplama imkanı sunarak, soruşturma sürecinin etkinliğini ve hızını önemli ölçüde iyileştirmektedir. Bu teknolojinin en önemli avantajlarından biri, olay yerinin tamamının tek bir çekimle belgelenebilmesidir. Bu özellik, suç mahallindeki delillerin birbirleriyle olan boyutsal ilişkilerinin anlaşılmasını ve üç boyutlu modelleme çalışmalarının yapılmasını büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Örneğin, Abate ve arkadaşlarının (2017) belirttiği gibi, bu teknoloji sayesinde olay yerindeki kontaminasyonun veya delillerin yer değiştirmesinin hızlı bir şekilde belgelenmesi mümkün olmaktadır. Böylece, olay yerindeki

değişikliklerin zaman içinde nasıl geliştiğine dair değerli bilgiler elde edilebilmektedir (64).

Adli bilimlerde 360 derece kamera kullanımının bir diğer önemli yönü, olay yerinin sanal gerçeklik ortamlarında yeniden oluşturulabilmesidir. 360 derece kamera teknolojisi sayesinde uzmanlar ve mahkeme üyeleri, fiziksel olarak olay yerine gitmeye gerek kalmadan, suç mahallini sanal bir ortamda inceleme fırsatı bulmaktadır (65). Bu durum, olay yerinin mekansal düzenini ve boyutlarını daha iyi anlamada büyük bir avantaj sağlamaktadır.

360 derece kameraların kullanımı, adli bilimlerdeki çalışmaları daha etkili ve verimli hale getirirken, bu teknolojinin beraberinde getirdiği bazı zorluklar ve sınırlamalar da bulunmaktadır. Bu kameraların ürettiği verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi, özellikle büyük boyutlu dosyaların yönetimi açısından önemli zorluklar içermektedir. Ayrıca, bu teknolojiyi etkin bir şekilde kullanabilmek için ilgili uzmanların yeni beceriler kazanması ve teknik eğitim alması gerekmektedir.

2.5.1. 360 Derece Kameralar

Yeni nesil 360 derece kameralar hem yüksek çözünürlüklü fotoğraflar hem de videolar çekme imkanı sunmaktadır. En az 4K (4096 x 2160) çözünürlük kapasitesine sahip bu kameralar, aksiyon kameralarının temel özelliklerini bünyesinde barındırmasıyla da ön plana çıkmaktadır. 2024 yılı itibarıyla, 360 derece kamera alanında en popüler kamera modelleri GoPro Max 360, Ricoh Theta X 360 ve Trisio Lite 2 olarak sıralanmıştır (66).

GoPro Max 360: GoPro Max 360, 360 derece geniş bir perspektiften görüntü kaydetme imkanı sunarak, yenilikçi özellikleri sayesinde kullanıcıların olayları ve çevreyi daha kapsamlı ve gerçekçi bir şekilde belgelemelerini sağlamaktadır. Bu cihazın belirgin özellikleri arasında, etkin bir görüntü sabitleme mekanizması ve kullanıcı dostu bir mobil uygulama olan GoPro Quick yer almaktadır. GoPro Quick uygulaması, içerik oluşturma ve düzenleme deneyimini önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır.



Şekil 2.3. GoPro Max 360 (66)

Ricoh Theta X 360: Ricoh Theta X 360, 11K çözünürlüğe kadar fotoğraf çekimini ve 5.7K çözünürlükte 360 derece videoları stabilize bir şekilde kaydedebilme kapasitesi ile dikkat çekmektedir. Gerçek zamanlı birleştirme ve stabilizasyon özellikleri, post-production (çekim sonrası) iş akışını basitleştirmekte, bu da kullanıcıların daha etkin ve verimli bir içerik oluşturma sürecine sahip olmalarını sağlamaktadır.



Şekil 2.4. Ricoh Theta X 360 (66)

Trisio Lite 2: Özellikle sanal tur oluşturucularının ihtiyaçlarına y6nelik olarak geliştirilen Trisio Lite 2, stabil 360 derece fotoğrafların çekilmesine odaklanmaktadır. Motorlu bir aks üzerine monte edilmiş tek bir lensi kullanan kamera, kendi eksenini etrafında d6nerek çektiği d6rt fotoğrafı tek bir 360 derecelik fotoğraf haline getirmektedir. 360 derece video çekim imkanı sunmamasına rağmen, s6z konusu 6zellik 360 derece fotoğrafçılık açısından 6nemli avantajlar barındırmaktadır.



şekil 2.5. Trisio Lite 2 (67)

2.5.2 360 derece kameraların teknik 6zellikleri

360 derece kameralar, çevrelerini tam bir küresel perspektiften yakalama yeteneğiyle, geleneksel kameraların 6tesinde bir g6rntleme deneyimi sunmaktadır. Kameraların sunduğu geniş g6rş alanı, sanal gerçeklik g6zlğ (Head Mounted Display) uyumluluğu ve etkileşimli içerik üretme gibi 6zellikleriyle eğitimden turizme, emlak pazarlamasından adli tıbbaya kadar birçok alanda değerli bir araç haline gelmiştir (68). Teknolojik inovasyon açısından 360 derece kameralar, çok y6nl lensler ve gelişmiş yazılım algoritmaları kullanarak, tek seferde çevrelerini tamamen saran g6rntler elde etmektedir. 360 derece kameralar, küresel g6rntlerin oluşturulması sürecinde, birden fazla açıdan elde edilen g6rntlerin sonradan bir yazılım aracılığıyla

birleştirilmesi gerekliliğini ortadan kaldırarak, bu görüntüleri tek bir çekim işlemiyle otomatik olarak ve ek ilave işlemlere gerek kalmadan birleştirme yeteneğine sahiptir. Bu özellik, standart kameralar ile çekilen görüntülere göre iş yükünde ve zamanda önemli bir kazanç sağlamaktadır. Teknolojinin devam eden gelişimiyle birlikte, kullanım alanlarının daha da genişlemesi ve bu yenilikçi kameraların sunduğu olanakların artması beklenmektedir. 360 derece kameraların özellikleri şu şekilde özetlenebilir;

Geniş Görüş Alanı: 360 derece kameralar tarafından üretilen küresel görüntüler, geleneksel video teknolojisinin sunduğu avantajları, panoramik görüntüleme seçenekleri ve etkileşim olanakları ile genişletmektedir. Bu özellik, özellikle sanal gerçeklik (VR) uygulamalarında ve panoramik fotoğrafçılıkta büyük bir avantaj sağlamaktadır (69).

Etkileşimli İçerik Üretme: İzleyiciler, 360 derece kameranın görüş açılarını değiştirebilirken, bu tür görüntülerle etkileşim kurarak içeriğe daha fazla dahil olmaktadır. Belirlenen bir konumdan tüm görüş açılarıyla etkileşimli bir şekilde görüntülerin sunulması, sanal gerçeklik deneyiminin önemli bir parçasını oluşturmaktadır (70,71).

Sanal Gerçeklik Cihazları Uyumluluğu: 360 derece kamera ile çekilen görüntüler, sanal gerçeklik (VR) cihazları ile uyumlu olup, kullanıcılara gerçekçi ve etkileşimli deneyimler sunma potansiyeline sahiptir. Bu deneyimler, eğitim, sağlık, turizm ve adli bilimler gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır (72–75).

2.6. Sanal Gerçeklik (Virtual Reality- VR)

Sanal Gerçeklik (VR), 19. yüzyılın başından itibaren tanıtılmaya ve geliştirilmeye başlanan, aynı zamanda ve fiziksel olmayan bir yerde bulunan kullanıcı olma yanılsaması yaratan bir teknolojidir. Sanal gerçeklik kavramının gelişimi, teknolojik yenilikler ve artan bilgisayar işlem gücüyle yakından ilişkilidir. Başlangıçta basit oyunlar ve simülasyonlar olarak ortaya çıkan sanal gerçeklik, bugün çok daha gerçekçi ve karmaşık deneyimler sunar hale gelmiştir. Sanal gerçeklik (VR), kullanıcıyı tamamen bir deney simülasyonunun içine çekmeye çalışan, böylece genel etkiyi büyük ölçüde artıran ve bilgisayar ile insan katılımcılar arasında çok daha sezgisel bir bağlantı sağlayan, hızla gelişen bir bilgisayar ara yüzü olarak tanımlanabilir (76).

Sanal gerçeklik (VR), kullanıcıların bilgisayar tarafından oluşturulan simüle edilmiş ortamlarla etkileşime girmelerini ve içinde daldırılmalarını sağlayan gelişmiş bir bilgisayar ara yüzü olarak görülebilir (77).

Görüleceği üzere tanımlar farklı olmakla birlikte, sanal gerçeklik sistemlerinin üç ortak özelliğini vurgulanmaktadır: Daldırma (kullanıcının duyularını uyaran ve gerçekliğe benzeyen uyaranlar kullanılarak simüle edilen ortamlar), çevrede bulunma algısı (kullanıcının kendisini sanal bir ortamda fiziksel olarak varmış gibi hissetmesi) ve ortamla etkileşim (kullanıcının sanal nesnelerle fiziksel dünyadaki gibi etkileşimde bulunabilmesi). Özellikle daldırma (immersive), uyarılan duyuların miktarı, etkileşimler ve ortamları simüle etmek için kullanılan uyarıcıların gerçeklik benzerliği ile ilgilidir (78). Ayrıca daldırma deneyimi, kullanılan cihazların teknik özellikleriyle de yakından ilişkilidir. Bu nedenle sanal gerçeklikte daldırma, sürükleyici sistemler, sürükleyici olmayan sistemler ve yarı sürükleyici sistemler olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilir (79).

Sürükleyici Sistemler: Başın hareketiyle çevrenin stereoskopik görüntüsünü geliştiren başa takılan ekranlar (HMD'ler), ses ve dokunsal cihazlar gibi çeşitli duysal çıktı cihazlarının desteğiyle birlikte, kullanıcılara eksiksiz bir simülasyon deneyimi sunmaktadır (79).

Sürükleyici Olmayan Sistemler: Çevre görüntülerini yeniden üretmek için masaüstü bilgisayarları kullanan en basit ve en ucuz sanal gerçeklik (VR) uygulamalarıdır (79).

Yarı Sürükleyici Sistemler: Yukarıda bahsedilen iki sistemin arasında yer alan bu sistemler, gözlemcinin baş pozisyonuna bağlı olarak perspektif projeksiyon kullanan bir monitörde üç boyutlu (3D) bir sahnenin stereo görüntüsünü sunmaktadır. Başka bir deyişle, kullanıcının sanal dünyayla güçlü bir bağlantısı vardır, ancak gerçek dünyadan tamamen izole değildir. Yarı sürükleyici sanal gerçekliğe bir örnek olarak, web tabanlı veya akıllı cihaz tabanlı bir platformda 360 derecelik bir video izlemek gösterilebilir (80).

Daldırma, sanal gerçeklikte kişisel mevcudiyet hissine ve gerçek dünya algılarının simüle edilmesine dayanmaktadır. Sanal dünyadaki ses ve görüntülerin baş hareketlerine gerçek dünya ile tutarlı şekilde tepki vermesi, “oradaymış” hissi uyandırmaktadır (81).

Sanal gerçeklik ortamında izleyicinin algıladığı gerçeklik seviyesi, kullanıcının uyarılar ve deneyim hakkında sahip olduğu deneyim derecesi ile doğrudan ilişkilidir (82).

Eğitim, sağlık, eğlence ve mühendislik alanlarında uygulanabilirliği ile bu teknoloji, çok sayıda sektörde potansiyel faydalar sunmaktadır (8). Sanal gerçeklik teknolojisinin sağlık sektöründeki kullanımı hastaların yaşam kalitesini dönüştürme potansiyeline sahiptir. Örneğin, kanser hastalarının ağrı ve kaygı yönetiminde sanal gerçeklik uygulamaları, hastaların yaşam kalitesini önemli ölçüde iyileştirebilmektedir (83). Engellilerin iş performansının artırılmasında da sanal gerçeklik teknolojilerinden faydalanılmaktadır (84). Sanal gerçeklik ve dijital sinemanın olanakları üzerine yapılan çalışmalar, bu teknolojinin sanat ve eğlence sektörlerinde nasıl devrim yaratabileceğini göstermektedir (85).

Ayrıca sanal gerçeklik teknolojilerinin geleceğe yönelik uygulama alanları, adli bilimler metodolojilerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Sanal Gerçeklik (VR), modern öğrenme stratejilerini destekleyerek adli bilimler ve olay yeri inceleme kurslarında öğrenme sürecini geliştirmektedir (86).

Adli Bilimlerde sanal gerçeklik (VR) uygulamaları yüksek kullanıcı memnuniyeti, düşük maliyet ve kolay erişim imkanı sunarak pratik bir deneyim sağlamaktadır. (87). Geleneksel yöntemlerle tam olarak yeniden yapılandırılmayan olay yeri üç boyutlu olarak sanal gerçeklik ortamında modellenerek, kanıt zincirleri arasındaki ilişki analiz edilebilmekte ve bu sayede şüphelilerin tanımlamaları sağlanabilmektedir (7).

2.6.1. Sanal Gerçeklik Gözlükleri

Mobil bilgisayar donanımındaki son gelişmeler sayesinde giyilebilir sanal gerçeklik (VR) büyük bir popülerlik kazanmakta ve piyasaya birçok yeni ürün sürülmektedir (88). Sanal gerçeklik (VR) teknolojisinin gelişmesi, kullanıcılara sürükleyici ve etkileşimli deneyimler sunma potansiyelini de beraberinde getirmiştir. Bu deneyimi sağlamada en önemli araçlardan biri sanal gerçeklik gözlükleridir. Bu gözlükler 3 ayrı kategoride incelenebilir.

Bağımsız Sanal Gerçeklik Gözlükleri: Bilgisayar veya akıllı telefona ihtiyaç duymadan tüm gerekli bileşenleri barındıran bu bağımsız sanal gerçeklik (VR)

gözlükleri, rahat ve kablosuz bir deneyim sunmaktadır Oculus Quest 2, Meta Quest 3, HTC Vive Focus bunlara örnek gösterilebilir (89).

Bilgisayar Bağlantılı Sanal Gerçeklik Gözlükleri: Bilgisayar tabanlı sanal gerçeklik (VR) gözlükleri, yüksek grafik işlemci gücünden faydalanabilmek amacıyla bir bilgisayara kablo aracılığıyla bağlanmaktadır. Ayrıca, VR uygulamalarını sorunsuz bir şekilde çalıştırabilmek için, uygun donanım özelliklerine sahip bir bilgisayar ile fiziksel bir bağlantının kurulması gerekmektedir. Oculus Rift S buna örnek gösterilebilir (90).

Konsol Tabanlı Sanal Gerçeklik Gözlükleri: Konsol tabanlı sanal gerçeklik (VR) gözlükleri, özel olarak video oyunları için tasarlanmış konsollarla uyumlu çalışan sanal gerçeklik sistemleridir. Bu tür gözlükler, oyun konsollarının güçlü donanımını kullanarak kullanıcılara etkileyici ve sürükleyici bir sanal gerçeklik (VR) deneyimi sunmaktadır. Bu gözlükler, genellikle belirli bir konsol markası ve modeli ile entegre şekilde çalışmakta ve oyunlarla uyumlu hale getirilmektedir (91).

Hızla gelişen sanal gerçeklik teknolojisi, sanal gerçeklik (VR) gözlüklerinin kullanım alanlarına uygun daha yenilikçi uygulamaların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Teknolojinin ilerlemesi ve çeşitli alanlardaki popülerliği sayesinde, sanal gerçeklik (VR) gözlüklerinin gelecekte hafiflik, konfor ve yüksek çözünürlük gibi alanlarda yapılan iyileştirmelerle kullanıcı deneyiminin belirgin bir şekilde iyileşeceği öngörülmektedir. Ayrıca, artırılmış gerçeklik (AR) ve karma gerçeklik (MR) teknolojileriyle entegrasyon, kullanıcıların fiziksel ve sanal ortamlar arasında daha kusursuz bir şekilde etkileşime geçmesine olanak tanıyarak, sanal gerçeklik (VR) deneyimini önemli ölçüde geliştirecektir.

Cornet ve Gelder (2020) tarafından yapılan araştırma, sanal gerçeklik (VR) tabanlı tedavilerin suç mağdurlarının kaygıyla ilgili bozukluklar üzerinde nasıl bir etki yaratabileceğini incelemiştir. Çalışma, sanal gerçeklik (VR) teknolojisinin riskli durumlar için güvenli öğrenme ortamları sunabilme, etik olmayan senaryolar için sanal alternatifler yaratma ve gerçekleştirilmesi mümkün olmayan ortamları simüle etme kapasitesi ile adli psikoloji uygulamalarında yenilikçi bir araç olarak ön plana çıktığını vurgulamaktadır (92). Bu özellikler sayesinde sanal gerçeklik suçla mücadelede risk değerlendirme, rehabilitasyon ve yeniden entegrasyon programlarının geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır

Sanal gerçeklik (VR) teknolojisi, suçlu rehabilitasyonunda bilişsel çarpıtmaları ve anti-sosyal tutumları ele alarak davranış değişikliğini teşvik etmektedir. Bilişsel Davranışçı Terapi ile birleştirildiğinde sanal gerçeklik (VR) modelleme, rol yapma ve pekiştirme yoluyla tedavi sürecini güçlendirmektedir (93). Bu teknolojinin potansiyeli, kullanıcıların sadece sanal dünyaları keşfetmekle kalmayıp, aynı zamanda gerçek dünyayı daha iyi anlamalarını ve etkileşimde bulunmalarını sağlayacak şekilde genişlemektedir.

Bu tez çalışması, adli bilimlerde 360 derece kamera ve sanal gerçeklik gözlüğünü kullanarak delil niteliği taşıyan görsellerin ve olay yerinin değerlendirilmesinde 2 boyutlu görüntülemeye kaynaklı derinlik, hacim, mesafe gibi sorunları en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Olay yerinde çekilen 360 derece görüntüler, sanal gerçeklik gözlüğü aracılığıyla soruşturmaya katılan paydaşların olay yerini fiziken ziyaret etmeksizin inceleme yapabilmelerine olanak tanıyacaktır. Böylece yetkililer, suç mahallinde iken sorulmamış fakat soruşturma esnasında ortaya çıkmış soruların cevaplarına ulaşabilecektir. Ayrıca, sanal gerçeklik gözlüğü ile sunulan 360 derece olay yeri görüntüleri, mağdur ve tanıkların olay yerini güvenli bir şekilde sanal olarak ziyaret etmelerini sağlayarak olayı daha net ve ayrıntılı bir şekilde hatırlamalarına ve ifade vermelerine katkıda bulunacaktır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Kullanılan Gereçler

Tez çalışması sırasında çeşitli kayıt gereksinimlerini karşılamak ve olay yerini ayrıntılı bir şekilde belgelemek için farklı ekipmanlar kullanılmıştır. Çalışma sırasında standart fotoğraf çekimi, 360 derece fotoğraf çekimi, 360 derece video kayıt işlemi ve görüntülerin düzenleme işlemleri araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. 360 derece çekilen videolar ve fotoğraflar için GoPro Max 360 Action kamera, standart fotoğraf çekimi için ise Sony ILCE-7M3+ 28-70 kit lens, Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens tercih edilmiştir. Çekilen olay yeri 360 derece videoları Adobe Premiere Pro CC 23.6 yazılımında işlenerek Meta Quest-2 sanal gerçeklik gözlüğünde izlenebilir hale getirilmiştir. Açık alan ve kapalı mekanda oluşturulan olay yerlerinde benzer teknik yaklaşımlar kullanılmış, ancak malzeme seçimi olayın türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Bu materyaller, açık alan ve kapalı mekan materyalleri olarak iki farklı kategoride ele alınacaktır.

Çizelge 3.1. Açık Alan Olay Yerinde Kullanılan Materyaller

Olay Yeri İnceleme Ekipmanları,*
○ Delil etiketleme kiti ○ Dedektör ○ Numaratörler ○ Parmaz izi tozlama seti ○ Delil torbaları ○ Swap kiti ○ Şerit ○ Tulum
GoPro Max 360 Aksiyon Kamera
Sandisk 128 GB Extreme Pro 200mb/S Micro Sd Kart

Çizelge 3.1. (devam)

Samsung 1TB 870 Qvo Sata 3.0 (Okuma 560mb / Yazma 530mb) Ssd
Addison Atr-119 55-119 Cm Taşıma Çantalı Alüminyum Tripod
Daytona Bx10hb 8in 1 Usb Type-C Multiport Çoklayıcı
Sony ILCE-7M3+ 28-70 f/3.5-5.5 OSS Kit Lens
Sandisk 64 GB Extreme Pro 200mb/S Micro Sd Kart
iPhone 13 128 GB
Seagate 5 TB HDD Harici Bellek
Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens

* Adana Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğü Ekiplerine ait ekipmanlar,

Çizelge 3.2. Kapalı Mekan Olay Yeri Tasarımında Kullanılan Materyaller

Olay Yeri İnceleme Ekipmanları,* ○ Delil etiketleme kiti ○ Dedektör ○ Numaratörler ○ Parmak izi tozlama seti ○ Atış Yönü ve Mesafesi Tespit Kiti ○ Delil torbaları ○ Şerit ○ Swap kiti ○ Tulum
GoPro Max 360 4k Aksiyon Kamera
Sandisk 128 GB Extreme Pro 200mb/S Micro Sd Kart
Gopro El Grande
Samsung 1TB 870 Qvo Sata 3.0 (Okuma 560mb / Yazma 530mb) Ssd

Çizelge 3.2. (devam)

Addison Atr-119 55-119 Cm Taşıma Çantalı Alüminyum Tripod
Daytona Bx10hb 8in 1 Usb Type-C Multiport Çoklayıcı
Sony ILCE-7M3+ 28-70 f/3.5-5.5 OSS Kit Lens,
Sandisk 64 GB Extreme Pro 200mb/S Micro Sd Kart
Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens
Seagate 5 TB HDD Harici Bellek
iPhone 13 128 GB

*Adana Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğü Ekiplerine ait ekipmanlar

Çizelge 3.3. Görüntü İzleme ve Kurgu Aşamasında Kullanılan Materyaller

Apple MacBook Pro 13” M1	Seagate 5 TB HDD Harici Bellek
Adobe Premiere Pro CC 23.6	Oculus Quest 2 128 GB All-In-One Vr Sanal Gerçeklik Gözlüğü
GoPro Player Version 2.1.9	Sennheiser HD 300- Kulak Üstü Kablolu Kulaklık
DeoVr Video Streaming	iMac 27” masaüstü bilgisayar

3.1.1. GoPro Max 360

GoPro max 360 kamera tripod (üç ayak) ya da monopod (tek ayak) üzerine yerleştirilip hareket ettirmeye gerek kalmadan tek seferde çevresini görüntüleyebilen bir kamera türüdür.



Şekil 3.1. GoPro Max 360 Kamera (94)

GoPro Max 360 kameranın video ve fotoğraf çekebilme özelliği sayesinde tek kamera ile iki farklı formatta 360 derece görüntü kaydı alınabilmektedir (95).

Capture Type	Resolution	Frames Per Second (FPS)	Size	H.264 Bitrate (Low/High)	H.265 Bitrate (Low/High)
Spherical	5.6K*	30/25	5376x2688	Not applicable	60
Standard	1440p	60/50	1920x1440	60/78	45/60
Standard	1080p	60/50	1920x1080	30/45	24/36
Standard	1440p	30/25/24	1920x1440	30/45	24/36
Standard	1080p	30/25/24	1920x1080	30/45	24/36

*Captured at 6K resolution and stitched to 5.6K

Şekil 3.2. Gopro Max 360 Kamera Çözünürlük Kapasitesi (96)

3.1.2. Sony ILCE-7M3+ 28-70 Kit Lens

Sony firmasının üretmiş olduğu tam kare (35 mm full frame, 35,6x23,8 mm) aynasız fotoğraf makinesidir. Yüksek çözünürlüğe sahip olması sayesinde çekilen fotoğraflarda crop payı artmakta, detaylarda kayıp en aza inmektedir. Kit lens olarak üretilen 28-70 OSS (Optical Steady Shot) görüntü sabitleme özelliği sayesinde çekilen

fotoğrafta el titremesinden kaynaklı bozulmaları telafi etmektedir (97). Genel anlamda fotoğraf makineleri kategorisine yönelik yapılan bir incelemede, Sony ILCE-7M3 modeli, profesyonel kullanıcılar tarafından sıkça tercih edilen bir fotoğraf makinesi olarak öne çıkmaktadır (98). Tez çalışması kapsamında çekilen tüm standart fotoğraflar (makro çekimler hariç) Sony ILCE-7M3+ 28-70 kit lens ile çekilmiştir.



Şekil 3.3. Sony ILCE-7M3+ 28-70 Kit Lens (99)

3.1.3. Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens

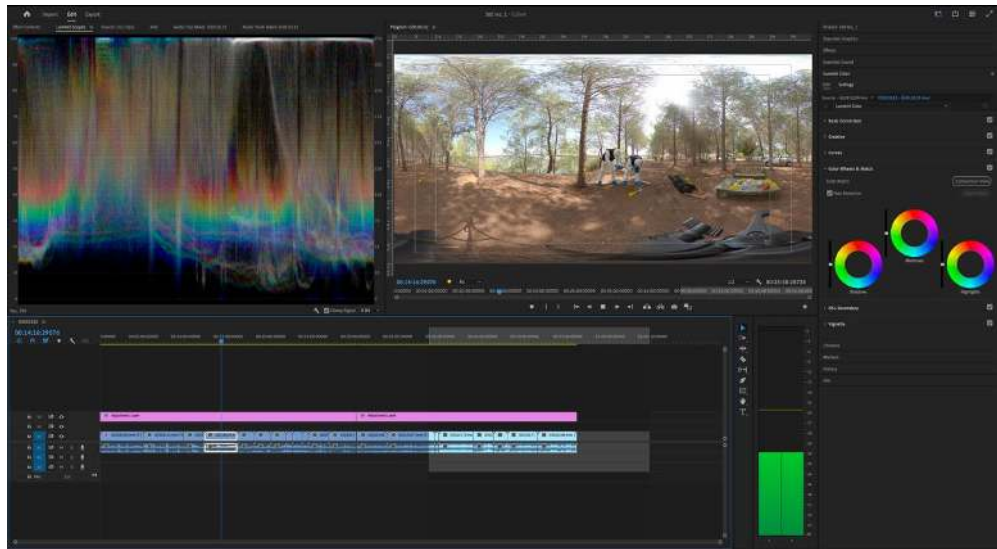
Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens makro çekimler için 1:1 büyütme özelliği sayesinde küçük nesnelerin görüntülerinin daha yakından çekilmesine olanak sağlamaktadır (100). Açık alan ve kapalı mekan olay yerleri standart fotoğraf çekimlerinde düğme, kovan, mermi çekirdeği gibi küçük deliller Sony ILCE-7M3 + Samyang 100 mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens ile çekilmiştir.



Şekil 3.4. Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens (100)

3.1.4. Adobe Premiere Pro CC 23.6

Adobe şirketi tarafından geliştirilen ve günümüzde Creative Cloud lisans programının bir bileşeni olarak sunulan Adobe Premiere Pro, video düzenleme alanında kullanılan öncü bir yazılımdır. Bu platform kullanıcılarına aylık bir abonelik ücreti karşılığında hem standart hem de 360 derece video düzenlemeleri yapma imkanı sunmaktadır. Tez çalışmasının bir parçası olarak, Adobe Premiere Pro CC 23.6 sürümüne yönelik aylık ödemeler gerçekleştirilmiş ve bu yazılım, olay yerinin 360 derece videolarını düzenlemek için kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Adobe Premiere Pro CC 23.6 Ara Yüzü

3.1.5. Addison Atr-119 Tripod

Tripod, video kameralar ve fotoğraf makinelerini sabit bir konumda tutmak amacıyla kullanılmakta olan üç ayaklı bir destekleyici ekipmandır. Olay yerinde kameranın sabitlenmesi ve tripod kullanımı, görüntü kalitesinin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, olay yeri içinde bir konumdan diğerine ağır bir tripodun taşınması, kullanım açısından güçlükler yaratabilmektedir (101). Tez çalışmasında kullanılan GoPro Max 360 derece kamera, Addison ATR-119 tripod üzerine yerleştirilerek 360 derece çekimler sarsıntısız bir şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Addison Atr-119 Tripod (102)

3.1.6. Oculus Quest 2 128 GB All-In-One VR Sanal Gerçeklik Gözlüğü

Oculus Quest 2, 128 GB dahili depolama kapasitesiyle bir işletim sistemine ihtiyaç duyulmadan başa takılarak kullanılabilen sanal gerçeklik (VR) gözlüğüdür. 571 g ağırlığa sahip sanal gerçeklik gözlüğü 2 adet konsola, ayarlanabilen kafa bandı ve kulaklık girişine sahiptir. Gözlük üzerinde ses seviyesi ve açma/kapama tuşları mevcuttur. Ayrıca mobil cihazlara yüklenebilen Meta Quest uygulamasına yansıtma yapılarak gözlük içerisindeki görüntüler takip edilebilmektedir. Quest cihaz serisi Oculus markası adı altında yoluna devam ederken; 2021 yılında Facebook'un Meta adı altında yeniden markalaşma sürecinden etkilenecek yeni sürümü için Meta Quest-2 biçiminde yeniden isimlendirilmiştir (103).

Olay yerinde çekimleri tamamlanan 360 derece videolar Adobe Premiere Pro CC 23.6 yazılımına yüklenerek sanal gerçeklik gözlüğünde izlenebilir hale getirilmiştir.

Uygun uzantıya sahip açık alan ve kapalı mekan 360 derece videolar ve 360 derece fotoğraflar Oculus Quest 2 Sanal Gerçeklik Gözlüğünde izlenmiştir.



Şekil 3.7. Oculus Quest 2 128 GB All-In-One VR Sanal Gerçeklik Gözlüğü (104)



Şekil 3.8. Oculus Quest 2 128 GB All-In-One VR Sanal Gerçeklik Gözlüğü Kullanımı (105)

3.2. Yöntem

3.2.1. Çalışmaya İlişkin Yapılan Ön Hazırlıklar

Adana İl Emniyet Müdürlüğü, Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğü ile yapılan görüşmeler sonucunda tez çalışması kapsamında gerçekleştirilecek olan “Olay Yeri Canlandırması” veri toplama süreçlerinde (Olay Yeri Canlandırma senaryosuna destek,

çekimler, fotoğraflar vb.) refakat ve mentorlük desteği alınabilmesi için; yazılı olarak resmi taleplerde bulunulmuş ve Adana İl Emniyet Müdürlüğü tarafından yazılı olarak gerekli mentorlük ve desteğin sağlanması kabul edilmiş ve tarafımıza kurumlar arası resmi yazışma yoluyla gönderilmiştir. Adana İl Emniyet Müdürlüğü tarafından yazılı olarak gönderilen - olay yeri canlandırmasında gerekli mentorlük ve desteğin sağlanacağı - resmi yazı ile birlikte Çukurova Üniversitesi içerisinde belirlenen açık alan ve kapalı mekanların tez çalışması veri toplama süreci için kullanım izninin alınabilmesi gerekli hale gelmiştir. Bu süreçte Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü ilgili birimlerine resmi yazı ile başvuruda bulunulmuş ve gerekli izinler alınmıştır. Tez çalışmasına olay yeri ekibinin refakat edebilme tarihlerinin belirlenebilmesi için, yaz dönemi içerisinde olay yeri ekiplerinin yıllık izin süreçlerinin başlayacağı ve dolayısıyla olay yeri ekiplerinin sayısının azalacağı Adana İl Emniyet Müdürlüğü, Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğü tarafından tarafımıza bildirilmiştir. Bu nedenle tez çalışmasındaki “Olay Yeri Canlandırma” çekimlerine refakat ve mentörlük süreci için tarafımıza Eylül 2023 tarihine randevu verilmiştir. Adana İl Emniyet Müdürlüğü Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğünden 2 görevli (1 ekip amiri, 1 polis memuru) ve tez çalışma ekibi ile birlikte olay yeri canlandırması veri toplama süreci için Haziran 2023 tarihinde açık alan ve kapalı mekanların keşfi için Çukurova Üniversitesi Kampüsü içerisinde incelemelerde bulunulmuştur. Kurumlardan tez çalışması için gerekli tüm izinler alındıktan sonra 6-7 Eylül 2023 tarihlerinde; Olay Yeri Canlandırması çekimlerinden önce hem Olay Yeri inceleme ekibinden 1 ekip amiri ve Tez çalışması ekibi (Tez danışmanı, Doktora öğrencisi, gönüllü sanat yönetmeni ve gönüllü oyuncu) tarafından gerekli konu ile alakalı toplantılar gerçekleştirilmiştir. Bu toplantılarda, canlandırılacak cinayet senaryosunun tüm yönleri; açık alan ve kapalı mekanların düzenlenmesi, oyuncuların makyajı ve kullanılacak cihazlar/materyaller gibi detaylar kapsamlı bir şekilde incelenerek çekimler için gerekli hazırlıklar yapılmıştır. Ayrıca tez çalışması kapsamında, Çukurova Üniversitesi kampüsü içerisinde uygun açık alan ve kapalı mekanların tespiti için, tez çalışması danışmanı, doktora öğrencisi (araştırmacı), ve Olay Yeri İnceleme ekiplerinden iki yetkili (bir ekip amiri ve bir polis memuru) tarafından kampüs detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu inceleme sırasında, olay yeri canlandırmasının gerçeğe en yakın şekilde gerçekleştirilebilmesi için en uygun mekanlar belirlenmiştir. Belirlenen açık alan ve kapalı mekanda doktora öğrencisi

tarafından 360 derece kamera ve destekleyici ekipmanların kullanımıyla, kameranın çekimlerde çıkarabileceği sorunları belirleyebilmek için ön ölçümler ve test çekimleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler sonucunda elde edilen 360 derece video ve fotoğraflar, Adobe Premiere Pro CC 23.6 ve GoPro Player ile işlenerek sanal gerçeklik gözlüğü aracılığıyla değerlendirilmiş, bu süreç çalışmanın somut sonuçlarının gözlemlenmesine olanak tanımıştır. Işıklandırma, kameranın konumlandırılması ve ekipman kaynaklı olarak belirlenen tüm hatalar, test görüntülerinin dikkatli bir şekilde analiz edilmesi ve bu analizlerin detaylı bir değerlendirme sürecinden geçirilmesi neticesinde başarıyla düzeltilmiştir. Böylece çekimlerin kalitesini ve sonuçlarının güvenilirliğini artıracak kritik iyileştirmeler sağlanmıştır. Çukurova Üniversitesi kampüs içerisinde belirlenen ve kullanım izni alınan açık alan ve kapalı mekanların nereler olacağı (Açık Alan, Ç.Ü. son durak mevki ağaçlık arazi; Kapalı mekan (Medikososyal Binası Giriş Katı Dersliği) ve hangi gün ve saatlerde çekimlerin (9-10 Eylül 2023 Cumartesi-Pazar) yapılacağı konusunda tekrar Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü ilgili birimlerine resmi yazı ile tarafımızdan bilgilendirmede bulunulmuştur. Olay yeri inceleme ekipleri mentörlüğünde 09 Eylül 2023 tarihinde çekimlerin yapılacağı açık alan ve kapalı mekan olmak üzere 2 adet olay yeri tasarlanmıştır. Cinayet olgusu ile tasarlanan olay yerlerinde 1 adet erkek, oyuncu maktül olarak görev almıştır. Açık alan olay yeri canlandırması için maktül olarak görev alan oyuncunun senaryo gereği kol ve boyun bölgelerine kesici ve delici alet travması için gerekli makyajın sanat yönetmeni tarafından yapılması planlanmıştır.



Şekil 3.9. Çalışmaya İlişkin Ön Hazırlık Akış Şeması

3.2.2. Açık Alan Çekimleri

Olgu: Ormanlık bir alanda bulunan üç erkek, alkol ve uyuşturucu madde kullanmak amacıyla bir araya gelmiştir. Alkol ve uyuşturucu madde kullanımının ardından, maddi bir anlaşmazlık nedeniyle silahlı bir çatışma meydana gelmiş ve bu

Çatışma sonucunda bir kişi hayatını kaybetmiştir. Maktul, masada bulunan bıçağı kullanarak zanlılardan birini yaralamış, bu bıçak üzerinde zanlıya ait kan lekeleri kalmıştır. Olay yerindeki iki şüpheli, olay yerinden kendi araçlarıyla kaçarak uzaklaşmıştır. Ayrıca, olay yerinde bulunan araç içerisinde maktule ait olduğu düşünülen ekler, senetler, Dolar ve Euro desteleri bulunmuştur. Olay yerinde toplam 20 adet delil numaralandırılmıştır.

Çizelge 3.4. Açık Alan Olay Yerinde Kullanılan Deliller

Yapay kan	1 adet silah
2 adet iki şişesi	1 adet bıçak
Meyve ve çerez tabağı	3 adet mermi çekirdeği
2 paket sigara ve izmaritler	2 adet silah mermisi
5 adet kovan	1 adet erkek oyuncu
Boş ek ve senetler	1 adet boş soda şişesi
1 adet binek araç	Bir deste Dolar ve Euro

09/09/2023 tarihinde 07:30 itibari ile Olay Yeri İnceleme şube Müdürlüğü Ekipleri ile Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsü içerisinde daha önce kararlaştırılan ormanlık alanda bir araya gelinmiştir. Olay yeri içerisinde maktul canlandırarak olan oyuncunun boyun ve kol bölgesine gönüllü sanat yönetmeni tarafından kesici ve delici alet travmasının taklidi plastik makyaj kullanılarak yapılmıştır. Olay yeri inceleme ekipleri tarafından getirilen deliller (kovan, bıçak, mermi çekirdeği ve mermi) araştırmacı ve yetkili polis memuru tarafından belirlenen açık alana yerleştirilmiştir. Tüm ekibin hazırlıklarının tamamlanması ile olay yerine şerit çekilerek tez çalışmasının gerçekleştirileceği alan koruma altına alınmıştır.

Olay yerine yerleştirilen metal delillerin detektör ile tespitinin ardından, numaralı ve numaralı olarak GoPro Max 360 kamera ile 360 derece, Sony ILCE-7M3+ 28-70 f/3.5-5.5 lens ile geniş-orta-yakın prensibine uygun olarak fotoğraflanmıştır (29, 106). Olay yerinde bulunan kovan ve mermi çekirdeği gibi kk

deliller Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens kullanılarak çekilmiştir (107). Araç içi delillerin görüntülenmesinin ve olay yeri inceleme ekiplerinin delilleri toplamasının ardından yaklaşık saat 11:30 civarı açık alan olay yeri görüntüleme işlemi tamamlanmıştır.

Olay yeri ekibinin tüm çalışma süreci GoPro Max 360 kamera ile 360 derece video olarak kaydedilmiştir. Açık alan ve kapalı mekanda 360 derece kamera (GoPro Max 360) ile yapılan kayıtlar, iPhone 13 model telefona yüklü GoPro Pro Quick uygulaması ile uzaktan kontrol edilerek olay yeri ekibine müdahale edilmeden tamamlanmıştır.



Şekil 3.10. GoPro Quick Uygulaması ile Uzaktan Kamera Kontrolü

Açık alanda, Adana İl Emniyet Müdürlüğü, Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğünde görevli 2 adet uzman olay yerinde;

- Detektör ile delil arama,
- Numaratör ile delilleri numaralandırma,
- Olay yerini görüntüleme,
- Olay yerinde bulunan kanlı bıçaktan swap çubuğu ile örnek alma,
- İçki şişesinde ve araç camında parmak izi tozlama,
- Delilleri numune poşetlerine koyarak toplama işlemlerini gerçekleştirmiştir.

3.3.3. Kapalı Mekan Çekimleri

Olgu: Müstakil bir binanın salonunda iki kişi arasında bir anlaşmazlık sonucu yaşanan boğuşma, bir kişinin ölümüyle sonuçlanmıştır. İki çalışan (erkek), anlaşmazlıkları nedeniyle kavga etmeye başlamış, bir süre boyunca boğuşmuş ve sonuç olarak zanlı, silahıyla tartıştığı kişiyi öldürmüştür. Maktul, boğuşma sırasında kendini savunmaya çalışırken odada bulunan cam şişeyi zanlının kafasına vurmuştur. Zanlının elbisesine ait bir kumaş parçası, olayın yaşandığı yerde mukim panoya çakılı bir çivinin üzerine takılmıştır. Olay yerinde toplamda 15 adet delil numaralandırılmıştır.

Çizelge 3.5. Kapalı Mekan Olay Yerinde Kullanılan Deliller

Yapay kan	Kanlı el izi
Kanlı ayak izleri	2 adet boş bardak
Kumaş parçası	Çerçevesi kırık gözlük
Elbise düğmesi	Kırılmış soda şişeleri
3 adet kovan	Silah
1 adet erkek oyuncu	1 adet masa
3 adet 3'lü sandalye	Mermi

09/09/2023 saat 13:30'da Çukurova Üniversitesi kampüsü içerisinde daha önceden deprem nedeniyle boşatılmış bir derslikte kapalı mekan olay yeri çekimlerine geçilmiştir. Olay yerindeki delillerin, numaratörlü ve numaratörsüz olarak GoPro Max

360 kamera ile 360 derece fotoğraf ve video çekimleri yapılmıştır. Binanın dış cephesi, girişi, koridorları ve olay yeri inceleme ekiplerinin çalışmaları 360 derece video formatında kaydedilmiştir. Kapalı mekanda bulunan deliller, Sony ILCE-7M3+ 28-70 f/3.5-5.5 lens kullanılarak genel-orta-yakın prensibi doğrultusunda, kovan ve düğme gibi küçük deliller ise Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens ile fotoğraflanmıştır. Hem açık alanda hem de kapalı mekanda çekilen 360 derece kamera kayıtları, iPhone 13 model telefona yüklü GoPro Quick uygulaması ile uzaktan kontrol edilerek olay yeri ekibine müdahale edilmeden tamamlanmıştır.

Olay yerine yerleştirilen delillerin ardından Adana İl Emniyet Müdürlüğü, Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğünde görevli 2 adet uzman olay yerinde;

- Delillerin tespit edilmesi,
- Numaratör ile delilleri numaralandırma,
- Olay yerini görüntüleme,
- Olay yerinde bulunan bardaklarda parmak izi tozlama,
- Atış yönü mesafesi ve tespiti çalışması,
- Zeminde bulunan ayakkabı izlerinin ölçüsünü alma,
- Delilleri numune poşetlerine koyarak toplama, işlemlerini gerçekleştirmiştir.

Açık alan ve kapalı mekan çekimlerinde GoPro Max 360 kameranın en yüksek çözünürlüğünde flat (renksiz) fotoğraf (5760×2880) ve video (5376x2668 Prores 422) biçiminde kayıt altına alınmıştır. Ayrıca beyaz ayarı (White balance) ve odaklama (focus) otomatik ayarında kullanılmıştır. Zaman zaman 360 derece kameranın konumlandığı alanda olay yeri inceleme ekibinin çalışma yapması ve 360 derece kameranın delillerden uzaklaştırıldıkça derinlik algısının bozulması nedeni ile bazı noktalarda kameranın yeri kayıt esnasında değiştirilmiştir (108). Çekim süresince delillerin daha net ve anlaşılır görünebilmesi için tripod minimum yüksekliğe getirilerek kamera göz hizasının altındaki seviyede kullanılmıştır. Çekim esnasında kameranın kaydettiği verilerin yüksek (5.6 K) olması nedeniyle yazma ve okuma hızı yüksek Sandisk Extreme Pro 200 Mb/sn kart tercih edilmiştir (109). Böylelikle görüntüler

herhangi bir donma, kayıttan çıkma gibi teknik bir sorunla karşılaşılmadan hafıza kartına sorunsuzca kaydedilebilmiştir.

Açık alan ve kapalı mekan çekimlerinde standart fotoğrafıama için kullanılan Sony ILCE-7M3, 28-70 f/3.5-5.5 mm lens ile görüntüler raw+jpeg formatında, enstantane öncelikli (S) modda ve en yüksek çözünürlükte (6000×4000) kaydedilmiştir (29). Enstantane öncelikli mod, fotoğrafının istenen enstantane hızını kendi belirlediği, kameranın uygun pozlama sağlamak için diyafram değerini kendisinin belirlediği moddur (110).

Focus (odaklama) ve beyaz ayarları (White balance) otomatik ayarında kullanılmıştır. Kovan, mermi çekirdeği ve düğme gibi küçük delillerde kullanılan Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens otomatik odaklama (auto focus) ve otomatik diyafram özelliklerine sahip olmadığı için kamera M (manuel) modunda ve Manuel netlik (manuel focus) ayarında tercih edilmiştir. M (manuel) modu, fotoğraf makinesinin perde hızı, diyafram ve iso ayarlarının kullanıcı tarafından belirlendiği moddur. Yakın çekimlerde, özellikle makro çekimlerde el titremesi ve görüntü netliği gibi kusurlar ile karşılaşmamak için üç ayak (tripod) kullanılmıştır. Çekilen tüm görüntüler Seagate 5 TB Harici belleğe depolanmıştır.

3.4.4. Kurgu ve Görüntü İzleme Aşaması

Seagate 5 TB harici bellekteki görüntüler Apple MacBook Pro 13” M1 dizüstü bilgisayara aktarılmıştır. Çekilen 360 derece fotoğraf ve videolar standart medya oynatıcılarda izlenemediği için GoPro firmasının üremiş olduğu GoPro Player yazılımı üzerinden görüntülenebilmiştir. Meta Quest-2 sanal gerçeklik gözlüğünde izlenebilmesi için çekilen 360 derece videolar üzerinde bir dizi işlem gerçekleştirilmiştir. İlk adım olarak, bu videoların orijinal formatları Adobe Premiere Pro CC 23.6 programında düzenlenebilir ve işlenebilir hale getirilmek üzere, “GoPro Player Player” yazılımı aracılığıyla “.MOV” formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra, videoların Meta Quest-2 sanal gerçeklik gözlüğünde uygun şekilde izlenebilmesi amacıyla, Adobe Premiere Pro CC 23.6 kullanılarak H.264 formatında dışa aktarılmıştır. Bu işlem süreci orijinal 360 derece videoların boyutlarında önemli bir artışa yol açmış, orijinal videoların boyutlarını on kat artırarak yeni “. MOV” formatında videoların ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

360 derece video dönüştürme işlemleri sırasında karşılaşılan donma ve ısınma sorunlarının çözülmesi amacıyla, bu araştırmada render ve düzenleme işlemleri için daha üstün donanımsal özelliklere sahip iMac 27” masaüstü bilgisayar kullanılmıştır. Düzenleme ve render işlemleri için tercih edilen yeni bilgisayarın öne çıkan özellikleri arasında 3,5 TB bellek, 32 GB RAM ve 4 GB ekran kartı yer almaktadır. Bu çalışmada gerçekleştirilen video işleme süreçleri, tercih edilen yeni bilgisayar donanımının özellikleri sayesinde başarıyla tamamlanmıştır.

Görüntüler, uygun kablo ve dönüştürücü kullanılarak iMac 27” bilgisayarından, Android File Transfer yazılımı aracılığıyla sanal gerçeklik gözlüğüne transfer işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 11. 360 derece çekilen videoların kurgu işlem sırası

Jpeg uzantısında codec uyumsuzluğu yaşanmaması ve GoPro Max 360 kameranin çekilen 360 derece fotoğrafları yeterli düzeyde birleştirilmesi (stitch) sayesinde, fotoğraflar üzerinde herhangi bir ek işlem yapılmadan doğrudan uygun kablo ve dönüştürücü kullanılarak Apple MacBook Pro 13” üzerinden Android File Transfer uygulaması aracılığıyla sanal gerçeklik gözlüğüne transfer edilmiştir.

Meta Quest-2 sanal gerçeklik gözlüğünde çekilen görüntüleri izlemek amacıyla, “DeoVr Video Streaming” adlı 360 derece medya oynatıcı yazılım sanal gerçeklik gözlüğüne yüklenmiş ve bu platform üzerinden tez çalışması kapsamında elde edilen tüm 360 derece fotoğraflar ve videolar başarıyla izlenmiştir. Sony ILCE-7M3+ 28-70 f/3.5-5.5 ve makro objektif kullanılarak çekilen standart fotoğraflar, Apple MacBook Pro 13” M1 dizüstü bilgisayarda incelenmiştir.

3.4. Materyal Sınırlılıkları

Araştırmada kullanılan materyallerin bazı sınırlılıkları aşağıda detaylandırılmıştır:

- GoPro Max 360 kameranın sınırlı batarya ömrü, yaklaşık olarak 85 dakika süreyle kayıt yapabilme kapasitesi.
- Açık alan çekimlerinde, özellikle güneş ışığına doğrudan maruz kalma sonucu yaşanan aşırı ısınma problemi.
- Çukurova bölgesinde, eylül ayında ölçülen yüksek sıcaklık değerlerinin ekipman üzerindeki potansiyel etkileri.
- Kameranın birleştirme (stitching) işlemi sırasında bazı noktalarda görüntülerde deformasyonların oluşması.
- Çekilen görüntülerin yüksek veri hacmine sahip olması, bu durumun depolama ve işleme kapasiteleri üzerinde sorun oluşturması.
- Kapalı mekanlarda yapılan video kayıtlarında, özellikle yapay ışık kaynaklarıyla ilişkili olarak flicker (titreme) sorununun yaşanması.
- GoPro Max 360 kamera 5.6K çözünürlük sunmasına rağmen, sensör boyutunun küçük olması nedeniyle elde edilen görüntülerde oluşan pikselleşme problemleri.
- Sanal gerçeklik gözlüğünün uzun süreli kullanımı sonucunda baş ağrısı, mide bulantısı ve göz yorgunluğu gibi fizyolojik rahatsızlıkların ortaya çıkması.
- Sanal gerçeklik gözlüklerinin çoklu kullanım durumlarında, cihazlar aracılığıyla hastalıkların bulaşma riskinin bulunması.
- 360 derece kameraların ve ekipmanlarının yüksek maliyetli olması.
- Yazılım uyumluluğu sorunlarına neden olan çeşitli formatlar ve codec'ler arasındaki uyumsuzluklar nedeniyle video düzenleme süreçlerinin aksaması.
- Yüksek çözünürlüklü 360 derece görüntülerin ürettiği büyük veri hacminin veri saklama ve yönetim sürecini maliyetlendirmesi,
- Yüksek çözünürlüklü görüntülerin işlenmesi için gerekli olan güçlü bilgisayar işleme kapasitesi.
- Araştırma ekibinin kullanılan teknolojik araçlar ve yazılımlar hakkında yeterli bilgiye sahip olabilmesi için gerekli olan eğitim ve beceri geliştirme faaliyetleri.

Çizelge 3.6. Tez Çalışmasının Zaman Çizelgesi

Mart-Ağustos 2021	Tez önerisinin hazırlanması
Eylül 2021	Tez önerisinin kabulü
Ocak-Şubat 2022	Tez için test çekimlerinin gerçekleştirilmesi
Mart 2022	1. Tik sunumu
Temmuz -2022	Bap projesine başvuru ve literatür taraması
Ekim-2022	2. tik sunumu
Eylül 2022- Aralık 2023	İlgili ekipmanların temini
Nisan 2023	Adana İl Emniyet Müdürlüğüne izin başvurusu yapılması
Mayıs 2023	3. Tik Sunumu
Eylül 2023	Olay yeri çekimlerinin gerçekleştirilmesi
Ekim 2023	4. Tik sunumu
Kasım 2023 Şubat 2024	Çekim sonrası işlemlerinin veri incelemelerinin yapılması
	Tez savunmasının yapılması

4. BULGULAR

Tez çalışması kapsamında, 09/09/2023 tarihinde 360 derece video, 360 derece fotoğraf çekimi, standart fotoğraf çekimi ve video programlarından dışa aktarılan 360 derece videonun sonucunda, toplam 1,5 TB'ı aşan medya verisi elde edilmiştir. Çekimler, 09:19'da ilk 360 derece fotoğrafın açık alanda çekilmesiyle başlamış ve 16:29'da kapalı mekanda çekilen son 360 derece fotoğraf ile sona ermiştir. Olay yeri inceleme ekipleri ile yapılan çalışma yaklaşık 7 saat sürmüştür ve 2 farklı ortamda (açık alan, kapalı mekan) gerçekleştirilmiştir.

4.1. Açık Alan ve Kapalı Mekan Çekimlerimde Elde Edilen Bulgular

4.1.1. 360 Derece Fotoğraf ve Video Bulguları

Çizelge 4.1. Tez Çalışmasında Çekilen 360 Derece Fotoğraf Bulguları

360 Derece Fotoğraf	Adet	Boyut (MB)
Numaratörsüz	47	443,8
Numaratörlü	50	434,1
TOPLAM	97	877,9

Çizelge 4.2. Tez Çalışmasında Çekilen 360 derece Video Bulguları

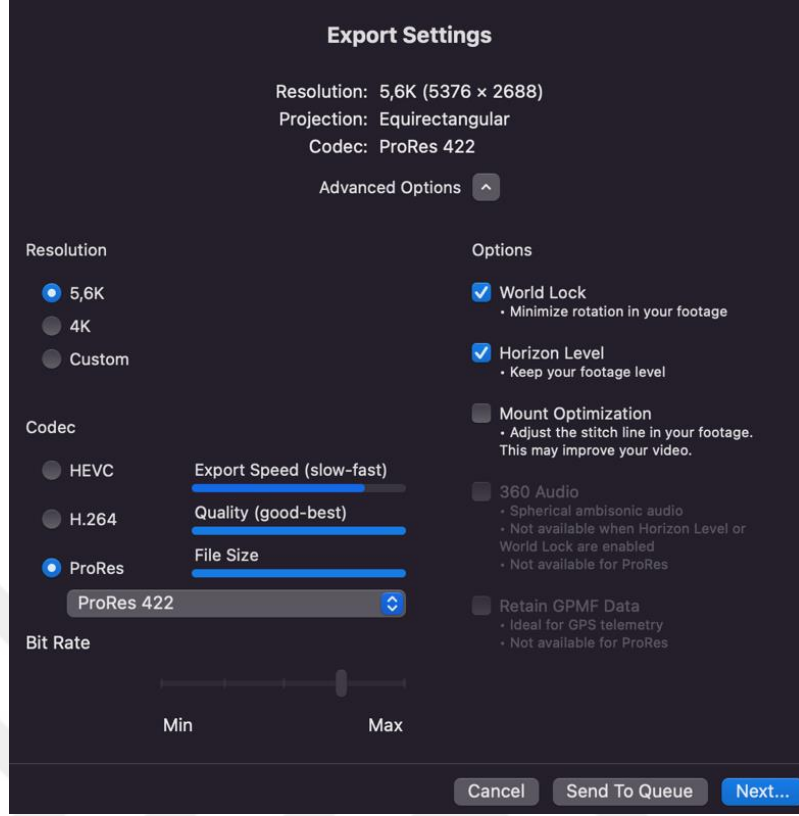
360 Derece video	Boyut (GB)	Süre
Boyut	33,7	56 dakika
GoPro Player Export (.MOV)	357,5	
Adobe Premiere CC 23.6 Export (H.264)	13,45	
Toplam	404,68	

Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2.'ye göre; Açık alan ve kapalı mekan olay yerlerinde toplam 56 dakika süren ve 33,7 GB büyüklüğünde 360 derece video çekimleri yapılmıştır. Ayrıca, toplamda 97 adet 360 derece fotoğraf çekilmiş olup bunların;

- Numaratörsüz: 47 adet, 443,8 MB
- Numaratörlü: 50 adet 434,1 MB'tır.

Olay yeri açık alan ve kapalı mekanda GoPro Max 360 derece kamera ile çekilen 56 dakikalık 5.6K ham videoların toplam boyutu 33,7 GB iken, Adobe Premiere Pro CC 23.6 programına import (içe aktarma) için dönüştürülen videoların toplam boyutu 357,5 GB olarak tespit edilmiştir.

360 derece 5.6K çözünürlükteki videoların dönüştürülmesi ve düzenlenmesi sırasında kullanılan MacBook Pro M1 13" dizüstü bilgisayar, bu yoğun işlem süreçleri boyunca ısınma ve donma sorunları yaşamıştır. Çekilen videoların 5.6K çözünürlüğe sahip olması ve convert (dönüştürme) işlemlerinde kullanılan uzantıların sıkıştırma özellikleri, yüksek donanım özelliklerine sahip güçlü bilgisayar gereksinimi zorunlu kılmıştır. 360 derece videoların kodlama sürecindeki karmaşıklıklarını vurgulayan Zhou ve arkadaşlarının araştırması (2020), bu tez çalışmasında gözlemlenen sorunlarla kıyaslandığında benzer zorlukları ortaya koymaktadır. Araştırmada belirtilen SAO (Sample adaptive offset) işleminin getirdiği hesaplama karmaşıklığı, bu tezde Macbook Pro M1 13" bilgisayarının 5.6K videoların dönüştürülmesi sırasında yaşadığı zorluklarla paralellik göstermektedir. Bu bulgular, SAO işleminin zaman alıcı doğası ve yüksek çözünürlüklü videolarda, özellikle 360 derece formatında, daha verimli algoritmaların geliştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır (111).



Şekil 4.1. GoPro Player Dışa Aktarma Ayarları

Çizelge 4.3. Adobe Premiere Pro CC 23.6 360 Derece Video Dışa Aktarım (Export) Detayları

Source	Output
Video: 5376x2688 / 23,976 fps	Video: H.264, 5376/2688, 203 (%75 HLG, %58PQ) 132.20 Mbps
Audio: 48000 Hz / Stereo	Audio: AAC, 320 kpbs, 48 kHz, Stereo

Kamera menüsü ve ara yüzü kullanımı sezgisel olarak çözülebilmektedir. Menü ayarları ve kameranın donanımının kullanılması için herhangi bir eğitim almaya ihtiyaç duyulmamıştır. 360 derece kameranın wifi ve bluetooth bağlantı özelliği sayesinde iPhone 13 model telefon üzerinden GoPro Quick uygulaması ile kamera uzaktan kontrol edilmiştir. Bu sayede 360 derece kamera ile olay yeri ekibine müdahale edilmeden yaklaşık 20 metre uzaklık mesafeden (ana olay yeri dışından) 360 derece fotoğraf ve video çekimleri yapılmıştır.

Çekilen 360 derece fotoğrafların çözünürlüğü (5760x2880) delillerin ve olay yerinin görüntülenmesi için yeterli olmuştur. Bilgisayarda ve sanal gerçeklik gözlüğünde izlenen görüntülerin arasında gözle fark edilebilecek fakat görüntünün içeriğinin anlaşılmasını bozmayacak düzeyde kumlanmalar tespit edilmiştir. Bu kumlanmalar, sanal gerçeklik gözlüğünde izlendiğinde daha belirgin bir şekilde gözlenmektedir. Kumlanmanın nedeni (noise), çekilen görüntünün ışık miktarının az olduğu veya gölgeli durumlarda detayların kaybolması ve piksellerin belirginleşmesi durumu olarak tarif edilebilir. Bu durum sensör boyu daha küçük olan kameralar ile çekilen görüntülerde daha belirgin olmaktadır. Küçük sensörler alandaki ışığı daha az algılayarak görüntünün karanlık bölgelerinde kumlanma oluşturmaktadır. GoPro Max 360 kamera 5.6k (6.17 x 4.55 mm) çözünürlüğe sahip olsa da sensör boyutunun küçük olması nedeni ile az ışıklı ortamlarda çekilen görüntülerde kumlanmaya neden olmaktadır. Bu kumlanmalar, izleyici konforunu etkilemekte ancak belge niteliğindeki içeriğe dair bir herhangi bir sorun oluşturmamaktadır. 5.6K video ve 18 mega piksel görüntü çözünürlükleri, olay yeri görüntülenmesi için gereken minimum çözünürlük sınırı olan 12 mega piksel şartını karşılamaktadır (107).

Yeni nesil aksiyon temelli 360 derece kameralarda yaşanan kronik çözünürlük sorunu, çekilen görüntülerin sanal gerçeklik gözlüğünde izlenmesiyle fark edilmiştir. Sanal gerçeklik gözlükleri, standart ekranlara göre daha geniş bir görüş alanı sunmaktadır. Bu nedenle görüntüdeki bozulmalar, sanal gerçeklik gözlüğünde izlendiği zaman daha belirgin bir şekilde gözlemlenebilmektedir.

Açık alan ve kapalı mekanda 360 derece çekilen video ve fotoğraflarda kamera lenslerinin yönüne bağlı olarak birleştirme çizgileri tespit edilmiştir. Bu çizgiler, bazı çekimlerde delillerin bulunduğu noktalara denk gelmiş ve bu durum delil görüntülerinin parçalı olarak görünmesine yol açmıştır (Şekil 4.3). Ancak kameranın farklı konumlardan kaydettiği aynı delillerin görüntülerinde bu tür bozulmalar gözlenmemiştir.



Şekil 4.2. 10 Numaralı Delilde Oluşan Birleştirme Çizgisi

360 derece fotoğraf ve videolar bilgisayar, televizyon gibi standart ekranlarda görüntülendiğinde, geniş açılı objektiflerin doğal bir özelliği olan görüntü deformasyonu (distortion) oluşabilmektedir. Bu deformasyon, özellikle dar alanda çekilen görüntülerde daha belirgin hale gelmektedir.

Şekil 4.4.' de, dar alanda çekilen bir 360 derece görüntünün dizüstü bilgisayarda izlendiğinde oluşan görüntü deformasyonu görülmektedir. Görüntüde, kapının ve duvarın köşelerinde, bükülme ve bozulma (distortion) oluşmuştur.

Görüntü deformasyonunu önlemek için 360 derece görüntüleri özel olarak tasarlanmış sanal gerçeklik (VR) gözlükleri veya monitörleri ile izlemek gerekmektedir. Bu cihazlar, ultra geniş açı lenslerin doğal bir özelliği olan görüntü deformasyonunu gidermeye yardımcı olmaktadır. 2 boyutlu dünyanın doğası gereği ultra geniş açı ile çekilen fotoğraf ve videolarda bükülme (distortion) oluşması kaçınılmazdır (112).



Şekil 4.3. Dar Alanda Oluşan Distorsiyon Örneği

Çekim esnasında görüntülerin preview (ön izleme) hali daha düşük çözünürlükle iPhone 13 model telefonda izlenmiştir. Olay yerine dair görüntülerin birebir çözünürlüklü hali görüntülerin bilgisayara aktarımından sonra mümkün olmuştur.

Olay yerinde çekilen 360 derece fotoğraf ve videolar, kontrollü bir ortamda, Sennheiser HD 300 Kulak Üstü Kulaklık ve sanal gerçeklik gözlüğü kullanılarak izlenmiştir. Sanal gerçeklik gözlüğü ile izlenen 360 derece videolar ve fotoğraflarda olay yerinin tamamı gözlemlenebilmiştir. 360 derece kamera ve tripodun kameranin altındaki küçük bir alanının görüşünü engellediği tespit edilmiştir. Ancak tripodun altında herhangi bir delilin olmaması ve bu alanların başka açılardan çekilen 360 derece görüntülerde sorunsuz bir şekilde görünmesi, tripod kaynaklı görüş alanı engellemesinin tez çalışması açısından sorun olmadığını göstermektedir. (Şekil 4.5.)



Şekil 4.4. Tripotun Görüntüyü Engellemesi

Sanal gerçeklik gözlüğünün kontrol konsolları kullanılarak görüntü içindeki delillere yaklaşım (zoom in) ve bu sayede deliller daha yakından incelenebilmiştir. Ancak, sanal gerçeklik gözlüğünde 360 derece fotoğraf ve videoya yakınlaştırma yapıldığında, görüntüde piksellerin belirmesine neden olan bir bozulma meydana gelmiştir. Bu bozulma, görüntünün kalitesini düşürmüştür ve delillerin incelenmesini zorlaştırmıştır.



Şekil 4. 5. 360 Derece Fotoğrafta Oluşan Pikselleşme

4.1.2. Standart Fotoğraf Çekimi Bulguları

Çizelge 4.4. Tez Çalışması Kapsamında Çekilen Toplam Standart Fotoğraflar

Standart Fotoğraf	Adet	Boyut (GB)
Numaratörsüz	664	19,75
Numaratörlü	523	16,04
Toplam	1187	35,79

Açık alan ve kapalı mekanda Sony ILCE-7M3 ile gerçekleştirilen fotoğraf çekimleri sorunsuz bir şekilde tamamlanmıştır. İki alanda da numaralı ve numaralı olarak gerçekleştirilen çekimlerde toplam;

- Numaratörsüz 664 adet, 4,6 GB
- Numaratörlü 523 adet, 35,79 GB boyutunda fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir.

Kamera, enstantane öncelikli modda kullanılmış, çekilen fotoğraflarda kamera kaynaklı teknik sorunla karşılaşılmamıştır. Çekim yapılan alanda doğal ışık yeterli olduğu için harici flaş kullanılmamıştır.

Otomatik beyaz ayarında kullanılan fotoğraf makinesinde renklere dair herhangi bir sorun tespit edilmemiştir. Otomatik beyaz ayarı, kameranın ışık koşullarına göre renk dengesini otomatik olarak belirlemesidir. Sony ILCE-7M3 fotoğraf makinesi ve kit lensi Sony FE 28-70mm f/3.5-5.6 OSS ile yapılan genel çekimlerde birden fazla açıdan fotoğraf çekilerek tüm alan görüntülenebilmiştir. Tek çekimde tüm alanın görüntülenebilmesi mümkün olmamıştır.



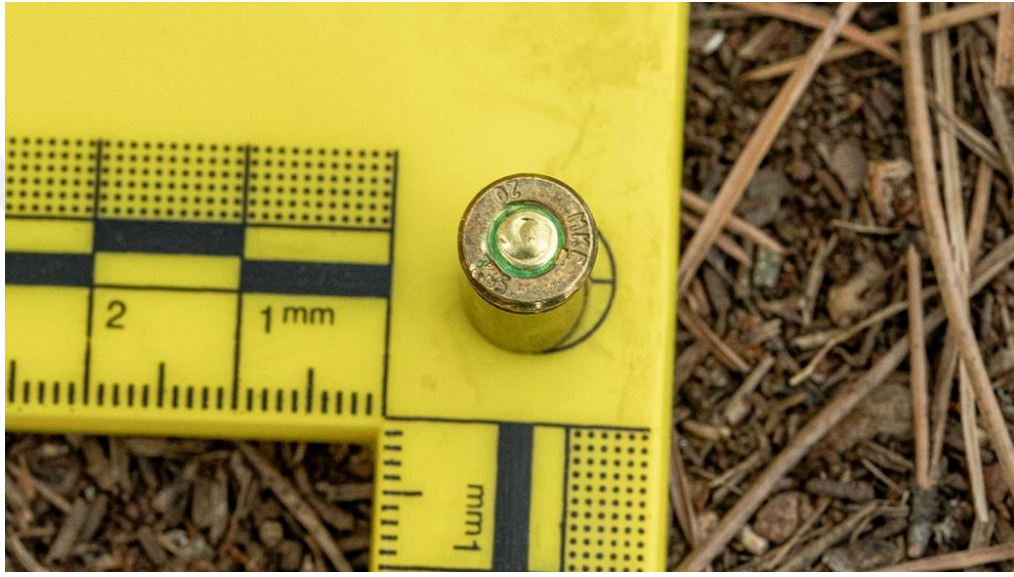
Şekil 4.6. GoPro Max 360 Kapalı Mekan Fotoğrafı



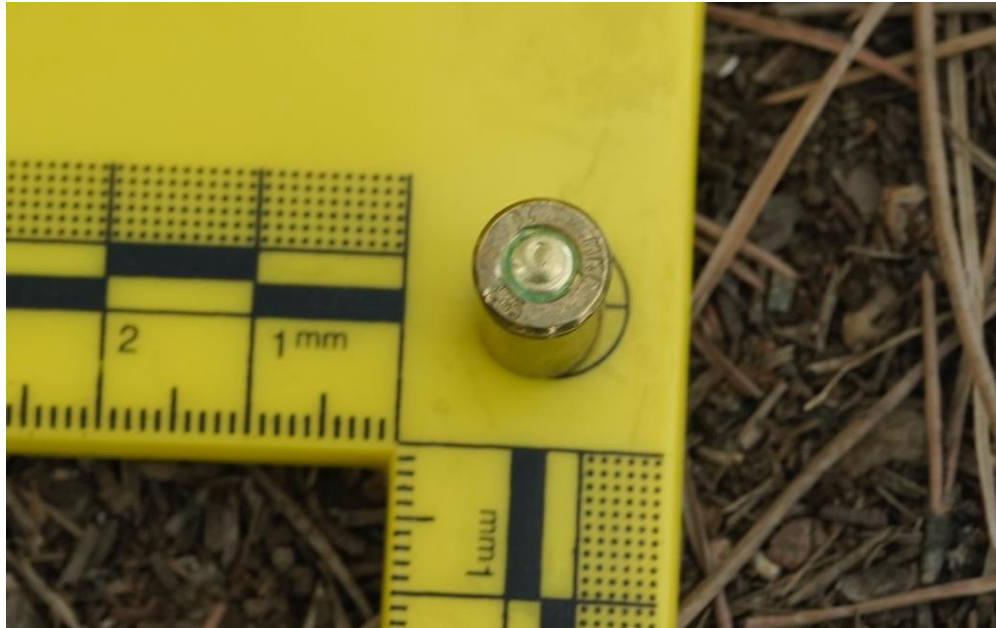
Şekil 4.7. Sony ILCE-7M3 Standart Fotoğraf Örneği

360 derece kameranın ultra geniş açı sabit lense sahip olması nedeniyle delillerde -özellikle küçük boyutlu olanlarda – detay görüntüleme mümkün olmamıştır. Bu durum, özellikle küçük delillerin daha yakından incelenmesini zorlaştırarak delillerin değerlendirilmesini olumsuz yönde etkilemiştir. Ancak Sony ILCE-7M3 ve Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens ile yapılan çekimlerde küçük deliller (mermi çekirdeği, kovan vb.) net bir şekilde görüntülenebilmiştir. Bu sayede, delillerin boyutu, şekli ve üzerinde bulunan ayrıntılar kolaylıkla incelenebilmiştir. (Şekil 4.9.) Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens ile çekilen kovan ve mermi çekirdeği detay fotoğraflarında tripod kullanıldığı için herhangi bir teknik sorunla

karşılaşılmamıştır. Sadece aynı tekrar çekimlerinde birkaç fotoğrafta manuel netlik kaynaklı bulanıklık (flu) tespit edilmiştir. (Şekil 4.10.) Bu bulanıklık, manuel netlik yapılan lenslerde, netlik ayarının her tekrar çekimde yeniden yapılmasından kaynaklanmaktadır. Manuel netlik yapılan lenslerde netlik ayarını yapmak için, netleme halkasını döndürmek gerekmektedir. Bu işlem, netlik ayarının hassasiyetini ve tutarlılığını etkileyebilmektedir.



Şekil 4.8. Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens Net Görüntü



Şekil 4. 9. Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens Bulanık Görüntü

4.2. Açık Alanda Yapılan Çekimler

4.2.1. 360 Derece Fotoğraf Çekimleri

Çizelge 4.5. Açık Alan Olay Yerinde Çekilen 360 Derece Fotoğraf Bulguları

Açık Alan 360 derece Fotoğraf	Adet	Boyut (MB)
Numaratörsüz	24	309,7
Numaratörlü	26	310,4
Toplam	50	620,1

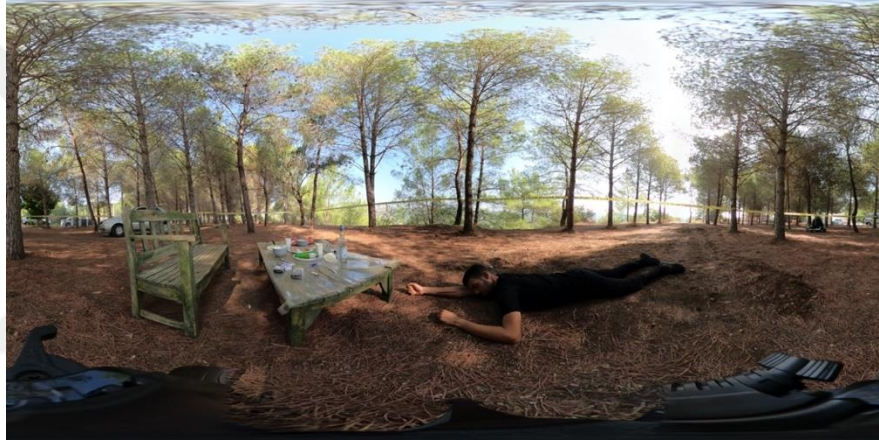
Ç.Ü. son durak mevki ağaçlık arazi mevkiinde gerçekleştirilen açık alan fotoğraf ve video çekimlerinde 360 derece kamera, olay yerini sorunsuz bir şekilde görüntüleyebilmiştir. Olay yerindeki esas alan içerisinde,

- Numaratörlü; 26 adet, 310,4 MB
- Numaratörsüz; 24 adet; 309,7 MB

Toplam 50 adet (tekrar eden görüntüler dahil) 360 derece fotoğraf çekilmiş ve bu fotoğrafların çekimi 18 dakika (numataörsüz 8 dakika, numaratörlü 10 dakika) sürmüştür. Çekilen fotoğrafların toplam boyutu 620,1 MB'dir. 360 derece çekilen fotoğrafların boyutları 7,5 MB ile 13,6 MB arasında değişmektedir. Fotoğraf çekimi sırasında netleme, pozlama ve beyaz ayarı otomatik modda kullanılmış olmasına rağmen, netlik, pozlama ve beyaz ayarıyla ilgili herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır. Tüm 360 derece fotoğraflar, teknik gerekliliklere uygun bir şekilde kaydedilmiştir.



Şekil 4.10. Açık Alan 360 Olay Yeri (Numaratörlü)



Şekil 4.11. Açık Alan 360 Olay Yeri (Numaratörüz)

4.2.2. 360 Derece Video Çekimleri

Çizelge 4.6. Açık Alan Olay Yerinde Çekilen 360 Derece Video Bulguları

Açık Alan 360 derece video	Boyut (GB)	Süre
GoPro Max 360 Kamera	19,2	30 Dakika
GoPro Player Export (.MOV)	213,63	
Adobe Premiere CC 23.6 Export (H.264)	7,24	
Toplam	240,07	

Çekilen 360 derece videoların süresi 30 dakikadır. 360 derece video çekimlerinde olay yeri inceleme ekiplerinin parmak izi toplama, delilleri numaralandırma ve bıçaktan swap alma işlemleri kayıt altına alınmış, bu videoların toplam boyutu 19,2 GB olarak tespit edilmiştir. 360 derece videolar, olay yerinin genel görünümünü, delillerin konumunu ve olayla ilgili diğer önemli ayrıntıları net bir şekilde göstermiştir. 360 derece videoların Adobe Premiere Pro CC 23.6 programında kullanılabilmesi için GoPro Player programı aracılığıyla “.MOV” uzantılı dosyalara dönüştürülmüştür. “.MOV” uzantısına dönüştürülen videoların toplam boyutu 213,63 GB’tır. Adobe Premiere Pro CC 23.6 programında basit renk düzenleme ve birleştirme işleminin ardından dışa aktarılan H.264 uzantılı videonun toplam boyutu 7,24 GB’tır.

Açık alanda gerçekleştirilen ilk 360 derece fotoğraf çekiminden son fotoğraf çekimine kadar kamera üzerinde herhangi bir teknik sorun yaşanmamıştır. Çukurova bölgesinin Eylül ayı yoğun nem ve sıcaklığı kameranın ısınmasına sebep olmuş, ancak bu ısınma sorunu kameranın performansını olumsuz etkilememiştir. Çekim esnasında güneşin yönünün değişmesi, kamera ve tripodun gölgesini belirginleştirmiş; bu durum kameranın konumunun değiştirilmesiyle çözülmüştür. 360 derece kamera ve yan ekipmanların hafif olması, konum değişikliği sırasında herhangi bir fiziksel zorluk yaşanmamasına katkı sağlamıştır. Açık alan çekimleri tamamlandıktan sonra (11:30 itibariyle), kameranın batarya seviyesi %11 olarak kaydedilmiştir.

4.2.3. Standart Fotoğraf Çekimleri

Çizelge 4.7. Tez Çalışması Kapsamında Çekilen Açık Alan Standart Fotoğraf Bulguları

Açık Alan Standart Fotoğraf	Adet	Boyut (GB)
Numaratörsüz	606	18,06
Numaratörlü	425	13,24
Toplam	1031	31,3

Sony ILCE-7M3 ile gerçekleştirilen fotoğraf çekimleri sorunsuz bir şekilde tamamlanmıştır. Numaratörsüz ve numaratörlü olarak gerçekleştirilen açık alan

çekimlerinde, alanın büyüklüğü ve delillerin alana yayılmış olması nedeni ile 606 adet numaratsız ve 425 adet numaralı RAW+JPEG formatlarında fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir. Mermi çekirdeği, kovan gibi küçük deliller Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens ile çekilmiştir. (Şekil 4.13.) Numaratsız fotoğrafların çekimi 30 dakika, numaralı çekimler 56 dakika sürmüştür. Çekilen fotoğraflar toplam 31,3 GB yer tutmuştur.



Şekil 4.12. Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens ile Çekilen Mermi Kovanları



Şekil 4.13. Sony ILCE-7M3 Açık Alan Geniş Açık Olay Yeri (Numaratsız).



Şekil 4.14. Sony ILCE-7M3 Açık Alan Geniş Açılı Olay Yeri Açık Alan Olay Yeri (Numaratörlü)



Şekil 4.15. Sony ILCE-7M3 Açık Alan Geniş Açılı Olay Yeri Delil (Numaratörlü)



Şekil 4.16. ILCE-7M3 Açık Alan Olay Yeri (Numaratörlü)

4.3. Kapalı Alan Çekimleri

4.3.1. 360 Derece Fotoğraf Çekimleri

Çizelge 4.8. Kapalı Mekan Olay Yerinde Çekilen 360 Derece Fotoğraf Bulguları

Kapalı Mekan 360 derece Fotoğraf	Adet	Boyut (MB)
Numaratörsüz	23	134,1
Numaratörlü	23	125,4
Toplam	46	259,5

Kapalı alanda yapılan 360 derece fotoğraf ve video çekimlerinde alanın tamamı görüntülenebilmiştir. Medikososyal Binası Giriş Katı Dersliğinde tasarlanan olay yeri, numaratörlü ve numaratörsüz olarak 360 derece fotoğraf ve video olarak kaydedilmiştir. Çekilen 360 derece fotoğraflar;

- Numaratörsüz; 23 adet, 134,1 MB
- Numaratörlü, 23 adet, 125,4 MB, yer kaplamıştır.

Çekilen 360 derece fotoğrafların toplam boyutu 259,5 MB'tır. 360 derece çekilen fotoğrafların boyutları 4,8 MB ile 5,9 MB arasında değişmektedir. Fotoğraf ve video çekimi sırasında, kamera tam otomatik modda kullanılmış, 360 derece görüntüler teknik gerekliliklere uygun bir şekilde kaydedilmiştir. 360 derece fotoğrafların numaratörsüz olarak çekim süresi 3 dakika, numaratörlü olarak çekimi ise 25 dakika sürmüştür.



Şekil 4.17. Kapalı Alan 360 Derece Fotoğraf (Numaratörsüz)



Şekil 4.18. Kapalı Alan 360 Derece Fotoğraf (Numaratörlü)

4.3.2. 360 Derece Video Çekimleri

Çizelge 4.9. Açık Alan Olay Yerinde Çekilen 360 Derece Video

Açık Alan 360 derece video	Boyut (GB)	Süre
GoPro Max 360 Kamera	14,57	26 Dakika
GoPro Player Export (.MOV)	143,87	
Adobe Premiere CC 23.6 Export (H.264)	6,21	
Toplam	164,65	

Çekilen 360 derece videoların süresi 26 dakika, çekimlerin toplam boyutu 14,57 GB boyutundadır. Olay yeri inceleme ekiplerinin parmak izi toplama, delilleri numaralandırma, atış yönü tespit işlemi 360 derece kamera ile video kaydına alınmıştır. Harici hard diske yedeklenen 360 derece videolar Adobe Premiere Pro CC 23.6 programına aktarılabilmesi için GoPro Player programından “.MOV” uzantısı olarak dışa aktarılmıştır. “.MOV” uzantısına dönüştürülen videolar toplamda 143,87 GB boyutundadır. Basit renk düzenlemesi (Color Correction) ve birleştirme işlemlerinden sonra Adobe Premiere Pro CC 23.6’den dışa aktarılan video 6,21 GB yer kaplamıştır. 360 derece videoların toplam boyutu 164,65 GB’tır. Kapalı mekanda çekilen 360 derece videolarda olay yeri açık bir şekilde eksiksiz olarak gözlenmektedir.

İlk fotoğraf çekiminden son çekime kadar kamerada herhangi bir teknik sorun (kapanma, kayıttan çıkma vb.) yaşanmamıştır. Çekimlerin tamamlanmasının ardından bataryanın %20 seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

Kapalı alan çekimlerinde tespit edilen en büyük sorun 360 derece video kayıtlarında flicker oluşmasıdır. Flicker, video içerisinde siyah şeritler olarak görülen bir görüntü kalitesi sorunudur. Kapalı mekanda bulunan floresan aydınlatmanın frekans (hertz) değeri ile 360 derece kameranın perde hızı değerinin uyuşmaması nedeni ile video içerisinde flicker (siyah şeritler) oluşmuştur. Flicker, sadece 360 derece kamera kayıtlarında değil tüm video kameralarda karşılaşılabilecek teknik bir sorundur. Flicker sorunu çekimler esnasında fark edilmiş, ortamda bulunan floresan aydınlatmalar

kapatılmıştır. Olay yeri içerisinde bulunan floresan aydınlatmanın kapatılması ile flicker sorunu çözülmüş, 360 derece video çekimine devam edilmiştir. 26 dakikalık kapalı alan 360 derece videonun 13,45 dakikalık kısmında flicker tespit edilmiştir.

4.3.3. Standart Fotoğraf Çekimi

Çizelge 4.10. Tez Çalışması Kapsamında Çekilen Kapalı Mekan Standart Fotoğraflar

Kapalı Mekan Standart Fotoğraf	Adet	Boyut (GB)
Numaratörsüz	58	1,69
Numaratörlü	98	2,80
Toplam	156	4,49

Sony ILCE-7M3 ile gerçekleştirilen standart fotoğraf çekimleri sorunsuz bir şekilde tamamlanmıştır. Numaratörlü ve numaratörsüz olarak tamamlanan çekimlerde, 58 adet numaratörsüz ve 98 adet numaratörlü fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir. Numaratörsüz fotoğrafların çekim işlemi 13 dakika, numaratörlü fotoğrafların çekim işlemi 26 dakika sürmüştür. Çekilen fotoğraflar toplam 4,49 GB yer tutmuştur.



Şekil 4.19. Kapalı Mekan Sony Ilce-7m3 (Numaratörsüz)

Kamera, enstantane öncelikli modda kullanılmış olup, çekilen fotoğraflarda kamera kaynaklı herhangi teknik sorunla karşılaşılmamıştır.

Otomatik beyaz ayarında kullanılan fotoğraf makinesi ile çekilen fotoğraflarda renklere dair herhangi bir sorun tespit edilmemiştir. Kullanılan Sony 28-70mm f/3.5-5.6 OSS lens, genel çekimlerde tek bir açıdan tüm alanı görüntülemekte yetersiz kalmış, bu nedenle genel çekimlerde birden fazla açıdan fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 360 derece kamera ultra geniş geniş açılı lenslere sahip olduğu için delillerin detaylı görüntülenmesinde yetersiz kalmıştır. Sony ILCE-7M3 ile yapılan çekimlerde deliller yakın planda görüntülenebilmiştir.



Şekil 4.20. Kapalı Mekan Ayak İzi Delili Sony ILCE-7M3

4.4. Gopro Max 360 Kamera ve Sony ILCE-7M3 Fotoğraf Makinesinin Karşılaştırılması

4.4.1. Gopro Max 360 Kamera Avantajları

Ergonomik Kullanım: 360 derece kameranın hafif olması ve taşınmasının kolaylığı, olay yerinde hızlı bir çekim yapma olanağı sunmaktadır.

Zaman Veri Tasarrufu: 360 derece kameralar, geleneksel fotoğraf makinelerine göre daha az çekimle daha geniş bir alanı görüntüleyebilme avantajına sahiptir. Bu, az sayıda çekilen fotoğrafların depolama alanında daha az yer kaplamasına ve görüntülerin aktarım sürecinin hızlanmasına olanak tanımaktadır.

Ultra Geniş Açılı Lensler: 360 derece kameralar ile tek bir açıdan tüm alan görüntülenebilmektedir. Bu özellik olay yerinin tüm açılardan tek seferde görüntülenebilmesi sağlamaktadır.

Uzaktan (Remote) Kontrol Edilebilme: 360 derece kamerayı uzaktan kontrol edebilme ve mobil cihazlar aracılığı çekilen görüntülerin anlık olarak izlenebilme özelliği sayesinde olay yeri ekibine müdahale edilmeden çekim imkanı sağlamaktadır.

Fotoğraf ve Video Çekebilme: Tek kamera ile olay yerinin fotoğraflanması ve video olarak çekilmesi mümkündür.

Sanal Gerçeklik Ortamında İzlenebilme: Sanal gerçeklik gözlüğünde 360 derece çekilen videolar dalma hissiyatı (immersive) deneyimi imkanı sunmaktadır.

4.4.2. Gopro Max 360 Kamera Dezavantajları

Sabit Lense Sahip Olması: 360 derece kameralar sabit lenslere sahiptir. Lenslerinin değiştirilememesi kısa-uzun odaklı çekimlerde ve makro çekimlerde sorun çıkarabilmektedir.

Pikselleşme Sorunu: Çekilen 360 derece fotoğraf ve videolar sanal gerçeklik gözlüğünde izlendiğinde pikselleşme görülmektedir.

Video Düzenleme Sorunları: Standart fotoğraf ve videoya göre 360 derece videoların düzenleme süreci daha karmaşıktır. Özel kurgu programları kullanmak gerekebilmektedir. Ayrıca büyük dosya boyutlarına sahip bu görüntüler için yüksek donanımına sahip bilgisayar kullanmak gerekmektedir.

Distorsiyon: Ultra geniş açılı lensler görüntülerde distorsiyon (bükülme) yapabilmektedir.

Işık Hassasiyeti: Bazı 360 derece kameralar ışık koşullarında kumlanma sorunu oluşturmaktadır. 360 derece kameralarının tepe flaşının olmaması özellikle gece çekimlerinde ek ışık kaynağı kullanmayı zorunlu hale getirmektedir.

Pil Ömrü: Küçük bir gövdeye ve pil kapasitesine (1600 mAh) sahip olan 360 derece kameraların pil kullanım süresi kısa olabilmekte ve sık sık şarj edilmesi gerekmektedir.

Birleştirme çizgileri: Lens birleştirme çizgileri (stich) delillerin üzerine denk geldiğinde delillerin anlaşılması zorlaştırmaktadır.

4.4.3. Sony ILCE-7M3 Kamera Avantajları

Yüksek Görüntü Kalitesi: Büyük sensöre sahip olması ($35.6 \times 23.8\text{mm}$) düşük ışık koşullarında dahi yüksek kalitede fotoğraf imkanı sunmaktadır. Ayrıca RAW formatında fotoğraf imkanı sunması fotoğrafın kalitesi ve güvenilirliği açısından önemlidir.

Lens Seçenekleri: Değiştirilebilir lensler olay yerinin farklı açılardan görüntülenebilmesini sağlamaktadır. Makro çekimlerde ve zoom ile fotoğraflanması gereken delillerde lensin değiştirilebilir olması büyük kolaylık sağlamaktadır.

Pil Ömrü: 360 derece kameralara göre daha büyük pil kapasitesine (2280 mAh) sahip Sony ILCE-7M3 fotoğraf makinesi, 360 derece kameralara göre daha uzun kullanım imkanı sunmaktadır.

4.4.4. Sony ILCE-7M3 Dezavantajları

Fiyat: Güncel fiyat olarak en ucuz 63.000 Türk Lirasından satışa sunulmaktadır (113). GoPro Max 360 kamera ise 17.497 TL fiyat etiketine sahiptir (114).

Eğitim Gereksinimi: Sony ILCE-7M3 gibi geleneksel tarzda kullanılan fotoğraf makineleri için eğitim ve uygulama süreci gerekmektedir. 360 derece kameraların kullanımı daha basit ve kullanıcı dostu ara yüze sahip olması öğrenme sürecini hızlandırmaktadır.

Görüş Alanı: Standart fotoğraf makineleri 360 derecelik alanı tek seferde görüntüleyemezler. Olay yerinde alanın tek seferde tüm açılardan görüntülenebilmesi için bu tarz kameralar yetersiz kalmaktadır.

5. TARTIŞMA

Olay yeri fotoğrafçılığı, suç mahallinin ve kanıtların belgelenmesinin en önemli unsurlarından biridir (115). Olay yeri fotoğrafçılığı, suç mahallinde bulunan kanıtların toplanması, olay yerinin belgelenmesi ve ceza davalarının soruşturma ve kovuşturma aşamalarında referans olarak kullanılacak fotoğrafik görüntülerin oluşturulması sürecini ifade etmektedir. Bu disiplin, olay yeri ve çevresinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi yoluyla mevcut somut delillerin gerçekçi ve doğru bir kaydını oluşturma kabiliyetine sahiptir (116). Olay yerindeki verileri objektif bir şekilde yansıtmayan veya eksik çekilmiş fotoğraflar, adli süreçlerin bütünlüğünü bozarak soruşturma ve yargı sürecini sekteye uğratmaktadır. Mendis'e göre (2021) olay yerinde çekilen fotoğrafların temel amacı, herhangi bir değişiklik meydana gelmeden önce olay yerindeki delillerin konumunu ve pozisyonunu doğru bir şekilde kaydetmek, aynı zamanda olaya karışan kişiler ile potansiyel tanıkların bakış açılarını ve mekânsal ilişkilerini belgelemektir (117).

Fotoğrafın belge olarak adli bilimler ve yargı sistemi içerisindeki kullanımı, fotoğrafın icadına dek uzanan köklü bir geçmişe dayanmaktadır (118). Günümüzde fotoğrafla belgelenen kanıtların kullanımı, adli incelemelerin ayrılmaz bir unsuru olmuştur. Bu kanıtlar, suç mahallinin yeniden inşasından delillerin karşılaştırılmasına kadar, yasal süreçlerin birçok alanında görsel destek sağlayarak, adli analizlerin güvenilirliğini ve etkinliğini artırmaktadır.

Olay yeri görüntüleme esnasında kullanılan kamera türü, delillerin niteliğinin belirlenmesinde önemli bir role sahiptir. Standart fotoğraf çekimi belirli bir nesnenin veya mekanın iki boyutlu görüntüsünü belgelerken, 3 boyutlu bir sahnenin tüm detaylarını yeterince yansıtamamaktadır (119). Wang ve arkadaşlarına (2019) göre, geleneksel olay yeri belgeleme yöntemleri, derinlik, hacim ve boyut gibi temel mekansal özelliklerin kaydedilmesinde yetersiz kalmaktadır (7). Bu durum, olay yerinin üç boyutlu gerçekliğinin iki boyutlu bir yüzeye aktarılması sırasında kritik bilgilerin kaybolmasına veya yanlış yorumlanmasına yol açabilmektedir.

Tez çalışması kapsamında çekilen standart ve 360 derece fotoğraflar karşılaştırıldığında, 360 derece çekilen görüntülerde olay yerinin bütünlüğünün tek seferde ve daha ayrıntılı bir şekilde gözlemlenebildiği ve boyutsal özelliklerin (derinlik,

hacim vb.) daha etkin biçimde algılandığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, Huan ve arkadaşlarının çalışmasında (2022) ortaya koyulan 360 derece kameraların her bir görüş açısı için stereo görüntü üreterek ve bu görüntüleri 360 derece sahneye entegre ederek daha iyi bir derinlik algısı oluşturmaya paralellik göstermektedir (120).

360 derece kameralar ile çekilen görüntüler, olay yerinin sanal bir ortamda canlandırılmasını sağlayarak izleyicinin olay yerini sanki gerçekten oradaymış gibi deneyimlemesine olanak tanımaktadır. Bu sayede mekanın yapısı ve olay yerinin detayları daha kolay ve daha etkili bir şekilde kavranabilir hale gelmektedir. De Leeuwe ve arkadaşları (2017), olay yerinin belgelenmesi konusunda modern teknolojilerin entegrasyonunun hem iç mekan hem de dış mekan olay yerlerinde etkili ve pratik sonuçlar doğurabileceğini belirtmektedir (121). 360 derece kameraların standart kameralara göre sağladığı bu avantaj sanal gerçeklik teknolojisinin gelişmesi ile daha belirgin hale gelmiştir. Maneli ve Isafiade tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada (2022), 2005 ile 2021 yılları arasında yayınlanan toplam 17.912 hakemli makale incelenmiş ve bu makalelerin yaklaşık %20,2'sinin olay yerlerini yeniden yapılandırmada çeşitli immersif teknolojilerin kullanıldığı bulgusu elde edilmiştir. Bu çalışmalar içinde, artırılmış gerçeklik (AR) teknolojilerinin kullanımı %15,3 iken, sanal gerçeklik (VR) teknolojilerinin kullanım oranı %75 olarak tespit edilmiştir (122).

Olay yerlerinde çekilen fotoğrafların sayısı, kullanılan ekipmanla doğru orantılıdır. Barazetti ve arkadaşlarının yaptığı bir araştırmada (2018), 360 derece kameraların olay yerinin tümünü tek bir çekimde yakalayabilme özelliğinin, çekilecek fotoğraf sayısını önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir (4). Tez çalışması sırasında açık alan ve kapalı mekan olay yerlerinde çekilen 360 derece fotoğrafların adedi toplamda 97 iken, Sony ILCE-7M3 ile çekilen standart fotoğrafların adedi 1187 olarak belirlenmiştir. İki çekim arasındaki fark, 360 derece kamera kullanmanın geleneksel kamera kullanımına kıyasla daha az fotoğraf çekmeye ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Diğer taraftan geleneksel fotoğraf çekiminde her bir delil için uzak-orta-yakın prensibi uygulanmakta, bu yöntem delil sayısı ve mekanın büyüklüğüne bağlı olarak binlerce fotoğrafın ortaya çıkmasına neden olmaktadır (116).

Bu durum, Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.4'ün incelenmesiyle de desteklenmektedir. Çizelgeler incelendiğinde, Sony ILCE-7M3 ile çekilen fotoğrafların boyutlarının 360 derece kamera ile çekilen fotoğrafların boyutlarından daha büyük olduğu görülmektedir.

Bu durum, iki makinenin sensör boyutları, çekilen fotoğraf adedi ve çözünürlükleri arasındaki farklardan kaynaklanmaktadır. Sony ILCE-7M3 ile çekilen bir fotoğrafın ortalama boyutu 49,4 MB, GoPro Max 360 ile çekilen 360 derece fotoğrafın ortalama boyutu 9,2 GB olarak kaydedilmiştir. Sony ILCE-7M3 ile çekilen fotoğrafların büyük boyutları depolama alanı gereksinimini arttırırken, veri aktarımını yavaşlatmakta ve düzenleme işlemleri için yüksek işlem gücü gerektiren bilgisayarlara ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Ancak, bu fotoğrafların yüksek çözünürlükte ve yüksek boyutta olması, görüntü işleme (düzenleme ve yakınlaştırma vb.) alanlarında standart fotoğraf çekimini önemli kılmaktadır. Yüksek çözünürlüklü ve büyük boyutlu fotoğraflar, bu tür işlemler için daha uygun bir temel sağlarken, detayların kaybolmasını önleyerek daha net ve ayrıntılı sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır.

360 derece kamera kullanımında görüntü kaynaklı karşılaşılan en büyük sorunlardan biri birleştirme (stitch) çizgisidir. Bu çizgiler, kamera lenslerinin oluşturduğu panoramik görüntülerdeki lensler arası geçişlerde ortaya çıkan ve görüntü bütünlüğünü bozabilen kesinti veya bozulma sorunu olarak tarif edilebilir. 360 derece kameranın yapısı gereği birden fazla sensör veya kamera ile çekim yapıldığı için, birleştirme (stitch) çizgisi oluşabilmektedir (123). Bu tür bozulmalar, 360 derece içeriğin özgünlüğüne bağlı yapısal durumlardan kaynaklanmaktadır. Tez çalışması kapsamında çekilen 360 derece fotoğraf ve videolar incelendiğinde Şekil 4.3'te bulunan birleştirme çizgisi görülebilmektedir. Oluşan birleştirme çizgileri, 360 derece video oynatıcılar ve sanal gerçeklik gözlükleri kullanıldığında daha belirgin bir şekilde fark edilebilmektedir. Birleştirme çizgilerinin delillerle örtüşmesi halinde bu çizgilerin delillerin görsel olarak tanımlanmasını engellemesi, delillerin incelenmesini ve yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle 360 derece görüntülerdeki birleştirme çizgilerinin, görüntü kalitesinde bozulmalara yol açabileceği ve yanlış yorumlara neden olabileceği göz önünde bulundurularak, birleştirme çizgilerinin delilleri kapatmaması için çekim esnasında olay yerinde gerekli önlemler alınmalıdır. Kang ve arkadaşları tarafından yapılan araştırmada (2019), 360 derece videoların birleştirme (stitch) bölgelerinde oluşan çizgilerin, videoda bozulmalara yol açtığı ve bu durumun kullanıcı deneyimini olumsuz etkileyebileceği belirtilmiştir. Araştırmacılar, video birleştirme sürecinde her kare için sınır çizgileri oluştuğunu ve bu çizgilerin bir kareden diğerine aniden değişebileceğini, bu durumun da videodaki nesnelerin kaybolmasına veya

hareket etmesine neden olabileceğini vurgulamışlardır (124). Ayrıca Şekil 4.5'te görülen tripodun görüntüyü engellemesi sorunu da benzer şekilde delillerin görünürlüğünü sınırlamaktadır. Bu durumlarla karışılmaması için, olay yerinde birden fazla konumdan 360 derece görüntüleme yapılarak standart fotoğraf makinesi ile çekilen görüntüler karşılaştırılmalıdır (125).

Tez çalışması kapsamında hazırlanan olay yerlerinde farklı açılardan çekilen 360 derece görüntüler ve standart fotoğrafların incelenmesi sonucunda; 360 derece fotoğraf ve videolarda meydana gelen birleştirme çizgilerinin ve tripodun engellediği delillerin, diğer açılardan kaydedilen görüntülerde sorunsuz bir şekilde görüldüğü tespit edilmiştir. Bu durum, 360 derece fotoğrafçılığın sınırlılıklarını ve standart fotoğrafçılığın tamamlayıcı niteliğini ortaya koymaktadır.

Olay yerinde bir uzmanın (aynı mekânda birden fazla görüntü kaydedilmesi durumunda) görüntüler arasındaki zamansal birliği sağlaması mümkün değildir. Bir bütünün parçalarını oluşturan görüntülerin her biri ayrı zaman dilimini yansıtmaktadır. Bu durum, delil olarak kaydedilen olay yeri görüntülerinin zamansal gerçekliğini uzmanın inisiyatifine bırakarak delillerin doğru bir şekilde yorumlamasını zorlaştırabilmektedir. Olay yerinde 360 derece kamera kullanılması, olay yerinin kapsamlı bir görüntüsünü sağlayarak tüm ortamda bulunan kanıtların eş zamanlı olarak tespit edilmesini ve kaydedilmesini sağlamaktadır. Bu durum, Sheppard ve arkadaşlarının çalışmasında (2019) da vurgulanan, 360 derece kamera sisteminin suç mahallindeki kullanım avantajlarından biri olarak kabul edilmektedir (126).

Olay yeri fotoğrafçılığında, 360 derece kameraların geleneksel kameralara kıyasla daha hızlı ve etkin olduğu gözlemlenmiştir. Tez çalışması sırasında hem açık alan hem de kapalı mekan olay yerlerinde yapılan fotoğrafların çekim süreleri bu durumu desteklemektedir. Sony ILCE-7M3 kullanılarak yapılan standart fotoğraf çekimleri ortalama 125 dakika sürerken, 360 derece kamera kullanılarak gerçekleştirilen çekimlerin süresi yalnızca 46 dakika olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, 360 derece kameraların, geleneksel kameralara kıyasla olay yeri görüntülemesinde çekim süresini önemli ölçüde düşürdüğünü ortaya koymaktadır.

360 derece çekimlerin özellikle yangın, trafik kazası, patlama gibi delillerin bozulma ihtimalinin daha yüksek olduğu ve hızlı çalışılması gereken olaylarda önemli bir avantaj sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bulgular, olay yeri incelemelerinde 360

derece kamera kullanımının, tek bir çekimle daha geniş bir alanı kapsayarak çekim süresini azaltma potansiyeline işaret etmektedir (127). 360 derece kameraların kullanımı, olay yeri inceleme ekiplerine olay yerini daha hızlı ve bütünsel bir şekilde inceleme imkanı sunması, delillerin kaybolma veya değiştirilme ihtimalini de düşürmektedir. Bu nedenle, olay yerinin değişmemiş ilk halinin etkili bir şekilde belgelenmesi için olay yerine giden ilk ekibin 360 derece kamera kullanımı büyük önem taşımaktadır.

Olay mahallinde, özellikle küçük delillerin mevcut olduğu vakalarda, makro (yakın plan) görüntülerin kayıt altına alınması kritik bir öneme sahiptir. Fotoğrafçılıkta, “makro” terimi, küçük nesneleri gerçek boyutlarında veya daha büyük ölçekte yakalama özelliğini ifade etmektedir (128). Bu tür fotoğraflar, genellikle kameranın çok yakın mesafelere odaklanabilmesini sağlayan özel lensler ve odaklama mekanizmaları kullanılarak çekilmektedir. Olay yerinde delillerin yakın planda çekilmesi, ayrıntıların daha net bir şekilde görülmesine, uzmanların kanıtların boyutunu, şeklini rengini ve diğer özelliklerini doğru bir şekilde incelemesine yardımcı olmaktadır. Olay yerinde makro fotoğraf çekimi küçük ölçekli delilleri, alet izleri veya biyolojik sıvılar gibi kanıtların doğru bir şekilde temsil edilmesine olanak tanımaktadır (129). Suç vakalarının aydınlatılmasında olay yeri inceleme uzmanları için, küçük ölçekli delillerin doğru bir şekilde belgelenmesi ve analiz edilmesi suçun nasıl ve kim tarafından işlendiği hakkında önemli ipuçları sağlamaktadır. Buna karşın, tez çalışmasında 360 derece kamera kullanılarak elde edilen görüntülerde söz konusu küçük delillerin yakın plan çekimleri mümkün olmamış, 360 derece görüntüler sadece delillerin konumunu ve delil numarasını belirlemede yeterli bilgiyi sağlamıştır. Bu durum Sheppard ve arkadaşlarının yaptığı çalışma (2019) ile uyumludur. Sheppard’a göre 360 derece kameralar, biyolojik kanıtlar gibi küçük delillerin konumlandırmasını içeren bağlamsal bilgileri sağlamaktadır (126). 360 derece kameralar, ultra geniş açılı lensleri sayesinde panoramik görüntüler elde etmek üzere tasarlanmıştır. Ancak, yakın plan çekimler için gereken büyütme ve detay düzeyine ulaşabilmek için gerekli optik ve odaklama mekanizmalarına sahip değildir. Tang ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada (2019) mevcut 360 derece kameraların makro çekim için uygun çözünürlüğe sahip olmadığını vurgulamıştır (130). 360 derece kameralar, tüm görüş yönlerini aynı anda yakalayarak bir daldırma hissi sağlamaya odaklanmıştır, ancak Ho ve Budagavi’ye göre (2017), bu

tasarım makro çekim konularına odaklanma becerisine öncelik vermemektedir. (131). Tez çalışması kapsamında oluşturulan olay yerlerindeki küçük boyutlu deliller (kovan, mermi çekirdeği, düğme), Sony ILCE-7M3 ve Samyang 100mm T3.1 VDSLR Macro Cine Lens kullanılarak fotoğraflanmıştır. Bu sayede, 360 derece kameraların yakalayamadığı küçük ölçekli delillerin ayrıntılı ve yüksek çözünürlüklü görüntüleri başarıyla elde edilmiştir. (Şekil 4.9)

Açık alan olay yeri 360 derece video çekimleri sırasında, GoPro Max 360 derece kamerada ısınma sorunları gözlemlenmiştir. Çukurova Bölgesi'nin Eylül ayındaki yüksek sıcaklık koşulları, kameranın yüksek çözünürlüklü video kaydı gerçekleştirmesi ve soğutma sisteminin bulunmaması, bu ısınma problemlerinin ana nedenleri olarak tespit edilmiştir. Açık alan olay yeri 360 derece video çekimlerinde karşılaşılan bu ısınma problemi, kayıt sürecince dikkat edilmesi gereken kritik bir faktör olarak belirlenmiştir. Özellikle doğrudan güneş ışığına maruziyet durumunda kameranın çalışmayı durdurma ihtimaline karşı, her bir kayıt seansı öncesi ve sonrasında kameranın durum kontrolünün yapılması gerekmektedir.

Bu tür çekimlerden elde edilen yüksek çözünürlüklü videoların düzenlenmesi de benzer zorluklar barındırmaktadır. Adobe Premiere Pro CC 23.6 yazılımında 360 derece videoların düzenlenmesi sürecinde kullanılan MacBook Pro 13" M1 dizüstü bilgisayarın ısınması ve yetersiz kalması, yüksek çözünürlüklü 360 derece video işlemenin başarısı açısından hem veri depolama kapasitesinin hem de ileri düzey donanım özelliklerinin önemini açıkça göstermektedir. Özellikle, 5.6K video çözünürlüğünde videoların Adobe Premiere Pro CC 23.6 programında etkin bir şekilde işlenebilmesi için gerekli olan gelişmiş bilgisayar donanımının kritik rolü bu çalışma ile vurgulanmaktadır. Xu ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada (2020), 360 derece video ve görüntü işleme teknolojilerinin önemi ile bu teknolojilerin sıkıştırma süreçlerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada, 360 derece videoların, izleyicilere derinlemesine bir deneyim ve yüksek görsel kalite sağlamak için en az 4K çözünürlükte olması gerektiği vurgulanmıştır (132). Bu çözünürlük seviyesinin yüksekliği hem depolama hem de veri aktarımı ihtiyaçlarını önemli ölçüde artırmaktadır.

Olay yerinden alınan video kayıtlar, dijital kanıtlar üzerinde daha kapsamlı bir analiz yapılabilmesi için, bu sürecin kritik bir bileşenidir (133). Günümüzde adli soruşturmalarda, olay yerinde yapılan video kayıtları sadece şüphelilerin

belirlenmesinde ve delillerin toplanmasında değil, aynı zamanda adli vakaların çözülmesinde de değerli kanıtlar sağlamaktadır. Kassin ve Garfield'ın 1991'de yayınladıkları araştırmaya göre, olay yeri videolarının kullanımı jüri üyelerinin sanığı suçlu bulma standartlarını düşürmüştür. Bu çalışma, olay yeri videolarının hem genel hem de duruşmaya özgü etkileri olduğunu ve potansiyel olarak duruşma sonuçlarını etkileyebileceğini ortaya koymaktadır (134).

Olay yerinde standart video çekimi, yalnızca belirli bir açıdan görüntü sağlama özelliğine sahip olduğu için olay yerinin 360 derece bir perspektifle incelenmesini gerektiren karmaşık durumları eksiksiz bir şekilde yansıtmada yetersiz kalabilmektedir.

Sınırlı veri depolama ve işleme kapasitelerine sahip durumlarda, 360 derece kameralar için H.264 gibi daha yüksek verimlilik sunan alternatif video sıkıştırma formatlarının tercih edilmesi önerilmektedir. H.264 formatı, benzer kalitede videoları daha verimli kodlayarak depolama ve işlem gereksinimlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Kullanmış olduğumuz GoPro Max 360 derece kamera 5.6K çözünürlükte H.264 formatında video kaydını desteklememektedir.

Yapılan bir çalışmada (2021), 360 derece görüntülerin geleneksel video ve görüntü sıkıştırma standartlarıyla uyumlu hale getirilebilmesi için genellikle 2D düzlemlere projekte edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu işlem, sıkıştırma verimliliğini önemli ölçüde artırarak, 360 derece görüntülerin daha geniş kullanım alanlarına ve artan bir erişilebilirlik seviyesine ulaşmasını mümkün kılmaktadır (135). Bu bulgular, 360 derece video ve görüntü işlemenin karşılaştığı zorlukları ve bu alanda teknolojik gelişmelerin kritik önemini ortaya koymaktadır.

Kapalı mekan olay yeri çekimlerinde gerçekleştirilen 360 derece video kayıtlarının 13,45 dakikalık bölümünde flicker (titreme) oluşumu gözlemlenmiştir. Video ve film prodüksiyonunda sıkça karşılaşılan bu sorun, yapay aydınlatmanın kare hızı ve enstantane ayarlarındaki uyumsuzluklardan kaynaklanmaktadır (136). Video içerisinde siyah şeritler şeklinde belirginleşen flicker oluşumları, izleyici deneyimini olumsuz etkileyerek görsel detayların kaybolmasına neden olmaktadır. Olay yeri 360 derece video kayıtlarında flicker problemini önlemek için ışıklandırmanın hassas bir şekilde yönetilmesi ve ortamda varsa floresan lambaların kapatılması gerekmektedir. Karşılaşılan flicker sorunu, floresan aydınlatmaların kapatılması ile çözülerek kapalı mekan çekimlerine devam edilmiştir.

Meta Quest-2 sanal gerçeklik gözlüğünde izlenen kapalı mekan olay yeri 360 derece videolarında kumlanma oluşumu gözlenmiştir. Bu kumlanmalar izleyici konforunu bozmasına karşın delillerde herhangi bir bilgi kaybına yol açmamıştır. GoPro Max 360 kamera, 5.6 K çözünürlükte video çekebilmesine rağmen, 6.17 x 4.55 mm boyutundaki küçük sensörleri nedeniyle ışığın az olduğu ortamlarda ışık hassasiyeti göstererek görüntülerde detay kaybına neden olabilmektedir. (Şekil 4.6) Çekim yapılacak ortamlarda karanlık alanların bulunması durumunda, görüntü kalitesinin korunması için uygun ışık kaynaklarının karanlık bölgeleri aydınlatacak şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir.

Birze ve arkadaşları (2023) dijital teknolojiler kullanılarak yakalanan yüksek kaliteli video ve ses kayıtlarının, adaletin yönetiminde giderek daha önemli bir rol oynadığını vurgulamıştır. Araştırma, adli süreçlerde video kanıtlarının daha sık kullanıldığını ve bunun adli profesyonellerin iş yükünü ve video analizi birimlerinin önemini artırdığını ortaya koymuştur. Yüksek kaliteli video ve ses kayıtlarının giderek yaygınlaşması, ceza davalarında delil olarak kullanımı artırarak adli sürecin birçok aşamasında bu kayıtların değerlendirilmesi gerekliliğini doğurmuştur (137). Tez çalışması kapsamında, açık alanda ve kapalı mekanda çekilen 360 derece videolar, Meta Quest-2 sanal gerçeklik gözlüğü ve Seinheiser yalıtılmış kulak üstü kulaklık kullanılarak dış uyaranlardan izole bir biçimde incelenmiştir. Schuemie ve arkadaşlarının (2001) araştırmalarına paralel olarak, bu teknikle sanal gerçeklikte varlık ve “immersive etki” deneyimleri güçlendirilmiştir. Schuemie çalışmasında (2001), sanal gerçeklik kullanıcıların gerçeküstü bir deneyim yaşayarak, sanal dünyada “gerçekten orada” oldukları hissi deneyimlemelerini vurgulamaktadır (138).

360 derece videoların sanal gerçeklik gözlüğünde dış uyaranlara izole bir şekilde izlenmesi, detaylara derinlemesine odaklanmayı ve olay yerindeki çevresel sesler ile görüntülerin etkili analizini sağlamış, böylece izlenen 360 derece videolar güçlü bir “orada bulunma” hissi yaratmıştır. Ayrıca, olay yeri inceleme ekiplerinin gerçekleştirdiği delil numaralandırılması, olay yeri standart fotoğraf çekimi ve atış yönü tespiti gibi süreçler bu yöntem sayesinde ayrıntılı bir biçimde gözlemlenmiştir.

360 derece videoların izlenmesi sırasında Meta Quest-2’nin konsolları aracılığıyla delillere yakınlaştırma (zoom-in) yapılmıştır. Bu yöntem, olay yerindeki kritik detayları inceleme süreçlerini daha net bir şekilde görme ve analiz etme imkanı

sunarak, olay yeri incelemesinin etkinliğini ve doğruluğunu artırmada önemli bir rol oynamaktadır.

Sanal gerçeklik teknolojisi izleyicilere sahne içindeki belirli ayrıntılara odaklanma ve kendi bakış açılarını seçme özgürlüğü sağlamaktadır. 360 derece videoların sunmuş olduğu bu etkileşimli deneyim, kullanıcıların video içindeki dikkat çekici bölgelere kolaylıkla odaklanmalarını mümkün kılmaktadır (139).

Jeevitha tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada (2021), olay yeri incelemelerinde olay yerinin kapsamlı ve eksiksiz bir şekilde görüntülenmesinin önemi vurgulanmıştır. Çalışmada, insan müdahalesi ve diğer etkenlerden etkilenmeden önce gerçekleştirilen 360 derece video kayıtlarının, olay yerinin yeniden yapılandırılmasında kullanılan temel bir araç olduğu belirtilmiştir (140). Bu videolar, olay yerinin gerçekçi ve ayrıntılı bir kopyasının elde edilmesine olanak tanıyarak, adli incelemeler için değerli bir kaynak oluşturmakta ve olay yerinin sanal gerçeklik ortamında etkin bir şekilde yeniden oluşturulmasını sağlamaktadır.

360 derece video ve sanal gerçeklik teknolojinin uygulanması, adli bilimler alanında olay yeri araştırmalarını daha etkin hale getirme potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda, Corbillon ve arkadaşlarının (2017) araştırması da benzer bir yaklaşımı takip etmektedir. Bu teknolojinin sağladığı ultra yüksek çözünürlüklü küresel videolar, olay yerinin her açıdan tam bir görünümünü sunması sayesinde olay yeri incelemesi yapan adli araştırmacılara geniş bir perspektif sağlamaktadır. Araştırmada gerçekçilik ve detaylılık, video kalitesinin metrikleri olan Çok Ölçekli Yapısal Benzerlik (MS-SSIM) ve Tepe Sinyal Gürültü Oranı (PSNR) gibi ölçütler kullanılarak değerlendirilmiştir. Corbillon ve arkadaşlarının çalışmasında, 360 derece videoların olay yerinin yeniden oluşturulmasında sunduğu gerçekçilik ve detaylılık, bu videoların sağladığı geniş görüş açısı ve yüksek çözünürlük sayesinde geleneksel 2D video teknolojilerine kıyasla üstün bulunmuştur. 360 derece videolar olay yerinin geniş ve kapsamlı bir görünümünü sağlayarak adli araştırmacıların olay yeri analizlerini daha etkin ve doğru bir şekilde yapmalarına imkan tanımaktadır (141).

Bu bulgular, adli bilimler disiplinde teknolojik araçların kullanılmasının yaygınlaştırılması gereğini vurgulamakta; aynı zamanda olay yerini daha kapsamlı ve detaylı inceleme imkanı sunan yeni yöntemlerin geliştirilmesinin önemine dikkat çekmektedir.

Olay yeri inceleme süreçlerine 360 derece kamera ve sanal gerçeklik teknolojilerinin dahil edilmesi, adli süreçlere önemli ölçüde katkıda bulunurken, aynı zamanda tanıklar ve mağdurların ikincil travma deneyimlerini azaltmada etkili bir yöntem olarak yeni bir perspektif sunmaktadır. 2017 yılında Dath tarafından yazılan yüksek lisans tezinde (2017), İsveç Ulusal Adli Merkezi çalışanlarının ifadelerine dayanarak, tanıkların ve mağdurların olay yerine geri dönme konusunda tereddüt ettikleri belirtilmiştir (142). Kahil ve Palabıyıkoglu yaptıkları çalışmada (2018), birincil ve ikincil travmaya maruz kalan kişilerin tepkilerinin benzer olduğunu bildirmiştir. Kahil ve Palabıyıkoglu, yaptıkları çalışmada birincil maruziyette algılanan tehdidin özneye, ikincil maruziyette ise tehdidin etkileşimde bulunulan kişinin travmatik deneyimi ile ilişkili olduğunu vurgulamışlardır. Bu bağlamda ikincil travmaya maruz kalan kişilerin, tıpkı travmatik olayın merkezinde yer alan bir kişi gibi yeniden yaşama, kaçınma ve artan uyarılma belirtileri gösterdikleri ve günlük yaşamlarını sürdürmekte zorluk yaşayabilecekleri kaydedilmiştir (143). Bu çalışmalar, tanık ve mağdurların olay yerine dönerken yaşayabilecekleri ikincil travmanın anlaşılması ve yönetilmesi açısından önemlidir.

Sanal gerçeklik teknolojisi, doğrudan ve kişisel bir etkileşim sağlayarak, tanıklar için olay yerine dönüşü daha az travmatik hale getiren bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Sanal gerçeklik ortamında, başa takılan ekran (HMD) kullanıcıların görüş alanlarını 360 derece görüntülerle kaplayarak, izledikleri içeriği yoğun bir dalma ve gerçekçilik hissiyle deneyimlemelerini sağlamaktadır (144). Yargılama sürecinde tanıkların ve mağdurların, olay yerinin 360 derece videolarını sanal gerçeklik gözlükleri aracılığıyla izlemesi sayesinde ikincil travma etkilerinin azaltılabileceği düşünülmektedir. Sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanılması, tanıklar için fiziksel olarak olay yerine dönmenin getirdiği psikolojik riskleri azaltırken, aynı zamanda tanık ifadelerinin doğruluğunu ve detaylılığını artırmaya yardımcı olmaktadır.

Adli psikoloji ve psikiyatri alanında çalışan uzmanlar, vakaların çözümlemesinde olay yeri ve saha ziyaretlerinin katkısını önemle vurgulamaktadır (145). Bu ziyaretler, vakaların derinlemesine anlaşılmasını kolaylaştırarak tanıkların beyanlarının güvenilirliğini de artırmaktadır. Mohandie ve Meloy'a göre (2013), adli ruh sağlığı profesyonelleri için bu tür ziyaretler seyahat maliyetleri, resmi izin gereklilikleri, güvenlikle ilgili endişeler ve coğrafi engeller gibi faktörler nedeniyle

zorlaşabilmektedir. Sanal gerçeklik gözlüğü kullanılarak yapılan olay yeri keşifleri, bu ziyaretlerin maliyet ve izin gibi gereksinimlerini azaltırken, adli psikoloji ve adli psikiyatri alanlarında vakaların daha etkin bir şekilde incelenmesine katkıda bulunarak bu disiplinlerin metodolojik değerini artırmaktadır (145).

Suç mağdurları ve tanıklarla yapılan mülakatlar, özellikle fiziksel kanıtların az olduğu ve bu nedenle ana kanıtların görgü tanıklarının ifadelerinden geldiği soruşturmalarda büyük önem arz etmektedir (44). Bu durum, çocuk tanıkların ifadelerinin değerlendirilmesinde dikkatli olunması gerektiğini ve bu ifadelerin soruşturma sonuçları üzerinde büyük bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Çocukların olay yerindeki deneyimleri üzerine yapılan bir çalışmada, 4-13 yaş arasındaki 51 çocuk hem ofiste hem de olay yerinde mülakata tabi tutulmuş ve çocukların ofis ortamına kıyasla olay yerinde daha fazla detay hatırladıkları tespit edilmiştir (146).

Çocukların olay yerine fiziksel olarak gitmelerinin uygun olmadığı veya ruh sağlığı için potansiyel riskler barındırdığı durumlarda, sanal gerçeklik gözlüğü kullanılarak olay yerinin gösterilmesi, çocuklarda stres ve travma risklerini düşürebileceği ve aynı zamanda olayla ilgili detayları hatırlamalarına yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

Sanal gerçeklik ortamı, tanıkların olayı daha bütünsel bir şekilde tecrübe etmelerine olanak tanırken, aynı zamanda hafıza üzerindeki bilişsel yükü azaltarak bilgilerin doğru bir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır. Harman ve arkadaşlarının yaptığı bir araştırmada (2017), sanal gerçeklik (VR) gözlüğünün kullanımının, hafıza üzerindeki etkisine dikkat çekilmiştir. Yapılan araştırmada, kullanıcıların sanal gerçeklik (VR) ortamında sunulan bilgileri ne kadar etkili bir şekilde hatırlayabildikleri incelenmiştir. Bulgular, sanal gerçeklik (VR) gözlüğü kullanan bireylerin, standart bir monitörde sunulan bilgilere kıyasla daha yüksek hatırlama oranları gösterdiğini ortaya koymuştur (58). Sanal gerçeklik gözlüğü kullanımı, kullanıcıların sanal gerçeklik (VR) ortamında sunulan bilgilere dair hatırlama becerilerini, geleneksel ekranlara kıyasla belirgin şekilde artırmaktadır.

Stylianou ve arkadaşlarının 2021 tarihli araştırması, çocukların ve bakıcıların güvenlik ihtiyaçları üzerine yoğunlaşarak, güven inşası ve Child Trauma Response Team (CTRT) uygulamasının kritik önemini vurgulamaktadır (147). Bu çalışma,

çocukların olay yerine fiziksel olarak gitmelerinin uygun olmadığı durumlarda, sanal gerçeklik gibi alternatif metodların değerlendirilmesinin gerekliliğini destekler bir nitelik taşımaktadır

Sanal gerçeklik (VR), Schultheis ve Rizzo (2001) tarafından, kullanıcıların bilgisayar tarafından oluşturulan ortamlarla doğal bir şekilde etkileşim kurmalarını ve bu ortamlara tamamen dalabilmelerini sağlayan gelişmiş bir insan-bilgisayar ara yüzü olarak tanımlanmıştır (148). Sanal gerçeklik teknolojisi, olay yerine gitmenin yaratabileceği stres veya travma risklerini azaltırken, çocukların olayın ayrıntılarını görsel ve etkileşimli bir biçimde deneyimlemelerini sağlayacak bir çözüm olarak değerlendirilmektedir.

Nyman ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği araştırmada (2020), 37 üniversite öğrencisinin, hem 360 derece sanal gerçeklik (VR) hem de iki boyutlu (2D) formatlarda sunulan tehdit içeren ve içermeyen senaryolara verdikleri tepkiler incelenmiştir. Çalışma, sanal gerçeklik (VR), teknolojisinin gerçek hayattaki olayları taklit etme potansiyeli ve gerçekçi, sürükleyici deneyimler sunma kapasitesine dikkat çekmektedir (149).

Norman ve ekibi (2020), 18-46 yaş aralığındaki katılımcıların hazırlanan kurgusal suç senaryolarına katılımlarını ve sonrasında suçla ilgili ayrıntıları nasıl gizlediklerini incelemiştir. Bu senaryolarda, katılımcıların suçla ilgili ayrıntıları gizlemeleri beklenmiş, suç sahneleri 2D görüntüler ve sanal gerçeklik (VR) ortamları aracılığıyla sunulmuştur. Katılımcıların fizyolojik (kalp atış hızları ve deri iletkenlikleri) tepkileri ölçülerek suçla ilgili bilgileri tanıyıp tanımadıkları ve bunları gizleyip gizlemedikleri değerlendirilmiştir. Sanal gerçeklik (VR) ortamında sunulan suç nesnelerinin tanınma oranlarında, 2D görüntülere kıyasla %25'ten fazla artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar sanal gerçeklik ortamının suç sahnelerini, nesnelerin tanınmasını ve belirginliğini artırmasıyla sanık ifadelerinin doğruluğunun potansiyel olarak iyileşebileceğini göstermektedir (150).

Adli bilimler alanında sanal gerçeklik teknolojileri, mağdurların ve tanıkların yanı sıra suça karışmış bireyler üzerinde de etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Adli psikiyatri alanında gerçekleştirilen bir çalışmada, sanal gerçeklik (VR) teknolojisi kullanılarak cinsel suçluların sanal ortamdaki tepkileri incelenmiş ve bu sayede cinsel suç davranışlarının anlaşılmasına önemli katkılarda bulunulmuştur (151).

Cinsel istismar suçu toplumsal anlamda önemli bir sağlık sorunu olmakla birlikte, kısa ve uzun dönemde ortaya çıkabilecek sonuçları ele alındığında, psiko-sosyal ve hukuksal açıdan oldukça ciddi bir suç olarak kabul edilmektedir (152).

Fromberger ve arkadaşları (2018), sanal gerçeklik (VR) teknolojilerinin adli bilimlerdeki kullanımının, özellikle çocuk istismarcılarının tedavisindeki potansiyelini vurgulamışlardır. Çalışmalarında, çocuk istismarcılarının sanal risk durumlarındaki davranışları ile terapide öğrenilen başa çıkma stratejileri arasındaki uyumsuzluğu ortaya koyarak, bu teknolojinin terapistlere hastaların öğrendikleri stratejileri gerçekçi durumlarda uygulayıp uygulayamadıklarını değerlendirmede yardımcı olabileceğini göstermişlerdir (153).

Yine Fromberger ve arkadaşlarının 2018 yılındaki diğer bir çalışmasında, suçlular sanal gerçeklik (VR) teknolojisi kullanılarak suç durumlarına maruz bırakılmış ve tedavi sırasında öğretilen başa çıkma becerilerinin bu durumlarda nasıl uygulanabileceği incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, suçluların bu sanal ortamlarda öğretilen başa çıkma becerilerini uygulayabildikleri ve bu süreçte suçla ilgili davranışlarının daha güvenli bir şekilde değerlendirilebildiği belirlenmiştir (154).

Fromberger ve arkadaşları ilk çalışmasında sanal gerçekliğin cinsel saldırı suçlularında terapi süreçlerinde öğretilen başa çıkma stratejilerinin uygulanabilirliğine odaklanırken, ikinci çalışmalarında ise bu suçluların sanal risk durumlarında öğretilen başa çıkma yöntemlerini uygulayıp uygulamadıklarını incelemişlerdir. Bu çalışmalar sanal gerçeklik (VR) uygulamalarının gerçek hayata benzer duygusal yanıtları tetikleyebilme kapasitesi, sanal gerçekliğin adli bilimler ve terapi alanında nasıl yenilikçi bir yaklaşım sunduğunun bir örneği olarak değerlendirilmektedir.

Son yıllarda, sanal gerçeklik (VR) teknolojisi, özellikle psikolojik araştırmalar ve eğitim uygulamalarında önemli bir araç haline gelmiştir. Bir araştırmada (2020), daha önce sanal gerçeklik (VR) deneyimi olmayan 32 erkek katılımcı, kadına yönelik sözlü taciz içeren videoları sanal gerçeklik (VR) ortamında izlemiştir. Bu çalışmada, katılımcılar şiddet sahnelerini iki farklı modda deneyimlemişlerdir: Birinci şahıs perspektifinde, katılımcılar bir kadın avatarının yerine geçmişler ve bu avatar aracılığıyla olayları yaşamışlardır; üçüncü şahıs perspektifinde ise katılımcılar, olayları bir gözlemci olarak izlemişlerdir. Çalışmanın sonuçları, katılımcıların hem fizyolojik hem de davranışsal tepkiler gösterdiğini ortaya koymuştur. Özellikle, birinci şahıs

perspektifinde olan katılımcıların, şiddet sahnesine daha güçlü davranışsal tepkiler gösterdiği ve sanal erkeklerle daha fazla etkileşime girdiği gözlemlenmiştir. Bu bulgular, sanal gerçeklik ortamlarının, içsel ortak şiddeti anlamada ve şiddet mağdurlarıyla empati kurmada potansiyel bir araç olabileceğini göstermektedir (155).

Bu tez çalışmasının bir diğer odak noktası ise, adli bilimler eğitiminde sanal gerçeklik (VR) teknolojisinin kullanımının önemini vurgulamaktır. Özellikle olay yeri incelemesi ve adli olguların analizi gibi konularda lisansüstü eğitim sırasında ortaya çıkan saha deneyimi eksikliğinin sanal gerçeklik (VR) gözlüğü kullanılarak giderilebileceği düşünülmektedir. Gerçek veya simüle edilmiş olay yerlerinden toplanan 360 derece görüntüler, sanal gerçeklik (VR) teknolojisi aracılığıyla öğrencilere aktararak onlara interaktif ve gerçekçi bir eğitim deneyimi sunabilecektir.

Kader ve arkadaşlarının yürüttüğü çalışmada (2020), toplam 37 öğrenciye, 360 derece kamera kullanılarak oluşturulan olay yeri görüntüleri, sanal gerçeklik (VR) gözlüğü aracılığıyla sunulmuştur. COVID-19 pandemisi sırasında gerçekleştirilen bu çalışmada, katılımcı öğrencilerin %79'u sanal gerçeklik (VR) olay yeri deneyimini beğendiklerini ve %84'ü ise diğer öğrencilere bu deneyimi tavsiye ettiklerini belirtmiştir. Bu çalışma, özellikle zorlu pandemi şartları altında bile, adli bilimler eğitiminde VR kullanımının ne kadar yenilikçi ve etkili bir eğitim aracı olabileceğini göstermektedir (156).

Ayrıca araştırmalar, sanal gerçeklik teknolojisinin adli bilimler ve olay yeri incelemede problem çözme becerilerini öğrenmek ve uygulamak için faydalı bir araç olduğunu ortaya koymuştur. Khalilia ve arkadaşlarının (2022) yaptığı bir araştırmada, sanal gerçekliğin (VR) adli bilimler öğrencilerinin olay yeri inceleme becerilerini geliştirdiği gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, sanal gerçeklik gözlüğü (VR) kullanan öğrencilerin, geleneksel yöntemlerle eğitim gören öğrencilere göre, suç mahallini daha doğru bir şekilde analiz edebildiklerini ve kanıtları daha iyi tespit edebildiklerini göstermişlerdir (86).

Bu yenilikçi yaklaşımın, lisansüstü eğitimde gözlem ve uygulamaya dayalı öğrenmeyi önemli ölçüde güçlendirmesi ve adli bilimlerde saha uygulamaları için gerekli becerilerin geliştirilmesine büyük katkı sağlaması beklenmektedir.

Jurnet ve arkadaşlarının 2011 yılındaki çalışmasında, test kaygısını azaltmak ve akademik performansı artırmak amacıyla 210 öğrenci üzerinde bir deney yapılmıştır.

Katılımcıların ortalama yaşı 23.19 olup, Test Anksiyete Envanteri (TAI) tüm katılımcılara uygulanmıştır. Çalışmada sanal gerçeklik (VR) ortamlarına maruz bırakılan katılımcılar test kaygılarında önemli bir azalma ve akademik performanslarında artış göstermiş, sınavdan kaçınma oranları da düşmüştür (157).



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Olay yeri fotoğrafçılığı ve görüntüleme yöntemleri, olay yerinin dokümantasyonunda ve yeniden yapılandırılmasında, adli yargılama süreçlerindeki kritik önemi nedeniyle vazgeçilmez birer araç olarak öne çıkmaktadır. Mevcut çok sayıda veri kaynağı arasında fotoğraflar ve videolar, bulguların değerlendirilmesi bağlamında sahip oldukları somut ve görsel kanıt niteliği ile özgün bir değere sahiptir.

Başlangıcını analog teknolojilerin altyapısına borçlu olan dijital görüntü kayıt teknolojileri, zaman içinde sürekli bir değişim süreci geçirerek günümüze kadar çeşitli görüntü teknolojilerinin gelişmesine öncülük etmiştir. Dijitalleşmenin bu yolculuğu günlük yaşamımızdan profesyonel alanlara kadar geniş bir yelpazede özellikle de turizm, eğlence, eğitim ve adli bilimler gibi disiplinlerde derin etkiler yaratmıştır. Bu teknolojiler, suçların çözümünde kritik roller üstlenmekten, öğrenme materyallerini daha etkileşimli hale getirmeye, hatta uzaktan keşif ve analiz imkanları sunmaktan, kullanıcı deneyimini zenginleştirmeye kadar çok çeşitli uygulamalar sunmuştur. 360 derece kamera ve sanal gerçeklik teknolojileri adli bilimler disiplinlerini daha etkin ve verimli hale getirerek yeni imkanlar ve metodolojilerin kapılarını da aralamıştır.

Standart olay yeri görüntüleme tekniklerinin 360 derece kamera teknolojisi ile entegrasyonu, olay yerlerinin daha kapsamlı ve detaylı bir biçimde kaydedilmesine imkan tanımaktadır. 360 derece video çekimi, aynı zamanda olay yeri videolarının sanal gerçeklik gözlükleri aracılığıyla izlenmesine olanak sağlayarak, adli süreçlerde daha derinlemesine bir inceleme ve analiz imkanı sunmaktadır. 360 derece çekim yapılması, olay yerinin fiziksel koşullarının zamanla değişmesi veya bozulması halinde, olayın gerçekleştiği anın sanal bir kopyasının oluşturulup saklanabilmesi anlamına gelmektedir. Sanal ortamda saklanan bu veriler daha sonra adli incelemelerde, tanık ifadelerinin doğrulanmasında veya mahkeme süreçlerinde kullanılabilir. 360 derece kamera teknolojisi, olay yerinin orijinal durumunun korunmasının zor olduğu durumlarda; örneğin hava koşulları, insan müdahalesi veya zamanın geçişi nedeniyle bozulabilecek olay yerlerinde büyük önem taşımaktadır.

Tez çalışmasında 360 derece kameradan alınan verilerin boyutunun büyüklüğü ve görüntü işleme sırasında karşılaşılan zorluklar, aynı zamanda makro çekimlerde detayların kaybolması gibi olay yerinde 360 derece kamera teknolojisinin kullanımına

dair sınırlılıklara değinilmiştir. Buna karşın belirtilen tüm olumsuzluklara rağmen 360 derece görüntü teknolojisi, geleneksel fotoğraf ve video çekim tekniklerine göre olay yeri incelemelerinde belirgin avantajlar sunmaktadır. Bu yöntem, tek bir çekimle tüm çevreyi hızlı ve etkili bir şekilde kayıt altına alma kabiliyeti ile standart yöntemlerden ayrılarak, saha çalışmalarında delillerin ve olay yerinin daha iyi gözlemlenmesine olanak tanımaktadır.

360 derece kamera görüntülerinin sanal gerçeklik gözlükleri aracılığıyla izlenmesi, olay yerinin sanal bir rekonstrüksiyonunu gerçekleştirerek izleyicilere gerçekten olay yerindeymiş gibi bir deneyim yaşatmaktadır. Dolayısıyla, fiziksel olarak olay yerine erişimlerinin mümkün olmadığı sanık veya mağdurlar için sanal ortamda yapılan incelemeler, olay yerinin ve yaşananların detayları hakkında kapsamlı bilgiler sunmaktadır.

Sanal gerçeklik teknolojisi sadece mağdurlar ve tanıklar için değil, aynı zamanda cinsel saldırı suçlarının rehabilitasyon sürecinde de kullanılmaktadır. Cinsel saldırı suçları, toplumsal ve psiko-sosyal boyutlarıyla önemli bir suç olarak kabul edilmektedir. Bu tür suçluların rehabilitasyon süreçlerinde kullanılacak yeni yöntemler, hem onların topluma yeniden kazandırılmasına yardımcı olacak hem de rehabilitasyon süreçlerinin daha güvenli bir ortamda gerçekleştirilmesine olanak tanıyacaktır.

Mevcut araştırmalar, adli bilimler eğitimi alanındaki uygulama ve saha deneyimi eksikliklerinin sanal gerçeklik teknolojileri kullanılarak çözülebileceğini ortaya koymaktadır. Ülkemizde, olay yerine erişimin yalnızca yetkili savcı ve polis eşliğinde mümkün olması ve dava süreçlerinde yalnızca uzmanlar ile bilirkişilerin inceleme yapabilmesi göz önünde bulundurulduğunda, adli bilimler eğitimi gören öğrencilerin saha deneyimi eksikliği öğrenim deneyimleri için ciddi bir sorun teşkil edebilmektedir. Olay yeri inceleme ekipleri tarafından çekilen veya olay yeri inceleme şube müdürlükleri ile iş birliği içerisinde hazırlanan 360 derece olay yeri videoları kullanılarak adli bilimler öğrencileri saha deneyimi konusundaki eksikliklerini tamamlama imkanı bulacaktır. Olay yeri görüntülerinin yanı sıra, adli toksikoloji, otopsi ve kimliklendirme, adli psikoloji, adli travmatoloji ve adli entomoloji gibi alanlarda elde edilecek görüntülerle, adli bilimler anabilim dallarında kapsamlı bir “sanal kütüphane” oluşturulma potansiyeli de bulunmaktadır. Bu şekilde oluşturulacak sanal kütüphaneler

sayesinde, saha deneyimine ihtiyaç duyan disiplinler arası eğitim alan öğrencilerin bilgi ve beceri eksikliklerini tamamlamalarına destek sağlanacaktır.

Yapılan literatür taraması, ülkemizde 360 derece kamera teknolojileri konusunda çeşitli akademik araştırmaların gerçekleştirildiğini ortaya koymuştur. Bu alanda yapılan kapsamlı literatür taramaları sonucunda, mevcut tez çalışmasının adli bilimlerle ilgili 360 derece ve sanal gerçeklik teknolojileri üzerine yerli akademik literatürde bir ilk olma özelliği taşıdığı belirlenmiştir. Bu tez çalışmasının, Türkiye’de adli bilimlerin alanında 360 derece kamera ve sanal gerçeklik teknolojilerini inceleyen ilk akademik çalışma olması nedeniyle, gelecekte bu konuda yapılacak araştırmalara öncülük edeceği ve yol göstereceği beklenmektedir. Özellikle son dönemlerde ülkemizde adli bilimlerin programlarının sayısının artması ve bu alandaki yerli literatürde gözlemlenen eksiklikler göz önüne bulundurulduğunda, gerçekleştirilen çalışma yerli literatürün zenginleştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, yeni görüntü teknolojilerinin bu tarz kullanımının, adli süreçlerde delil toplama ve tanık ifadelerinin analizinde büyük bir dönüşüm oluşturacağı düşünülmektedir. Bu yeni yöntemler uygulanmakta olan olay yeri görüntüleme ve adli yargılama süreçlerine bir alternatif değil, aksine görüntülerin güvenilirliğini arttıracak destekleyici bir uygulamadır.

7. SINIRLILIKLAR

- ◇ Olay yeri çekimlerinin gerçekçiliğini sağlamak amacıyla makyaj ve senaryo açısından profesyonel bir ekip ile çalışılması,
- ◇ Çalışmayı yürütecek olan araştırmacının Radyo, Televizyon ve Sinema gibi ilgili alanlardan mezun olması,
- ◇ Olay yerinin gerçeğe uygun olması ve çekilen görüntülerin filmsel estetikten ziyade bilimsel veri olarak değerlendirilebilmesi için Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlükleri ile iş birliği yapılması,
- ◇ 360 derece videoların çekim sonrası düzenleme ve sanal gerçeklik gözlüğüne uyumlu hale getirilmesi için gereken iş yükü,
- ◇ Çekilen 360 derece görüntülerin yüksek veri boyutuna sahip olması nedeniyle, kullanılacak bilgisayarın yüksek donanımlı olması gerekliliği,
- ◇ Mevsimsel koşulların uygunluğuna bağlı olarak 360 derece kamerada ısınma sorunu oluşması,
- ◇ 360 derece kameranın karanlık ortamlarda görüntüde kumlanma yapması ve aydınlatma gereksinimi,

KAYNAKLAR

1. **Ritchin F, Yılmaz H, Kaya H.** *Fotoğrafıan Sonra.* İstanbul: Espas Sanat Kuramı Yayınları, **2012.**
2. **Bell A.** Crime Scene Photography in England, 1895–1960. *J Br Stud*, **2018**; 57(1):53-78.
3. **Kaşlı, E.** Kolluk Uygulamalarında Drone Kullanımı. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, **2022**; 14(26), 329-340.
4. **Barazzetti L, Previtali M, Roncoroni F.** Can we use low-cost 360 degree cameras to create accurate 3d models? *Int Arch Photogramm Remote Sens, Spatial Inf. Sci.*, **2018**; XLII-2:69-75.
5. **Lemley MA, Volokh E.** Law, Virtual Reality, and Augmented Reality. *SSRN Journal* (Electronic Journal), **2018**; (Erişim: <http://www.ssrn.com/abstract=2933867>)
6. **Salmanowitz N.** The impact of virtual reality on implicit racial bias and mock legal decisions. *Journal of Law and the Biosciences*, **2018**; 5(1):174-203.
7. **Wang J, Li Z, Hu W, Shao Y, Wang L, Wu R, vd.** Virtual reality and integrated crime scene scanning for immersive and heterogeneous crime scene reconstruction. *Forensic Science International*, **2019**; 303:109943.
8. **Sağlamtimur, Ö. Z.** Dijital Sanat. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, **2010**; 10/3. s.213-238.
9. **Yıldız, A.** Ceza Muhakemesi Hukukunda Keşif ve Yer Gösterme. *İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası*, **2007**; 1(65):127-73.
10. **Ventura S, Brivio E, Riva G, Baños RM.** Immersive versus non-immersive experience: Exploring the feasibility of memory assessment through 360° technology. *Front Psychol*, **2019**; 14:10:2509.
11. **Jani G, Johnson A.** Virtual reality and its transformation in forensic education and research practices. *Journal of Visual Communication in Medicine*, **2022**; 45(1):18-25.
12. **Maroukakis A, Troussas C, Krouska A, Sgouropoulou C.** Virtual reality in education: A review of learning theories, approaches and methodologies for the last decade. *Electronics*, **2023**; 12(13):2832.
13. **Mitić VV, Lazović G, Radosavljevic-Mihajlovic AS, Milosević D, Marković B, Simeunović D, Vlahović B.** Forensic science and fractal nature analysis. *Mod Phys Lett B*, **2021**; 35(32):2150493.
14. **Yaykın M.** *Fotoğraf İdeolojisi.* 2. Baskı, İstanbul: Kalkedon Yayıncılık, **2009.**
15. **Dufour D, Lebart L, Delage C, Weizman E.** Crime Scenes | A Hundred Years of Photographic Evidence. *Goldsmiths, University of London*, **2016**; Erişim: (<https://research.gold.ac.uk/id/eprint/26440/>) Erişim Tarihi: 19.02.2024
16. **Altes K.B., Ost A., Perez D., Constantino A., Carpenter K., Ferguson D., Bohne C.** In: *The International Encyclopedia of Biological Anthropology.* **Trevathan W., Cartmill M., Dufour D., Larsen C., ORourke D., Rosenberg K., Strier K.** Hoboken, NJ-USA: John Wiley & Sons, Inc, **2018.** Bertillon, Alphonse.

17. **Criminal Identification: The Bertillon System Cleveland Police Museum.** Erişim: (<https://www.clevelandpolicemuseum.org/historical/criminal-identification-the-bertillon-system/>) Erişim tarihi: 03.03.2024
18. **The Impact of Alphonse Bertillon's Work on Criminology and Modern Day Criminal Documentation.** Erişim: (<https://www.vancouverpolicemuseum.ca/post/the-impact-of-alphonse-bertillon-s-work-on-criminology-and-modern-day-criminal-documentation>) Erişim tarihi: 03.03.2024
19. **Bertillon A.** *Alphonse bertillon's instructions for taking descriptions for the identification of criminals, and others, by the means of anthropometric indications.* Chicago-USA: American Bertillon Prison Bureau, **1889.**
20. **Gridack PB.** Bringing bertillon back: The preservation and research application of Bertillon materials in museums, archives, and historical societies. *Journal of Archival Organization.* **2009;** 7(4):188-213.
21. **Jain AK, Pankanti S, Prabhakar S, Ross A.** *Recent Advances in Fingerprint Verification.* In: **Bigun J, Smeraldi F.** Audio and video-based biometric person authentication.. Berlin-Germany, **2001:** 90-182.
22. **Verhoff MA, Gehl A, Kettner M, Kreutz K, Ramsthaler F.** Digitale forensische Fotodokumentation. *Rechtsmedizin,* **2009;** 19(5):369-81.
23. **Yesodharan R, Renjith V, Kumar A, Nayak VC.** Forensic clinical photography: A game changer in medicolegal investigation and forensic science. *Indian Jour of Foren. Med. & Toxicol,* **2018;** 12(2):262.
24. **Geradts Z.** Image processing and analysis. In: **Jamieson A, Moenssens A.** Wiley Encyclopedia of Forensic Science, *Wiley,* **2013.**
- Erişim: (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470061589.fsa430.pub2>) Erişim tarihi: 19.02.2024) Erişim Tarihi: 19.02.2024
25. **Farihan Zahari, Azahar Harun, Nasreen Miza Hilmy Nasrijal.** A systematic literature review on the usage of digital photography at crime scene investigation process. *Journal of Pharmaceutical Negative Results,* **2022;** 13:2061-9.
26. **Fisher, B.A.J.** *Techniques of Crime Scene Investigation.* 7th Ed., New York; CRC Press, **2003.**
27. **Edelman GJ, Aalders MC.** Photogrammetry using visible, infrared, hyperspectral and thermal imaging of crime scenes. *Forensic Science International.* **2018;** 292:181-9.
28. **Azak Ü.** *Polis soruşturması ve sorgu teknikleri: açıklamalı ve örnekli.* Ankara; Emniyet Genel Müdürlüğü, **2001.**
29. **Alain W.** Overview of the forensic photography. *J Forensic Sci & Criminal Inves.* **2017;** 2(2): 555581.
30. **Adli Fotoğrafçılık (Manuel) Temel Eğitim Kitabı.** Ankara: Kriminal Polis Laboratuvarları Dairesi Başkanlığı Yayını; **2005.**
31. **Miller MT.** *Crime scene documentation-still photography.* In: Crime Scene Investigation Laboratory Manual, Elsevier; **2018.** 55-65.
- Erişim: (<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128128459000091>) Erişim Tarihi: 24.02.2024

32. Gardner RM. *Crime scene photography: Us perspective.* In: **Jamieson A, Moenssens A.** Wiley Encyclopedia of Forensic Science. Glaskow-UK: Wiley, **2009.**

Erişim: (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470061589.fsa616>) Erişim Tarihi: 19.02.2024

33. Çetin S. *Adli bilimlerde örnek alınması ve delil.* In: **CELBIŞ O.** Adli fotoğrafçılık ve örnek alımı. 2. Baskı, Ankara: Akademisyen Kitabevi, **2019.** 239-304.

34. Redi JA, Taktak W, Dugelay JL. Digital image forensics: A booklet for beginners. *Multimed Tools Appl.* **2011;** 51(1):133-62.

35. Yan W, Shen J, Cao Z, Dong X. Blockchain Based Digital Evidence Chain of Custody. In: Proceedings of the 2020, The 2nd International Conference on Blockchain Technology. Hilo-USA; 2020. 19-23

Erişim: (<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3390566.3391690>) Erişim Tarihi: 19.02.2024

36. Wright FD, Golden GS. The use of full spectrum digital photography for evidence collection and preservation in cases involving forensic odontology. *Forensic Science International.* **2010;** 201(1-3):59-67.

37. Greenwade LE, Overlin TK. *Limiting liability via high-resolution image processing.* In: **Overlin TK, Stevens KJ.** Boston; **1997.** 26-31.

38. Roy S, Chaudhuri SS. Single Image Very Deep Super Resolution (SIVDSR) Dehaze. In: 2021 *IEEE International Conference on Biomedical Engineering, Computer and Information Technology for Health (BECITHCON),* Dhaka-Bangladesh, 2021. 9-13.

Erişim: (<https://ieeexplore.ieee.org/document/9893583/>) Erişim Tarihi: 19.02.2024

39. Vatansever S, Dirik AE. Farklı çözünürlükteki sayısal imge ve videolar için PRNU tabanlı kaynak kamera tespiti üzerine bir çalışma. *NÖHÜ Müh. Bilim. Derg.,* **2023;** 12(3):692-8.

40. Chen M, Fridrich J, Goljan M, Lukas J. Determining image origin and integrity using sensor noise. *IEEE Trans Inform Forensic Secur,* **2008;** 3(1):74-90.

41. Stamm M, Bestagini P, Marcenaro L, Campisi P. Forensic camera model identification: Highlights from the IEEE Signal Processing Cup 2018 Student Competition. *IEEE Signal Processing Magazine,* **2018;** 35(5):168-74.

42. Faheem M, Kechadi T, Le-Khac NA. The state of the art forensic techniques in mobile cloud environment: A survey, challenges and current trends. *International Journal of Digital Crime and Forensics.* **2015;** 7(2):1-19.

43. Riggs C, Douglas T, Gagneja K. Image Mapping through Metadata. In: 2018 Third International Conference on Security of Smart Cities, Industrial Control System and Communications (SSIC). Shanghai-China, 2018. 1-8.

Erişim: (<https://ieeexplore.ieee.org/document/8556664/>) Erişim Tarihi: 19.02.2024

44. Kelty SF, Julian R, Robertson J. Professionalism in crime scene examination: the seven key attributes of top crime scene examiners. *Forensic Science Policy & Management: An International Journal.* **2011;** 2(4):175-86.

- 45. Crime Scene and DNA Basics for Forensic Analysts.** National Institute of Justice. Erişim: (<https://nij.ojp.gov/nij-hosted-online-training-courses/crime-scene-and-dna-basics-forensic-analysts/evidence-crime-scene/crime-scenes>) Erişim Tarihi: 19.02.2024
- 46. Gur A, Erim M, Karakose M.** Image Processing Based Approach for Crime Scene Investigation Using Drone. In: 2020 International Conference on Data Analytics for Business and Industry: Way Towards a Sustainable Economy. Sakheer-Bahrain, 2020: 1-6.
- Erişim: (<https://ieeexplore.ieee.org/document/9325606/>) Erişim Tarihi: 19.02.2024
- 47. Skalleberg AG, Bouzga MM.** Detecting and collecting traces of semen and blood from outdoor crime scenes using crime scene dogs and presumptive tests. *Forensic Science International*, **2016**; 264:146-52.
- 48. Baldino G, Ventura Spagnolo E, Fodale V, Pennisi C, Mondello C, Altadonna A, vd.** The application of 3D virtual models in the judicial inspection of indoor and outdoor crime scenes. *Atti Accad Pelorit Pericol Cl Sci Fis Mat Nat.*, **2023**; 101(S1):A17-1-A17-21.
- 49. Byers M, Russell M, Lockey DJ.** Clinical care in the “Hot Zone”. *Emergency Medicine Journal*. **2008**; 25(2):108-12.
- 50. Taner MT.** *Ceza Muhakemeleri Usulü*. İstanbul: İsmail Akgün matbaası; **1955**.
- 51. 5271 Sayılı Ceza Muhakemesi Kanunu.** (2004, 4 Aralık) Resmi Gazete (Sayı 25673) Erişim: (<https://www5.tbmm.gov.tr/kanunlar/k5271.html>) Erişim Tarihi: 20.02.2024
- 52. Guan W, Zhang L.** Narrative study on witnesses' involvement in their statements. *J Forensic Sci Med*. **2018**; 4(1):31.
- 53. Sullivan C, George SSt, Stolzenberg SN, Williams S, Lyon TD.** Imprecision About body mechanics when child witnesses are questioned about sexual abuse. *J Interpers Violence*, **2022**; 37(13-14)
- 54. Esposito M, Sessa F, Cocimano G, Zuccarello P, Roccuzzo S, Salerno M.** Advances in technologies in crime scene investigation. *Diagnostics*, **2023**; 13(20):3169.
- 55. Galanakis G, Zabulis X, Evdaimon T, Fikenscher SE, Allertseder S, Tsikrika T, vd.** A study of 3d digitisation modalities for crime scene investigation. *Forensic Sciences*, **2021**; 1(2):56-85.
- 56. Deffenbacher KA, Bornstein BH, Penrod SD, McGorty EK.** A meta-analytic review of the effects of high stress on eyewitness memory. *Law and Human Behavior*; **2004**; 28(6):687-706.
- 57. Valentine T, Mesout J.** Eyewitness identification under stress in the London dungeon. *Applied Cognitive Psychology*, **2009**; 23(2):151-61.
- 58. Joel Harman, Ross Brown, Daniel Johnson.** Improved Memory elicitation in virtual reality: New experimental results and insights. 16th IFIP Conference on Human-Computer Interaction (INTER-ACT), September 2017: Bombay-India. 128-146 Erişim: (https://link.springer.com/10.1007/978-3-319-67684-5_9) Erişim Tarihi: 19.02.2024
- 59. Monteleone V, Lo Presti L, La Cascia M.** Particle filtering for tracking in 360 degrees videos using virtual PTZ cameras. In: Ricci E, Rota Bulò S, Snoek C, Lanz O, Messelodi S, Sebe N. Image analysis and processing. 3rd International Conference On Intervention And Applied Psychology. Trento-Italy 2019: 71-81. Erişim: (https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-30642-7_7) Erişim Tarihi: 19.02.2024

60. Lee W, Chen H, Chen M, Shen I, Chen B. High-resolution 360 Video Foveated Stitching for Real-time VR. *Computer Graphics Forum*, **2017**; 36(7):115-23.
61. Lampropoulos G, Barkoukis V, Burden K, Anastasiadis T. 360-degree video in education: An overview and a comparative social media data analysis of the last decade. *Smart Learn Environ* **2021**; 8(1):20.
62. Gallagher AJ, Alsudairy NA, Shea BD, Payne NL, Duarte CM. First Application of 360-Degree Camera Technology to Marine Predator Bio-Logging. *Front Mar Sci.*, **2021**; 8:707376.
63. Hoehler MS. On the development of a transparent enclosure for 360° video cameras to observe severe fires in situ. *Fire Safety Journal*. **2021**; 120:103024.
64. Abate D, Toschi I, Sturdy-Colls C, Remondino F. A low-cost panoramic camera for the 3d documentation of contaminated crime scenes. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci*. **2017**; XLII-2/W8:1-8.
65. Engström P. *Virtual reality for crime scene visualization*. In: Son JY, Javidi B, Matoba O. *Three-Dimensional Imaging, Visualization and Display*, **2018**.
- Erişim: (<https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10666/2304653/Virtual-reality-for-crime-scene-visualization/10.1117/12.2304653.full>)
Erişim Tarihi: 19.02.2024
66. Comprehensive Overview of Best 360 Cameras in 2024. Erişim: (<https://www.prophotostudio.net/reviews/the-best-360-cameras-in-2024-comprehensive-guide/>)
Erişim Tarihi: 03.03.2024
67. The Best 360° Cameras On The Market Right Now (2024). Erişim adresi: (<https://panoraven.com/blog/en/360-best-cameras/>) Erişim Tarihi: 03.03.2024
68. De A. Azevedo RG, Birkbeck N, Janatra I, Adsumilli B, Frossard P. On the first JND and break in presence of 360-degree content: an exploratory study. In: *Proceedings of the 11th ACM Workshop on Immersive Mixed and Virtual Environment Systems*. Amherst-Massachusetts, 2019: 1-3. Erişim: (<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3304113.3326115>) Erişim Tarihi: 19.02.2024
69. Rosendahl P, Wagner I. 360° videos in education – A systematic literature review on application areas and future potentials. *Educ Inf Technol.*, **2024**; 29(2):1319-55.
70. Ünver S, Ulvi A. 360 derece panoramik sanal tur uygulaması mersin üniversitesi Çiftlikköy yerleşkesi örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, **2022**; 4(2):73-83.
71. Nunes TA, Lee H. Humanitarian documentary: A comparison study between VR and Non-VR Productions. *J Multimed Inf Syst.*, **2019**; 6(4):309-16.
72. Kim J, Kim K, Kim W. Impact of immersive virtual reality content using 360-degree videos in undergraduate education. *IEEE Trans Learning Technol.*, **2022**; 15(1):137-49.
73. Zulkiewicz BA, Boudewyns V, Gupta C, Kirschenbaum A, Lewis MA. Using 360-degree video as a research stimulus in digital health studies: Lessons learned. *JMIR Serious Games.*, **2020**; 8(1):e15422.
74. Rahimzhan S, Oztüren A, Ilkan M. Emerging realm of 360-degree technology to promote tourism destination. *Technology in Society*, **2020**; 63:101411.

75. **Mayne R, Green H.** Virtual reality for teaching and learning in crime scene investigation. *Science & Justice*, **2020**; 60(5):466-72.
76. **Mujber TS, Szeesi T, Hashmi MSJ.** Virtual reality applications in manufacturing process simulation. *Journal of Materials Processing Technology*, **2004**; 155-156:1834-8.
77. **Rizzo AA, Buckwalter JG, Neumann U.** Virtual reality and cognitive rehabilitation: A brief review of the future. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, **1997**; 12(6):1-15.
78. **Cipresso P, Giglioli IAC, Raya MA, Riva G.** The past, present, and future of virtual and augmented reality research: A network and cluster analysis of the literature. *Front Psychol*, **2018**; 9:2086.
79. **Slater M.** Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Phil Trans R Soc B*, **2009**; 364(1535):3549-57.
80. **Beverly E, Rigot B, Love C, Love M.** Perspectives of 360-degree cinematic virtual reality: interview study among health care professionals. *JMIR Med Educ*, **2022**; 8(2):e32657.
81. **Heeter C.** Being there: The subjective experience of presence. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*. **1992**; 1(2):262-71.
82. **Baños R, Botella C, García-Palacios A, Villa H, Perpiñá C, Gallardo M.** Psychological variables and reality judgment in virtual environments: The roles of absorption and dissociation. *CyberPsychology & Behavior*, **1999**; 2(2):143-8.
83. **Özdağ S, Vardar İnkaya B.** Kanser hastalarının ağrı ve kaygı yönetiminde sanal gerçeklik teknolojisi kullanımı. *Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, **2021**; 4(2):44-51.
84. **Aricak F, Çağlarer E.** Sanal gerçeklik teknolojisi ile engellilerin iş performansını geliştirme: potansiyeller ve sınırlılıklar. *ASOS*, **2023**; 142(142):384-92.
85. **Sunal G.** Sanal gerçeklik ve dijital sinemanın olanakları. *İnönü Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi* (Electronic Journal), **2016**; (2)294-309.
86. **Khalilia WM, Gombar M, Palkova Z, Palko M, Valicek J, Harnicarova M.** Using virtual reality as support to the learning process of forensic scenarios. *IEEE Access*, **2022**; 10:83297-310.
87. **Sieberth T, Dobay A, Affolter R, Ebert L.** A toolbox for the rapid prototyping of crime scene reconstructions in virtual reality. *Forensic Science International*, **2019**; 305:110006.
88. **Boos K, Chu D, Cuervo E.** FlashBack: Immersive Virtual reality on mobile devices via rendering memoization. *GetMobile: Mobile Comp and Comm*, **2017**; 20(4):23-7.
89. **Syukur A, Andono PN, Hastuti K, Syarif AM.** Immersive and challenging experiences through a virtual reality musical instruments game: An approach to gamelan preservation. *Journal of Metaverse*, **2023**; 3(1):34-42.
90. **Xu X, Chen KB, Lin JH, Radwin RG.** The accuracy of the Oculus Rift virtual reality head-mounted display during cervical spine mobility measurement. *Journal of Biomechanics*, **2015**; 48(4):721-4.
91. **Gsangaya MR, Htwe O, Selvi Naicker A, Md Yusoff BAH, Mohammad N, Soh EZF, vd.** Comparison between the effect of immersive virtual reality training versus conventional rehabilitation on limb loading and functional outcomes in patients after anterior cruciate

ligament reconstruction: A prospective randomized controlled trial. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*, **2023**; 34:28-37.

92. Cornet LJM, Van Gelder JL. Virtual reality: a use case for criminal justice practice. *Psychology, Crime & Law*, **2020**; 26(7):631-47.

93. Ticknor B. Using Virtual Reality to Treat Offenders: An Examination. *International Journal of Criminal Justice Sciences*, **2018**; 13(2):316-325.

94. GoPro MAX 360 Action Camera Erişim: (https://gopro.com/en/us/shop/cameras/max/CHDHZ-202-master.html) Erişim Tarihi: 03.03.2024

95. User Manual GoPro Max. Erişim: (https://gopro.com/content/dam/help/max/manuals/MAX_UM_ENG_REVB.pdf) Erişim Tarihi: 19.02.2024

96. This is GoPro MAX: Tech, Specs + More | GoPro. Erişim: (https://gopro.com/en/au/news/max-tech-specs-stitching-resolution) Erişim Tarihi: 03.03.2024

97. Sony Türkiye, Alpha 7 III Fotoğraf Makinesi. Erişim: (https://www.sony.com.tr/interchangeable-lens-cameras/products/ilce-7m3-body-kit) Erişim Tarihi: 19.02.2024

98. Condon M. Shotkit. We Asked 1,000 Photographers What Camera They Use in 2024. Erişim: (https://shotkit.com/camera-survey/) Erişim Tarihi: 19.02.2024

99. Sony A7 III 28-70mm OSS Lens Kit. Erişim: (https://www.novafotograf.com/urun/sony-a7-iii-28-70mm-fotograf-makinesi) Erişim Tarihi: 03.03.2024

100. Samyang 100mm T3.1 VDSLR II Macro Cine Lens. Erişim: (https://www.oktostore.com/samyang-100mm-t3-1-vdslr-ii-macro-cine-lens) Erişim Tarihi: 19.02.2024

101. Addison atr-119 55-119 cm taşıma çantalı alüminyum tripod- Vatan Bilgisayar. Erişim: (https://www.vatanbilgisayar.com/addison-atr-119-55-119-cm-tasima-cantali-aluminyum-tripod.html) Erişim Tarihi: 03.03.2024

102. Duncan CD. Advanced Crime Scene Photography. 3rd Edition, Boca Raton: CRC Press, **2023**.

103. İrali AE. Sanal gerçeklik gözlüğü reklamlarına yönelik bir içerik ve duygu analizi çalışması: Quest 2 örneği. *TRT Akademi*, **2023**; 8(17):218-45.

104. Meta Quest 2: Immersive All-In-One VR Headset | Meta Store | Meta Store Erişim: (https://www.meta.com/quest/products/quest-2/) Erişim Tarihi: 24.03.2024

105. Oculus Quest 2 review Erişim: (https://www.engadget.com/oculus-quest-2-review-vr-facebook-headset-173026291-173042930.html) Erişim Tarihi: 03.03.2024

106. Moreau D. Fundamental Principles and Theory of Crime Scene Photography 1995 19 Şubat 2024]. Erişim adresi: (https://www.ojp.gov/ncjrs/virtual-library/abstracts/fundamental-principles-and-theory-crime-scene-photography) Erişim Tarihi: 19.02.2024

107. Gouse S, Karnam S, Girish H, Murgod S. Forensic photography: Prospect through the lens. *J Forensic Dent Sci.* 2018;10(1):2.

108. He L, Jian B, Wen Y, Zhu H, Liu K, Feng W. Rethinking Supervised Depth Estimation for 360° Panoramic Imagery. In: 2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. New Orleans-USA, **2022**; 5169-77.
109. Erişim: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9857323/> Erişim Tarihi:19.02.2024
110. Cameron J, Gould G, Adrian M, Chen A, Lui S. 360 Essentials: A Beginner's Guide to Immersive Video Storytelling
111. Erişim: (https://openlibrary-repo.ecampusontario.ca/jspui/bitstream/123456789/901/3/360-Essentials-A-Beginners-Guide-to-Immersive-Video-Storytelling-1622558250._print.pdf) Erişim Tarihi: 19.02.2024
112. Robinson EM. *Crime Scene Photography*. Washington: Academic Press, **2010**.
113. Zhou Y, Chen Z, Liu S. Fast sample adaptive offset algorithm for 360-degree video coding. *Signal Processing: Image Communication*. **2020**; 80:115634.
114. Brauer-Burchardt C, Voss K. A new algorithm to correct fish-eye- and strong wide-angle-lens-distortion from single images. In: Proceedings 2001 International Conference on Image Processing) Thessaloniki-Greece, IEEE; 2001: 225-8. Erişim: (<http://ieeexplore.ieee.org/document/958994/>) Erişim Tarihi:19.02.2024
115. Sony A7 III + 28-70 mm Lens Aynasız Fotoğraf Makinesi Fiyatları Özellikleri ve Yorumları
116. Erişim: (<https://www.akakce.com/fotograf-makinesi/en-ucuz-sony-a7-iii-28-70-mm-lens-fiyati,209457499.html>) Erişim Tarihi:19.02.2024
117. GoPro Max 360 Derece Aksiyon Kamera Fiyatları, Özellikleri ve Yorumları Erişim: (<https://www.akakce.com/aksiyon-kamera/en-ucuz-gopro-max-360-derece-fiyati,543688031.html>) Erişim Tarihi: 19.02.2024
118. Staggs S. *Crime Scene and Evidence Photography*. 2nd Ed., California: Steven Staggs, **2017**
119. Kumar N. Forensic photography concepts and applications for better crime scene examination. *IJFSC*, **2023**; 8(1):1-6.
120. Mendis NDNA. Forensic Photography: Concepts and Applications for better crime scene examination. *Medico-Legal J SL*, **2021**;9(1):47.
121. Porter G. A New Theoretical framework regarding the application and reliability of photographic evidence. *The International Journal of Evidence & Proof*, **2011**; 15(1):26-61.
122. Ebert LC, Nguyen TT, Breitbeck R, Braun M, Thali MJ, Ross S. The forensic holodeck: an immersive display for forensic crime scene reconstructions. *Forensic Sci Med Pathol*, **2014**; 10(4):623-6.
123. Huang K, Zhang F, Zhao J, Li Y, Dodgson N. 360° stereo image composition with depth adaption. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (Electronic Journal), **2023**; 1(27):1-14
124. Erişim: (<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10298822>)
125. De Leeuwe R. The hiatus in crime scene documentation: Visualisation of the location of evidence. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, **2017**; 8:13-6.
126. Maneli MA, Isafiade OE. 3D Forensic Crime Scene Reconstruction Involving Immersive Technology: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, **2022**; 10:88821-57.

127. Ullah F, Kwon OJ, Choi S. Generation of a panorama compatible with the jpeg 360 international standard using a single PTZ camera. *Applied Sciences*, **2021**;11(22):11019.
128. Kang J, Kim J, Lee I, Kim K. Minimum error seam-based efficient panorama video stitching method robust to parallax. *IEEE Access*. **2019**; 7:167127-40.
129. Cinnamon J, Jahiu L. 360-degree video for virtual place-based research: A review and research agenda. *Computers, Environment and Urban Systems*, **2023**; 106:102044.
130. Sheppard K, Fieldhouse SJ, Cassella JP. Simultaneous detection and image capture of biological evidence using a combined 360° camera system with single wavelength laser illumination. *Science & Justice*, Ocak **2019**; 59(1):75-82.
131. Janiszewski M, Torkan M, Uotinen L, Rinne M. Rapid Photogrammetry with a 360-Degree Camera for Tunnel Mapping. *Remote Sensing*, **2022**;14(21):5494.
132. Gavrilov D, Obradovic-Djuricic K. Photography in dentistry. *Stomatol Glas Srb*, **2006**; 53(4):253-60.
133. Çetli E, Özkoçak V, Tatar D. The role of silica nanoparticle in fingerprint visualization studies. *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, **2022**; 6(1):27-41.
134. Tang C, Wang O, Liu F, Tan P. Joint Stabilization and Direction of 360° Videos. *ACM Trans Graph*, **2019**; 38(2):1-13.
135. Ho T, Budagavi M. Dual-fisheye lens stitching for 360-degree imaging. In: 2017 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) New Orleans-USA, IEEE; 2017: 2172-6. Erişim: (<http://ieeexplore.ieee.org/document/7952541/>) Erişim Tarihi: 19.02.2024
136. Xu M, Li C, Zhang S, Callet PL. State-of-the-Art in 360° video/image processing: Perception, assessment and compression. *IEEE J Sel Top Signal Process*, **2020**; 14(1):5-26.
137. Bostanci E. 3d reconstruction of crime scenes and design considerations for an interactive investigation tool. *IJISS*, **2015**; 4(2) 50-58.
138. Kassin SM, Garfield DA. Blood and Guts: General and trial-specific effects of videotaped crime scenes on mock jurors, *J Applied Social Psychol*, **1991**; 21(18):1459-72.
139. Hussain I, Kwon OJ, Choi S. Evaluating the coding performance of 360° image projection formats using objective quality metrics. *Symmetry*, **2021**; 13(1):80.
140. Flicker. Erişim: (<https://www.red.com/red-101/flicker-free-video-tutorial>) Erişim Tarihi: 19.02.2024
141. Birze A, Regehr K, Regehr C. Workplace Trauma in a Digital Age: The Impact of Video Evidence of Violent Crime on Criminal Justice Professionals. *J Interpers Violence*, **2023**;38(1-2):1654-89.
142. Schuemie Mj, Van Der Straaten P, Krijn M, Van Der Mast Capg. Research on presence in virtual reality: A survey. *CyberPsychology & Behavior*, **2001**; 4(2):183-201.
143. Cheng HT, Chao CH, Dong JD, Wen HK, Liu TL, Sun M. Cube Padding for Weakly-Supervised Saliency Prediction in 360° Videos. In: 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Salt Lake City-UT 2018: 1420-9.
144. Erişim: (<https://ieeexplore.ieee.org/document/8578252/>) Erişim Adresi: 19.02.2024

145. **Jeevitha R.** Virtual crime scene investigation and evidence protection. *Engineering and Scientific International Journal*, **2021**; 8(3): 92-94
146. **Corbillon X, Simon G, Devlic A, Chakareski J.** Viewport-adaptive navigable 360-degree video delivery. In: 2017 IEEE International Conference on Communications (ICC) Paris,- France 2017: 1-7. Erişim: (<http://ieeexplore.ieee.org/document/7996611/>) Erişim Tarihi: 19.02.2024
147. **Dath C.** Crime Scenes in Virtual Reality: A User Centered Study. Master's Thesis, Royal Institute of Technology in Stockholm, Sweden, **2017**.
148. **Kahil A, Palabıyıkoglu NR.** İkincil Travmatik Stres. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, **2018**; 10(1):59-70.
149. **Kim M, Lee J, Jeon C, Kim J.** A study on interaction of gaze pointer-based user interface in mobile virtual reality environment. *Symmetry*, **2017**; 9(9):189.
150. **Mohandie K, Meloy JR.** the value of crime scene and site visitation by forensic psychologists and psychiatrists. *Journal of Forensic Sciences*, **2013**; 58(3):719-23.
151. **Hershkowitz I, Orbach Y, Lamb ME, Sternberg KJ, Horowitz D, Hovav M.** Visiting the scene of the crime: Effects on children's recall of alleged abuse. *Legal Criminol Psychol*, **1998**; 3(2):195-207.
152. **Stylianou AM, Nikolova K, Ebright E, Rodriguez A.** Predictors of family engagement in child post-traumatic stress disorder screening following exposure to intimate partner violence. *J Interpers Violence*, **2022**; 37(3-4):NP2012-37.
153. **Schultheis MT, Rizzo AA.** The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabilitation Psychology*, **2001**; 46(3):296-311.
154. **Nyman TJ, Antfolk J, Lampinen JM, Korkman J, Santtila P.** Eyewitness identifications after witnessing threatening and non-threatening scenes in 360-degree virtual reality (or 2D) from first and third person perspectives. *Plos One*, **2020**;15(9):e0238292.
155. **Norman DG, Wade KA, Williams MA, Watson DG.** Caught virtually lying—crime scenes in virtual reality help to expose suspects' concealed recognition. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, **2020**; 9(1):118-27.
156. **Benbouriche M, Nolet K, Trottier D, Renaud P.** Virtual reality applications in forensic psychiatry, In: Proceedings of the 2014 Virtual Reality International Conference Laval-France 2014: 1-4. Erişim: (<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2617841.2620692>) Erişim Tarihi:19.02.2024
157. **Firat S, İltas Y, Gülmen MK.** Türk Ceza Kanunu'nda çocukların cinsel istismar suçu: Beş olgu sunumu. *The Bulletin of Legal Medicine*, **2017**; 22:76-81.
158. **Fromberger P, Jordan K, Müller JL.** Virtual reality applications for diagnosis, risk assessment and therapy of child abusers. *Behavioral Sci & The Law*, **2018**; 36(2):235-44.
159. **Fromberger P, Meyer S, Jordan K, Müller JL.** Behavioral monitoring of sexual offenders against children in virtual risk situations: A feasibility study. *Front Psychol*, **2018**;9:224.
160. **Gonzalez-Liencre C, Zapata LE, Iruretagoyena G, Seinfeld S, Perez-Mendez L, Arroyo-Palacios J, vd.** Being the victim of intimate partner violence in virtual reality: First-versus third-person perspective. *Front Psychol*, **2020**; 11:820.

- 161. Kader SN, Ng WB, Tan SWL, Fung FM.** Building an interactive immersive virtual reality crime scene for future chemists to learn forensic science chemistry. *J Chem Educ*, **2020**; 97(9):2651-6.
- 162. Alsina-Jurnet I, Gutiérrez-Maldonado J, Rangel-Gómez MV.** The role of presence in the level of anxiety experienced in clinical virtual environments. *Computers in Human Behavior*, **2011**; 27(1):504-12.



EKLER

Ek-1. Yönetim Kurulu Kararı

Evrak Tarih ve Sayısı: 27/09/2021-6335

Ç.Ü. BAĞIMLILIK VE ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ YÖNETİM KURULU KARARLARI

TOPLANTI SAYISI	KARAR SAYISI	TOPLANTI TARİHİ	Ek-1
18	11	24.09.2021	

24.09.2021 tarihinde saat 11.30'da toplanan Enstitü Yönetim Kurulunca aşağıdaki kararlar oy birliği ile kabul edildi.

KARAR 5- Adli Bilimler Anabilim Dalı Doktora öğrencisi 2018944001 No'lu Burak YEDEKÇİ'nin Tez Önerisine ait 22.09.2021 tarihli ve 16/2 sayılı Akademik Kurul Kararı görüşüldü.

Adli Bilimler Anabilim Dalı Doktora öğrencisi 2018944001 No'lu' Burak YEDEKÇİ'nin "**Olay Yeriinde 360 Derece Kamera ve Sanal Uygulamaları**" başlıklı Doktora Tez Önerisine ait Akademik Kurul Kararının kabulüne ve kararın Anabilim Dalı ile öğrencinin Danışmanına bildirilmesine oy birliği ile karar verildi.

e-imzalıdır

Prof. Dr. Necmi ÇEKİN (Enstitü Müdürü)
Başkan

e-imzalıdır

Prof. Dr. M. Ata SEÇİLMİŞ (Enstitü Müdür Yrd.)
Üye

e-imzalıdır

Prof. Dr. Ayşe SERİN (Enstitü Müdür Yrd.)
Üye

e-imzalıdır

Prof. Dr. Gonca KARAKUŞ
Üye

e-imzalıdır

Prof. Dr. Fulya CENKSEVEN ÖNDER
Üye

e-imzalıdır

Prof. Dr. Naime Zülal ELEKCİOĞLU
Üye

Ek-2. Adana İl Emniyet Müdürlüğü İş Birliği Yazısı



T.C
ADANA VALİLİĞİ
İl Emniyet Müdürlüğü

Sayı : E-75027471 -91602-2023051814043908356
Konu : Tez Çalışması İzni (Burak
YEDEKÇİ)

29.05.2023

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Öğrenci İşleri Daire Başkanlığına)

- İlgi a) Çukurova Üniversitesinin 03.04.2023 tarih E-27224817-044-671924 Sayılı Yazısı.
b) Valilik Makamının 06.04.2023 tarih ve 8932 sayılı sevk onayı.

İlgi (a) ve (b) sayılı yazılara istinaden Doç. Dr. Sunay FIRAT danışmanlığında Çukurova Üniversitesi, Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü, Adli Bilimler Anabilim Dalı Doktora Programında 2018944001 nolu öğrenci Burak YEDEKÇİ tarafından yürütülen; “**Olay Yerinde 360 Kamera ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları**” başlıklı doktora tez çalışması kapsamında Müdürlüğümüzce destek olunması istenilmiştir.

Bu bağlamda konu ile ilgili olarak **Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğümüz** tarafından olay yeri tasarımı ve canlandırmasına ilişkin **kurumlarımızın karşılıklı belirleyeceği uygun bir tarihte** refakat ve mentorluk konusunda destek olunması hususları uygun görülmüştür.

Bilgilerinize arz ederim.

Yılmaz ACAR
İl Emniyet Müdürü a.
İl Emniyet Müdür Yardımcısı
2. Sınıf Emniyet Müdürü

E-İMZALI

Ek : Yazı ve Ekleri.tif

Ek-3. Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü Çekim ve Mekan Kullanım İzinleri

31/07/2023-757205



T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığı

Sayı : E-82295611-756.02-757205
Konu : Tez Çalışma Uygulama İzni

31/07/2023

ÖĞRENCİ İŞLERİ DAİRE BAŞKANLIĞINA

İlgi : 25.07.2023 tarihli ve E.753079 sayılı yazınız.

Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü Müdürlüğünün ilgede kayıtlı yazısı gereği, anılan Birim doktora öğrencisi Burak YEDEKÇİ'nin tez çalışması kapsamında kampüste yer tahsisi ile ilgili talebine ilişkin Başkanlığınızdan görüş sorulmuştur.

Buna göre, 1 Eylül- 30 Kasım 2023 tarihleri arasında tez çalışması uygulamaları talebiniz Güvenlik Müdürlüğünün uygun gördüğü mekanda olmak üzere Rektörlüğümüz tarafından uygun görülmüştür. Bilgilerinizi ve gereğini arz ederim.

Tülay DURAN
Daire Başkanı

Ek:Yazı ve Eki (2 Sayfa)

03/08/2023-757944



**T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı**

Sayı : E-27224817-044-757944
Konu : Tez Çalışması (Burak YEDEKÇİ)

03/08/2023

BAĞIMLILIK VE ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 20.07.2023 tarihli ve 750321 sayılı yazınız.

Enstitünüz Adli Bilimler Anabilim Dalı doktora öğrencisi Burak YEDEKÇİ'nin tez çalışması kapsamında kampüste yer tahsisi ile ilgili İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığının 31.07.2023 tarihli ve 757205 sayılı yazısı ekte gönderilmiştir.
Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Neslihan BOYAN
Rektör Yardımcısı

Ek:Yazı (1 sayfa)

02/08/2023-759203



T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığı

Sayı : E-34996475-622.02-759203
Konu : Etkinlik İzni Hakkında

02/08/2023

BAĞIMLILIK VE ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 20.07.2023 tarihli ve 750321 sayılı yazınız.

01 Eylül 2023-30 Kasım 2023 tarihleri arasında danışmanlığını Doç. Dr. Sunay FIRAT' ın yürüttüğü Adli Bilimler Anabilim Dalı 2018944001 numaralı Burak YEDEKÇİ' nin Olay Yeri 360° Kamera ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları doktora tez çalışması kapsamında yapılması planlanan **Olay Yeri Canlandırma** etkinliği için talep etmiş olduğunuz iç ve dış mekanların önceden ilgili birimlere ve Güvenlik Şube Müdürlüğüne bilgi verilmesi koşuluyla Rektörlüğümüzce uygun görülmüştür. Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. İlter ÜNLÜKAPLAN
Rektör Yardımcısı

Ek-4. Katılımcı Onam Formu

AYDINLATILMIŞ ONAM

Çukurova Üniversitesi, Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü, Adli Bilimler Anabilim Dalı Doktora Programında Doç. Dr. Sunay FIRAT'ın danışmanlığında yürütülen ve 2018944001 nolu öğrenci Burak YEDEKÇİ'nin **“Olay Yerinde 360 Kamera ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları”** başlıklı tez çalışması kapsamında **“Olay Yeri Canlandırması”**nın yapılması planlanmıştır. T.C. Adana Valiliği, İl Emniyet Müdürlüğü'nün refakat ve mentorlüğünde adı geçen tez çalışmasının kampüste uygulamalarının yapılabilmesi ve uygulama alanlarının kullanım izinleri için her iki kurumdan da gerekli izinler resmi olarak alınmıştır.

Tez çalışması sırasında sizlerin desteği ve mentorlüğü sırasında;

- Vereceğiniz tüm bilgiler ve destekler bilimsel amaçlar için kullanılmaktadır.
- Çalışmaya katılan kişilere isim ve soy isim sorulmamaktadır.
- Mentorlüğünüz kapsamında tez çalışmasına destek amaçlı yaptığınız açıklamalar, hakkınızda kanıt olarak kullanılmaz.
- Tez çalışması kapsamında çekilen tüm görüntülerimin tüm Türkiye içi, Avrupa ve dünya genelindeki bilimsel kongrelerde, sempozyumlarda ve çalıştaylarda; bilimsel ve akademik çalışmalar kapsamında süresiz olarak kullanılmasına, yayınlanmasına hiçbir baskı altında kalmadan kendi rızamla izin veririm ve feragat ederim.
- Bugün veya ileri bir tarihte bundan vazgeçmeyeceğimi hiçbir şekilde dava konusu edemeyeceğimi bugünden beyan ederim. 09/09/2023

Çalışmaya katıldığınız için teşekkür ederiz.

☐

Çalışmaya katılmak istiyorum.

☐

Çalışmaya katılmak istemiyorum.

Tarih:

İmza:

Ek-5. Katılımcı Muvafakatname

MUVAFAKTNAME

Çukurova Üniversitesi, Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü, Adli Bilimler Anabilim Dalı Doktora Programında Doç. Dr. Sunay FIRAT'ın danışmanlığında yürütülen ve 2018944001 nolu öğrenci Burak YEDEKÇİ'nin **“Olay Yerinde 360 Kamera ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları”** başlıklı tez çalışması kapsamında **“Olay Yeri Canlandırması”**nın yapılması planlanmıştır. T.C. Adana Valiliği, İl Emniyet Müdürlüğü'nün refakat ve mentorluğünde adı geçen tez çalışmasının kampüste uygulamalarının yapılabilmesi ve uygulama alanlarının kullanım izinleri için her iki kurumdan da gerekli izinler resmi olarak alınmıştır.

Tez çalışması sırasında, mentorluğüm ve desteğim kapsamında;

- Tez çalışması kapsamında çekilen tüm görüntülerimin tüm Türkiye içi, Avrupa ve dünya genelindeki bilimsel kongrelerde, sempozyumlarda ve çalıştaylarda; bilimsel ve akademik çalışmalar kapsamında süresiz olarak kullanılmasına, yayınlanmasına hiçbir baskı altında kalmadan kendi rızamla izin veririm ve feragat ederim.
- Bugün veya ileri bir tarihte bundan vazgeçmeyeceğimi hiçbir şekilde dava konusu edemeyeceğimi bugünden beyan ederim. 09/09/2023

Ad – Soyad :

T.C.Kimlik Numarası :

Tarih :

İmza :

ÖZGEÇMİŞ

Burak Yedekçi Ege Üniversitesi İletişim Fakültesi, Radyo, Televizyon ve Sinema Bölümü, Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Madde Bağımlılığı Tezli Yüksek Lisans Programını Tamamladı. Ardından 2018 yılında Çukurova Üniversitesi Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü Adli Bilimler Anabilim Dalında Doktora programına başladı. 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu ile Telif Hakları Alanında Meslek Birlikleri Yönetmeliği hükümleri uyarınca kurulmuş olan, Sinema Eseri Yapımcıları Meslek Birliği (SEYAP) ve Belgesel Sinemacılar Birliği (BSB) Üyesidir.

