

# Dijital Adli Bilişimde Medya Dosyalarının Analizi ve Delil Olarak Değerlendirilmesi: 2025 Yılında Öne Çıkan Teknikler ve Trendler

## Giriş

Dijital adli bilişim, modern adalet sistemleri ve siber güvenlik için vazgeçilmez bir alan haline gelmiştir. Dijital cihazların, bulut bilişimin, yapay zekanın (YZ) ve Nesnelerin İnterneti'nin (IoT) yaygınlaşmasıyla birlikte, görsel ve işitsel kanıtların toplanması, kurtarılması ve detaylı analizi kritik bir önem taşımaktadır.<sup>1</sup> Bu rapor, 2025 yılı için dijital adli bilişimde medya dosyalarının metadata analizi ve adli delil olarak değerlendirilmesi alanındaki en güncel ve etkili on tekniği/trendi derinlemesine incelemekte ve bu tekniklerin mevcut bir proje kapsamında geliştirilen araçla nasıl entegre edilebileceğini ortaya koymaktadır. Temel amaç, çeşitli dijital depolama ortamlarından silinmiş veya erişilemeyen fotoğraf ve medya dosyalarını (JPEG, PNG, HEIC, MP4, MP3 gibi yaygın formatlar dahil) güvenli ve eksiksiz bir şekilde çıkararak, adli soruşturmalarda kullanılabilecek değerli üst verileri (metadata) elde etmektir. Proje, dosyaların EXIF ve MediaInfo gibi zengin metadata bilgilerini (çekim tarihi, kamera modeli, GPS koordinatları, dosya türü, boyut, süre vb.) otomatik olarak ayıklayacak, bu verileri JSON, CSV ve TXT formatlarında raporlayacak ve özellikle GPS verileri içeren görüntüler için Google Haritalar bağlantıları oluşturacaktır. Bu kapsamlı yaklaşım, dijital kanıtların bütünlüğünü koruyarak, analiz süreçlerini hızlandıracak ve adli soruşturmaların etkinliğini artıracaktır.

## 1. YZ Destekli Deepfake Tespiti ve Medya Doğrulama

Bu teknik, görsel ve işitsel dijital medyanın orijinallliğini tespit etmek ve doğrulamak için Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi, özellikle derin öğrenme modellerinden yararlanmayı ifade eder. Amacı, gerçek içeriği, deepfake ve shallowfake gibi, gerçek kişileri ve olayları giderek artan bir gerçekçilikle taklit eden sofistike bilgisayar tabanlı manipülasyonlardan ayırmaktır.<sup>2</sup> İnsan gözüyle algılanamayan ince tutarsızlıkları tespit ederek dijital kanıtların bütünlüğünü sağlamak hedeflenir.<sup>5</sup>

### 2025 Etkileri ve Uygulama Alanları

- **Yanlış Bilgi ve Dolandırıcılıkla Mücadele:** Dünya Ekonomik Forumu'nun 2025 Küresel Riskler Raporu, deepfake'leri kamu güvenliğini sarsan, yönetimi istikrarsızlaştıran ve kamu güvenliğini tehlikeye atan en önemli kısa vadeli küresel risk olarak tanımlamaktadır.<sup>2</sup> YZ destekli tespit, karalama, dolandırıcılık veya yanlış bilgi yayma gibi suç faaliyetlerinde kullanılan sahte materyalleri belirlemek için

hayati öneme sahiptir.<sup>2</sup>

- **Yasal Süreçlerde Delil Bütünlüğü:** Manipüle edilmiş içerikten gerçek içeriği ayırma yeteneği, kolluk kuvvetleri ve yargı sistemleri için zorlu bir görevdir.<sup>2</sup> Yanıltıcı dijital kanıtların soruşturmaları aksatmasını ve haksız mahkumiyetlere yol açmasını önlemek için gelişmiş teknikler esastır.<sup>2</sup>
- **Gerçek Zamanlı Tespit ve Proaktif Savunma:** YZ algoritmaları, video karelerindeki, ses frekanslarındaki veya piksel desenlerindeki ince tutarsızlıkları gerçek zamanlı olarak belirlemeye yardımcı olacaktır.<sup>5</sup> Bu, ses<sup>1</sup> ve video<sup>6</sup> deepfake'lerinin otomatik tespiti içerir ve güvenliği reaktif olmaktan proaktif bir yaklaşıma dönüştürür.<sup>9</sup>
- **Çok Modlu Analiz:** Bu trend, ses ve görsel veri akışlarını entegre eden çok modlu yaklaşımları vurgulamaktadır. Bu, çeşitli deepfake senaryolarında gelişmiş doğruluk ve genelleme için tamamlayıcı bilgilerden yararlanır.<sup>11</sup>

### Proje Aracına Entegrasyon

- **Otomatik Deepfake Analiz Modülü:** Aracın içine, görsel (JPEG, PNG, HEIC) ve işitsel (MP4, MP3) dosyaları deepfake göstergeleri açısından otomatik olarak tarayan bir YZ/ML modülü geliştirilmelidir. Bu modül, piksel desenlerindeki, yüzdeki mikro ifadelerdeki, vokal prozodideki ve zamansal tutarsızlıklardaki anormallikleri tespit etmek için derin öğrenme modellerini (örneğin, görsel için CNN'ler, ses için RNN'ler) kullanacaktır.<sup>3</sup>
- **Doğruluk Puanlaması ve İşaretleme:** Bir medya dosyasının orijinalliğine bir güven düzeyi atayan bir puanlama sistemi uygulanmalıdır. Potansiyel olarak manipüle edilmiş olarak işaretlenen dosyalar, manuel uzman incelemesi için vurgulanacak ve araç, insan analistlere yardımcı olmak için görsel/işitsel ipuçları (örneğin, manipüle edilmiş bölgelerin ısı haritaları, ses anormalliklerinin spektral analizi) sağlayacaktır.<sup>4</sup>
- **Metadata Destekli Doğrulama:** EXIF ve MediaInfo gibi metadata analizleri entegre edilerek, bildirilen çekim ayrıntıları (kamera modeli, tarih, GPS) tespit edilen içerik anormallikleriyle çapraz referanslandırılmalıdır. Tutarsızlıklar, aracın görüntü orijinalliğini doğrulama yeteneğini artırarak daha yüksek inceleme bayraklarını tetikleyebilir.<sup>3</sup>
- **İçerik Kökeni Takibi:** Kriptografik etiketler veya blok zinciri tabanlı sistemlerle entegrasyon araştırılarak, menşe kanıtı ve gözetim zinciri doğrudan medya dosyalarına yerleştirilebilir. Bu, tespit yükünü doğrulanabilir kökene kaydırır.<sup>14</sup>

### Derinlemesine Değerlendirme

Üretken yapay zekadaki hızlı ilerlemeler, deepfake teknolojisinin sürekli evrim geçirmesi anlamına gelmektedir. Bu durum, geleneksel tespit yöntemlerinin hızla eski kalmasına

neden olmaktadır.<sup>2</sup> Mevcut tespit araçları, eğitim verileri dışında kalan deepfake'lerle karşılaştığında genellikle yetersiz kalmaktadır.<sup>4</sup> Bu durum, deepfake üretenler ile tespit edenler arasında sürekli bir "silahlanma yarışı" olduğunu göstermektedir.<sup>14</sup> Dolayısıyla, tespit sistemleri, yeni manipülasyon tekniklerine karşı sürekli olarak öğrenen ve algoritmalarını güncelleyen adaptif öğrenme mekanizmalarını içermelidir.<sup>3</sup> Adli bilişim aracı, tek seferlik bir çözüm olmaktan ziyade, yeni tespit modellerinin ortaya çıktıkça entegrasyonuna olanak tanıyan dinamik bir mimariye sahip olmalıdır.

YZ destekli deepfake tespitinde, modellerin yüksek doğruluk oranlarına ulaşabilmesine rağmen, "kara kutu" doğaları mahkemelerde güvenilirliği zedeleyebilir.<sup>1</sup> Yasal süreçler, delillerin şeffaflığını ve savunulabilirliğini gerektirmektedir.<sup>3</sup> Algoritmik şeffaflık eksikliği, mahkemenin güvenilirliğini baltalayabilir.<sup>1</sup> Bu nedenle, adli bilişim araçlarında Açıklanabilir Yapay Zeka (XAI) kullanımı kritik bir ihtiyaçtır.<sup>3</sup> XAI, YZ modellerinin kararlarını nasıl aldıklarına dair bilgiler sağlayarak, dijital delil analiz sürecini daha anlaşılır ve yasal olarak savunulabilir hale getirir. Araç, sadece bir deepfake'i işaretlemekle kalmayıp, aynı zamanda insan uzmanların tanıklığını ve yasal kabul edilebilirliği desteklemek için (örneğin, manipüle edilmiş belirli bölgeleri veya ses anormalliklerini vurgulayarak) bir gerekçe veya görsel açıklama sunmalıdır.

## 2. Dağıtılmış Medya Verileri için Gelişmiş Bulut Adli Bilişimi

Bu trend, bulut ortamlarından dijital delil elde etme, analiz etme ve koruma süreçlerinin artan karmaşıklığını ele almaktadır. 2025 yılına kadar yeni üretilen verilerin %60'ından fazlasının bulutta bulunacağı tahmin edildiğinden <sup>1</sup>, araştırmacılar coğrafi olarak dağıtılmış sunuculardaki veri parçalanması, çeşitli hizmet sağlayıcı politikaları ve yargı alanları arası yasal tutarsızlıklar nedeniyle zorluklarla karşılaşmaktadır.<sup>1</sup>

### 2025 Etkileri ve Uygulama Alanları

- **Dağıtılmış Verilerde Gezinme:** 2025'te bulut adli bilişimi daha da karmaşık hale gelecek, çünkü veriler giderek daha fazla platform, cihaz ve coğrafi konuma yayılacaktır.<sup>7</sup> Bu durum, platformlar arası ve yargı alanları arası veri izleme ve analizine uyum sağlamayı gerektirmektedir.<sup>1</sup>
- **Kritik Medya Kanıtlarının Kurtarılması:** Fotoğraflar, mesajlar ve belgeler gibi kritik verilerin cihazlarda yerel olarak depolanmayıp iCloud, Google Drive, OneDrive gibi bulut hizmetlerine ve bulut tabanlı işbirliği araçlarına senkronize edilmesi durumunda kurtarılması esastır.<sup>20</sup>
- **Araç Sınırlamalarını Giderme:** Geleneksel adli bilişim araçları, petabayt ölçekli yapılandırılmamış bulut verileri (örneğin, günlük akışları, zaman serisi metadataları) ile mücadele etmektedir.<sup>1</sup> Etkili bulut veri çıkarma ve analizi için yeni metodolojiler ve özel araçlar gereklidir.<sup>19</sup>

- **Standardizasyon ve Yasal Çerçevesler:** 2025 yılına kadar, uluslararası yasal çerçevelerle desteklenen bulut adli bilişim araçları ve metodolojilerinin standardizasyonu görülebilir, bu da sınır ötesi veri alımını daha verimli hale getirir.<sup>7</sup>

### Proje Aracına Entegrasyon

- **Gelişmiş Bulut Çıkarma Modülleri:** Başlıca bulut hizmetlerinden (Google Drive, iCloud, OneDrive vb.) ve bulut tabanlı iletişim/işbirliği platformlarından (örneğin, Google Workspace, Microsoft Teams, Slack) doğrudan çıkarma için modüller geliştirilmeli veya mevcut olanlar iyileştirilmelidir.<sup>20</sup> Bu, silinmiş medyanın kurtarılmasını, kullanıcı etkinliğinin izlenmesini ve bulutta dijital gözetim zincirinin oluşturulmasını içerir.<sup>20</sup>
- **Bulut Verileri için Metadata Koruma:** Aracın, bulutta depolanan elektronik olarak saklanan bilgilerin (ESI) orijinal metadatasını (zaman damgaları, erişim geçmişi, değişiklik ayrıntıları) yakalamasını ve korumasını sağlamak, hukuki süreçlerde belge orijinalliğini doğrulamak ve zaman çizelgeleri oluşturmak için kritik öneme sahiptir.<sup>20</sup>
- **Şifreleme ve Erişimin Ele Alınması:** Bulut verilerine erişim için çok faktörlü kimlik doğrulama, jeton süre sonu ve yasal yetkilendirme gereksinimlerini ele alma yetenekleri uygulanmalıdır.<sup>20</sup> Araç, bulutta depolanan içeriğe erişmek için kimlik bilgilerini (örneğin, jetonları) çıkarmayı hedeflemelidir.<sup>22</sup>
- **Çapraz Platform Veri Korelasyonu:** Buluttan çıkarılan medya ve metadatanın, parçalanmış kanıtları farklı platformlarda bir araya getirmeye yardımcı olmak için yerel cihazlardan gelen verilerle entegre edilmesi ve kapsamlı, çok kaynaklı bir analiz sağlaması gerekmektedir.<sup>1</sup>

### Derinlemesine Değerlendirme

Bulutta depolanan verilerin hacmindeki hızlı artış, kritik delillerin konumunda temel bir değişime işaret etmektedir; bu deliller artık yalnızca fiziksel cihazlarda bulunmamaktadır.<sup>1</sup> Şüpheliler, senkronize edilmiş bulut hizmetlerinden verileri uzaktan silebilir, bu da fiziksel cihaz ele geçirmeyi, bulut edinimiyle birleştirilmezse daha az etkili hale getirir.<sup>22</sup> Bu durum, adli bilişim aracının, disk görüntüleri ve hafıza kartlarının ötesine geçerek, bulut tabanlı edinme yeteneklerini birincil bir soruşturma yolu olarak önceliklendirmesi gerektiğini göstermektedir.

Bulut verileri coğrafi olarak dağılmış olup, farklı veri egemenliği yasalarına tabidir.<sup>1</sup> Bu durum, yasal tutarsızlıklar yaratmakta (örneğin, GDPR ve Bulut Yasası arasındaki çatışmalar gibi) ve sınır ötesi veri alımını karmaşıktırmaktadır.<sup>1</sup> Bu nedenle, adli bilişim araçları sadece teknik yetenekleri değil, aynı zamanda sıkı gözetim zincirini sürdürme ve her çıkarma adımını belgeleme gibi yasal uyumluluk özelliklerini de

entegre etmelidir. Bu, delillerin kabul edilebilirliğini sağlamak için hayati öneme sahiptir.<sup>22</sup> Bu durum, teknik geliştirmenin yanı sıra sürekli yasal araştırmaya olan ihtiyacı da vurgulamaktadır.

### 3. IoT Cihaz Adli Bilişimi ve Uç Veri Çıkarmı

Bu trend, Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazlarının dijital delil kaynakları olarak artan önemini vurgulamaktadır. 2025 yılına kadar dünya genelinde on milyarlarca IoT cihazının (akıllı evlerden, bağlantılı araçlara, giyilebilir cihazlara ve endüstriyel sistemlere kadar) beklenmesiyle birlikte <sup>1</sup>, adli bilişim uzmanları bu çeşitli uç cihazlardan değerli görsel, işitsel ve metadata kanıtlarını yakalama yöntemlerini uyarlamak zorundadır.<sup>7</sup>

#### 2025 Etkileri ve Uygulama Alanları

- **Yeni Delil Kaynakları:** IoT cihazları büyük miktarda veri üretmekte, bu da dijital adli bilişim için hem fırsatlar hem de zorluklar yaratmaktadır.<sup>1</sup> Bu, akıllı kameralardan/kapı zillerinden görsel verileri, akıllı hoparlörlerden ses verilerini ve giyilebilir cihazlardan ve bağlantılı araçlardan hareket/konum verilerini içerir.<sup>28</sup>
- **Uç YZ ve İşleme:** Önemli bir değişim, analizin doğrudan cihaz üzerinde gerçekteştiği, bant genişliği kullanımını azaltan ve yanıt sürelerini iyileştiren uç YZ'ye doğru olmuştur.<sup>29</sup> Bu, adli çıkarmın işlenmiş verileri veya YZ modellerinin kendilerini hedeflemesi gerekebileceği anlamına gelir.
- **Özel Çıkarma Teknikleri:** IoT cihazlarından veri çıkarmak, cihaz heterojenliği, gelişmiş şifreleme ve sofistike işletim sistemleri nedeniyle zordur.<sup>7</sup> Adli bilişim araçlarının benzersiz veri yapılarını ve tescilli sistemleri desteklemek için gelişmesi gerekmektedir.<sup>22</sup>
- **Gizlilik Endişeleri:** IoT cihazları genellikle hassas bilgiler depolamakta, bu da veri gizliliği ve toplama protokolleri için yeni yasal standartları gerektirmektedir.<sup>7</sup>

#### Proje Aracına Entegrasyon

- **Genişletilmiş Cihaz Desteği:** Akıllı kameralar, akıllı kapı zilleri, dronlar ve giyilebilir kameralar dahil olmak üzere geleneksel bilgisayarlar ve mobil telefonların ötesinde daha geniş bir IoT cihaz yelpazesini desteklemek için araştırma ve geliştirmeye öncelik verilmelidir.<sup>29</sup>
- **Özel Metadata Çıkarmı:** Sensör verileri, etkinlik günlükleri ve cihaza özgü yapılandırmalar gibi IoT cihazlarından benzersiz metadataları çıkarmak için belirli ayrıştırıcılar ve modüller geliştirilmelidir.<sup>21</sup> Bu, akıllı kameralardan görsel/işitsel metadataları da içerir.<sup>32</sup>
- **Uç Veri Edinimi:** Bulut senkronizasyonuna tamamen güvenmek yerine, doğrudan

IoT cihazının gömülü görüntü işlemcilerinden veya YZ çiplerinden, uçta işlenen veya depolanan verileri edinme yöntemleri araştırılmalıdır.<sup>30</sup>

- **IoT Medyasının Otomatik Sınıflandırılması:** IoT cihazlarından gelen görsel ve işitsel dosyalar için otomatik sınıflandırma uygulanmalı, belirli cihaz imzaları veya içerik desenleri (örneğin, kapı zili kamera görüntüleri, drone hava çekimleri) tanınarak analizi kolaylaştırılmalıdır.

## Derinlemesine Değerlendirme

Gömülü görüntü teknolojileri, IoT çağında makinelerin "gözleri ve beyin gücünü (YZ) otonom karar verme için" sağlamaktadır.<sup>30</sup> Bu durum, akıllı kameraların, dronların ve diğer IoT cihazlarının sadece veri kaydetmekle kalmayıp, aynı zamanda verileri doğrudan cihaz üzerinde analiz edip kararlar aldığı anlamına gelir.<sup>29</sup> Bu değişim, en ilgili adli verilerin sadece ham görüntüler değil, aynı zamanda cihazdaki işlenmiş bilgiler veya YZ modellerinin kendileri olabileceği anlamına gelir. Bu durum, aracın sadece ham görsel/işitsel dosyaları ve metadatalarını çıkarmayı değil, aynı zamanda cihaz davranışını ve niyetini anlamak için cihaz üzerindeki YZ analizlerinin *çıkışını* veya hatta YZ modellerinin *iç durumlarını* çıkarıp yorumlamayı da düşünmesi gerektiğini göstermektedir. Bu, geleneksel veri çıkarımının ötesine geçerek "istihbarat çıkarımına" doğru bir adımdır.

IoT cihazları genellikle sınırlı depolama alanına sahiptir ve verileri sürekli olarak üzerine yazabilir.<sup>29</sup> Bu durum, delillerin geçici olmasına ve hızla elde edilmezse kaybolma riskinin artmasına neden olur.<sup>36</sup> IoT'nin yaygınlaşması, delil elde etme fırsatları yaratırken, aynı zamanda verilerin zamanında ve kapsamlı bir şekilde yakalanması konusunda önemli zorluklar da ortaya çıkarmaktadır. Bu durum, aracın, mobil adli bilişimde olduğu gibi, IoT cihazları için hızlı, olay yerinde edinme yeteneklerine öncelik vermesi gerektiğini, böylece geçici verilerin üzerine yazılmadan veya kaybolmadan önce yakalanmasını sağlaması gerektiğini göstermektedir. Bu, hafif, taşınabilir çıkarma çözümlerine olan ihtiyacı vurgulamaktadır.

## 4. Kurcalamaya Karşı Korumalı Delil Bütünlüğü için Blok Zinciri

Bu trend, dijital delillerin bütünlüğünü ve güvenilirliğini artırmak için blok zinciri teknolojisinin uygulanmasını araştırmaktadır. Blok zincirinin değişmezlik, şeffaflık ve merkeziyetsizlik gibi doğal özelliklerinden yararlanarak, adli bilişim uzmanları dijital deliller için değiştirilemez, kriptografik olarak güvenli bir gözetim zinciri oluşturabilir, böylece mahkeme süreçlerinde kabul edilebilirliğini sağlayabilir ve kurcalama risklerini azaltabilirler.<sup>37</sup>

## 2025 Etkileri ve Uygulama Alanları



- **Gelişmiş Delil Kabul Edilebilirliği:** Blok zinciri, delil işleme ve analizine dair tartışmasız bir kayıt sağlayarak, yasal davaları önemli ölçüde güçlendirir ve başarılı mahkumiyet olasılığını artırır.<sup>38</sup> Yargı süreçlerinde orijinallliği ve tartışılmazlığı sağlar.<sup>40</sup>
- **Kurcalamaya Karşı Korumalı Gözetim Zinciri:** Delille ilgili eylemlerin yalnızca eklemeli bir deftere kaydedilmesi, kurcalama risklerini azaltır ve gözetim zincirini otomatik bir şekilde güçlendirir.<sup>37</sup> Bu, kolayca manipüle edilebilen görsel ve işitsel medya için kritik öneme sahiptir.
- **Güvenli Delil Paylaşımı:** Blok zinciri, criminal adalet sistemindeki çeşitli paydaşlar arasında delil paylaşım sürecini şeffaf ve doğrulanabilir bir platform sağlayarak kolaylaştırır.<sup>38</sup> Erişim kontrolü kriptografik anahtarlar aracılığıyla yönetilebilir ve akıllı sözleşmeler paylaşım süreçlerini otomatikleştirebilir.<sup>38</sup>
- **Deepfake ve Yanlış Bilgiyle Mücadele:** Blok zinciri, dijital medyanın orijinallğine dair tartışmasız kanıt sağlayabilir, yanlış bilgi kampanyalarını önleyebilir ve kullanıcıların içeriğin gerçek olup olmadığını hızlı bir şekilde belirlemesine yardımcı olabilir.<sup>16</sup>

## Proje Aracına Entegrasyon

- **Blok Zinciri Tabanlı Hashing ve Zaman Damgalama:** Görsel/işitsel dosyalar ve metadataları çıkarıldığında veya analiz edildiğinde, kriptografik hash'ler<sup>1</sup> oluşturan ve bu hash'leri zaman damgalarıyla birlikte özel veya konsorsiyum blok zincirine kaydeden bir özellik uygulanmalıdır. Bu, her bir delil parçası için değişmez bir denetim izi oluşturur.<sup>37</sup>
- **Otomatik Gözetim Zinciri Kaydı:** Çıkarılan medya dosyaları ve metadataları üzerinde gerçekleştirilen tüm eylemlerin (örneğin, analiz, değişiklik, aktarım) akıllı sözleşmeler aracılığıyla blok zincirine otomatik olarak kaydedilmesi sağlanmalıdır. Bu, insan hatasını azaltır ve gerçek zamanlı, doğrulanabilir bir gözetim zinciri sağlar.<sup>37</sup>
- **Bütünlük Doğrulama Modülü:** Herhangi bir medya dosyasının bütünlüğünü, mevcut hash'ini blok zinciri kaydına karşı hızlı bir şekilde doğrulayabilen bir modül geliştirilmelidir. Bu, yetkisiz değişiklikleri anında tespit edecektir.<sup>38</sup>
- **Güvenli Raporlama ve Paylaşım:** Blok zinciri doğrulanmış delil ayrıntıları, rapor güvenilirliğini artırmak ve yetkili taraflar arasında güvenli paylaşımı kolaylaştırmak için doğrudan JSON, CSV ve TXT formatlarında oluşturulan raporlara entegre edilmeli, potansiyel olarak kriptografik kanıtlar veya blok zinciri defterine bağlantılar gömülmelidir.<sup>42</sup>

## Derinlemesine Değerlendirme

Deepfake'lerin ve sofistike dijital manipülasyonun (Trend 1) yükselişi, medya

orijinalliğinin sürekli sorgulandığı bir "gerçek sonrası" ortam yaratmaktadır.<sup>2</sup> Bu durum, kamu güvenini zedelemekte ve yasal süreçleri karmaşıktırmaktadır.<sup>2</sup> Blok zincirinin değişmezliği ve şeffaflığı, doğrulanabilir köken ve değiştirilemez bir kayıt sağlayarak bu güven açığını doğrudan gidermektedir.<sup>37</sup> Blok zinciri özelliklerinin uygulanması, adli bilişim aracını giderek daha aldatıcı bir dijital ortamda gerçeğin garantörü olarak konumlandırmak için stratejik bir hamledir ve kritik bir toplumsal sorunu doğrudan ele almaktadır.

Blok zinciri çözümleri çeşitli adli bilişim alanları için araştırılmaktadır (IoT, bulut, multimedya).<sup>37</sup> Blok zincirinin delil paylaşımı ve yargı alanları arası vakalar için gerçekten etkili olabilmesi için, farklı kurumlar ve sistemlerin birlikte çalışabilmesi gerekmektedir.<sup>38</sup> Ortak standartların olmaması, yaygın benimsenmeyi engelleyebilir ve şeffaflık ile paylaşılan defterlerin faydalarını ortadan kaldırarak yeni silolar yaratabilir. Aracın blok zinciri entegrasyonu, yasal ve soruşturma topluluklarında geniş uyumluluk ve kabul sağlamak için adli blok zinciri çözümleri için ortaya çıkan standartları benimsemeyi veya bunlara katkıda bulunmayı düşünmelidir. Bu aynı zamanda yasal çerçevelerin teknolojik ilerlemelere ayak uydurması gerektiği anlamına da gelmektedir.<sup>7</sup>

## 5. YZ Destekli Metadata Analizi ve Anomali Tespiti

Bu trend, dijital metadatanın çıkarılması, ayrıştırılması ve derinlemesine analizini otomatikleştirmek ve önemli ölçüde geliştirmek için Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi algoritmalarının gelişmiş uygulamasını içermektedir. EXIF, MediaInfo, GPS verileri ve diğer dosyaya özgü metadatalar içinde desenleri belirlemeyi, ince anormallikleri tespit etmeyi ve gizli bilgileri ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır.<sup>1</sup> Amacı, öngörücü bilgiler sağlayarak ve insan analistlerin gözden kaçırabileceği şüpheli varyasyonları işaretleyerek soruşturmaları hızlandırmaktır.<sup>7</sup>

### 2025 Etkileri ve Uygulama Alanları

- **Hızlandırılmış Veri Analizi:** YZ/ML algoritmaları, büyük metadata veri kümelerini ışık hızında tarayabilir, günlük filtreleme ve anomali tespiti gibi rutin görevleri otomatikleştirebilir, bu da insan araştırmacılarının haftalar veya aylar sürebilecek işlerini hızlandırır.<sup>1</sup>
- **Gizli Desenlerin ve Anormalliklerin Belirlenmesi:** YZ destekli araçlar, ilgili bilgileri otomatik olarak işaretleyecek, anormallikleri belirleyecek ve hatta potansiyel ipuçları hakkında tahmine dayalı değerlendirmeler yapacaktır.<sup>7</sup> Bu, beklenmedik metadata varyasyonlarını tespit etmeyi<sup>15</sup> ve şüpheli etkinlikleri belirlemeyi içerir.<sup>9</sup>
- **Gelişmiş Bağlamsal Anlayış:** Metadata, dijital etkileşimlerin kronolojik zaman çizelgelerini oluşturmak, potansiyel ihlalleri izlemek ve siber suç soruşturmalarında



bağlamsal referans noktaları sağlamak için hayati kanıtlar sunar ve görüntü orijinalliğini doğrular.<sup>15</sup> YZ, farklı metadata noktalarını ilişkilendirerek bunu zenginleştirebilir.<sup>46</sup>

- **Proaktif Tehdit Avcılığı:** YZ destekli platformlar, gerçek zamanlı görünürlük ve anomali tespiti sunarak, geleneksel sistemlerin gözden kaçırabileceği tehditleri proaktif olarak belirler ve etkisiz hale getirir.<sup>9</sup>

### Proje Aracına Entegrasyon

- **Otomatik Metadata Ayırıştırma ve Zenginleştirme:** Görsel ve işitsel dosyalardan (JPEG, HEIC, PNG, MP4, MP3) EXIF, MediaInfo ve GPS metadatalarını otomatik olarak ayırıştırmak ve zenginleştirmek için gelişmiş ML algoritmaları uygulanmalıdır, karmaşık veya standart dışı yapılardan bile.<sup>15</sup> Bu, basit çıkarmanın ötesine geçerek ek bağlam çıkarmayı veya farklı metadata formatlarını normalleştirmeyi içerecektir.
- **Akıllı Anomali Tespiti:** Metadata desenlerindeki anormallikleri tespit etmek için YZ modelleri (örneğin, otoenkoderler, davranışsal analizler) entegre edilmelidir. Örneğin, tutarsız zaman damgaları, belirli bir cihaz için alışılmadık kamera ayarları veya beklenen kullanıcı davranışından sapan GPS koordinatları içeren görüntülerin işaretlenmesi.<sup>9</sup>
- **Tahmine Dayalı Metadata Analizi:** Geçmiş metadata desenlerine dayanarak potansiyel siber tehditleri veya şüpheli davranışları tahmin etme yetenekleri araştırılmalıdır.<sup>7</sup> Örneğin, geçmiş GPS metadatalarına dayanarak olası gelecekteki konumları tahmin etmek.
- **Gelişmiş Metadata Raporlama:** YZ tarafından oluşturulan anomali puanları, desen açıklamaları ve önerilen korelasyonlar gibi bilgilerle metadata raporlaması geliştirilmelidir. Bu, ham metadatayı eyleme geçirilebilir istihbarata dönüştürecektir.

### Derinlemesine Değerlendirme

Metadata geleneksel olarak "veri hakkında veri" olarak görülmektedir.<sup>21</sup> Ancak, YZ/ML, büyük miktardaki metadatayı işleyerek desenleri ve anormallikleri belirleyebilmekte ve böylece ham metadatayı eyleme geçirilebilir istihbarata dönüştürebilmektedir. Bu, öngörücü adli bilişim ve davranışsal analizi mümkün kılmaktadır.<sup>1</sup> Aracın metadata analiz yetenekleri, sadece metadatayı çıkarmak ve görüntülemekle kalmayıp, aynı zamanda onu aktif olarak yorumlamalı, soruşturma ipuçlarına doğrudan katkıda bulunan hipotezler üretmeli veya şüpheli unsurları işaretlemelidir. Bu, aracın rolünü bir veri toplayıcıdan akıllı bir asistana dönüştürmektedir.

YZ algoritmaları, eğitim verileri yanlı ise adli hataları artırabilir.<sup>1</sup> YZ destekli adli bilişimdeki önyargı gibi etik tartışmalar önemli bir konudur.<sup>7</sup> Kontrolsüz YZ

modellerindeki önyargı, adil olmayan veya hatalı soruşturma sonuçlarına yol açabilir ve delillerin güvenilirliğini zedeleyebilir. Bu nedenle, aracın YZ destekli metadata analizinin, önyargıyı ortadan kaldırmak ve şeffaflığı sağlamak için YZ algoritmalarını denetleme mekanizmalarını içermesi gerekmektedir.<sup>44</sup> Bu, YZ'den türetilen bilgileri haklı çıkarmak için sağlam doğrulama çerçevelerine ve potansiyel olarak açıklanabilir YZ (XAI) özelliklerine olan ihtiyacı da beraberinde getirmektedir.

## 6. Gelişmiş Medya Dosyası Kurtarma ve Yeniden Yapılandırma

Bu trend, çeşitli dijital depolama ortamlarından (disk görüntüleri, hafıza kartları) ağır parçalanmış, silinmiş veya kısmen üzerine yazılmış görsel ve işitsel dosyaları kurtarmak ve yeniden yapılandırmak için sofistike teknikleri içermektedir. Dosya sistemi metadatasının eksik veya bozuk olduğu durumlarda bile, JPEG, PNG, HEIC, MP4 ve MP3 gibi yaygın formatların dahili dosya yapılarını ve içerik özelliklerini analiz ederek parçaları bir araya getirmeyi geleneksel dosya kurtarmanın ötesine taşır.<sup>49</sup>

### 2025 Etkileri ve Uygulama Alanları

- **Hasarlı/Silinmiş Cihazlardan Kurtarma:** Geleneksel yöntemlerin başarısız olduğu, fiziksel olarak hasar görmüş cihazlardan, bozuk dosya sistemlerinden veya kasıtlı veri silme işlemlerinden sonra kanıtları kurtarmak için kritik öneme sahiptir.<sup>50</sup>
- **Modern Karmaşık Formatların İşlenmesi:** HEIC gibi kendine özgü kodlama algoritmalarına sahip ve geleneksel araçlar için zorlayıcı olabilen karmaşık modern formatların kurtarılması ve analiz edilmesi sorunu ele alır.<sup>54</sup> MP4/MP3 için de geçerlidir.<sup>49</sup>
- **YZ Destekli Yeniden Yapılandırma:** Carve-DL gibi projeler, ileri derin öğrenme modellerini (Swin Transformer V2, ResNet) kullanarak ağır parçalanmış dosyaları yüksek hassasiyetle (yüzde 95'e varan doğrulukla) kurtararak dosya yeniden yapılandırmasında devrim yaratmaktadır.<sup>61</sup>
- **Siber Suç Soruşturmaları:** Silinmiş dosya kurtarmanın genellikle önemli kanıtların keşfedilmesine yol açtığı siber suç soruşturmalarında kilit bir rol oynamaktadır.<sup>49</sup>

### Proje Aracına Entegrasyon

- **Gelişmiş Dosya Kurtarma Motoru:** Aracın dosya kurtarma motoru, başlık-altbilgi yöntemlerine ek olarak dosya yapısına dayalı kurtarma ve içerik tabanlı kurtarma gibi gelişmiş teknikleri içerecek şekilde yükseltilmelidir.<sup>49</sup> Bu, özellikle görsel (JPEG, PNG, HEIC) ve işitsel (MP4, MP3) formatları hedeflemelidir.
- **YZ Destekli Yeniden Yapılandırma:** Carve-DL'ye benzer YZ/ML modelleri, ağır parçalanmış medya dosyaları için yeniden yapılandırma doğruluğunu artırmak amacıyla entegre edilmelidir. Bu, dosya sınıflandırma, parça doğrulama, kümeleme

ve yeniden sıralama için modelleri içerecektir.<sup>61</sup>

- **HEIC'e Özel Kurtarma:** HEIC dosya kurtarma ve metadata çıkarımı için özel algoritmalar geliştirilmeli, benzersiz dahili yapısı ve düzenleme veya dönüştürme sonrası metadata ayrıştırma ile ilgili potansiyel zorluklar ele alınmalıdır.<sup>49</sup>
- **Format Uyumluluğu Geliştirme:** Kurtarılan HEIC dosyalarının, mümkün olduğunca fazla metadatayı koruyarak JPG veya PNG gibi daha evrensel olarak uyumlu formatlara güvenilir bir şekilde dönüştürülebilmesi sağlanmalıdır.<sup>54</sup> Ses/video için, hasarlı dosyalar için sağlam onarım yetenekleri sağlanmalıdır.<sup>58</sup>

## Derinlemesine Değerlendirme

HEIC gibi yeni dosya formatları verimlilik sunarken, uyumluluk zorlukları ve farklı kodlama algoritmaları da getirmektedir.<sup>54</sup> MP4/MP3 gibi formatlar da karmaşık dahili yapıya sahiptir.<sup>57</sup> Geleneksel adli bilişim yöntemleri, genellikle JPEG gibi eski formatlar için optimize edilmiş olup, bu yeni yapılar ve metadata yerleşimi ile mücadele etmektedir.<sup>55</sup> Bu karmaşıklık, basit başlık/altbilgi kurtarmanın yetersiz olduğu anlamına gelir; etkili kurtarma için dosya dahili yapısının daha derinlemesine anlaşılması ve potansiyel olarak YZ'ye ihtiyaç duyulmaktadır.<sup>49</sup> Aracın, yeni ve gelişen medya dosya formatlarına hızla uyum sağlayacak modüler ve genişletilebilir bir mimariye ihtiyacı vardır. Bu, dosya formatı spesifikasyonları ve bunların adli bilişimdeki etkileri üzerine sürekli araştırma gerektirmektedir.

Dosya kurtarma, dosya sistemi metadatasının eksik veya bozuk olduğu durumlarda sıklıkla gereklidir.<sup>49</sup> Ancak, metadata (EXIF, MediaInfo) adli analiz için kritik öneme sahiptir.<sup>47</sup> Dosya kurtarmanın başarısı sadece dosya içeriğini kurtarmakla kalmaz, aynı zamanda ilişkili metadatayı da kurtarmak veya gerektiğinde yeniden yapılandırmakla ilgilidir. HEIC için, düzenlemelerden sonra "alışılmadık dosya düzenlemesi" nedeniyle metadata ayrıştırması özellikle sorunlu olabilir.<sup>57</sup> Aracın dosya kurtarma yetenekleri, metadata çıkarım ve analiz modülleriyle sıkı bir şekilde entegre edilmelidir. Amaç, sadece medya dosyasını kurtarmak değil, aynı zamanda mümkün olduğunca orijinal, doğrulanabilir metadatayla birlikte kurtarmak veya metadatanın yeniden yapılandırıldığını veya çıkarıldığını açıkça belirtmektir.

## 7. Çok Modlu Dijital Delil Korelasyonu

Bu trend, görsel (görüntüler, video), işitsel (ses kayıtları), metinsel (sohbet günlükleri, belgeler) ve ağ verileri (IP günlükleri, bağlantı kayıtları) gibi birden çok modaliteden gelen farklı dijital delil türlerinin sofistike entegrasyonu ve analizine odaklanmaktadır. Amaç, olayları daha kapsamlı ve doğru bir şekilde anlamak, gizli bağlantıları belirlemek ve adli soruşturmalarda karmaşık senaryoları yeniden yapılandırmak için bu farklı veri

akışlarını sentezlemektir.<sup>11</sup>

## 2025 Etkileri ve Uygulama Alanları

- **Kapsamlı Suç Mahalli Yeniden Yapılandırması:** Çeşitli kaynaklardan gelen kanıtları ilişkilendirerek, araştırmacılar karmaşık suç mahallerini ve olayları daha doğru bir şekilde yeniden yapılandırabilir, tek modlu analizin sağlayamayacağı bütünsel bir görünüm sunabilirler.<sup>44</sup>
- **Gizli Bağlantıların Belirlenmesi:** Farklı modalitelerdeki veri noktalarını çapraz referanslayarak kişiler, cihazlar ve faaliyetler arasındaki bariz olmayan bağlantıları ortaya çıkarmak için kritik öneme sahiptir.<sup>28</sup> Örneğin, bir araçtan alınan GPS verilerini, akıllı ev cihazından alınan ses verileri ve kısa mesajlarla ilişkilendirmek.
- **Gelişmiş Aldatma Tespiti:** Davranışsal ve fizyolojik verileri (ses, video, bakış, GSR) entegre eden çok modlu makine öğrenimi yaklaşımları, tek modlu yöntemlere kıyasla aldatma tespiti doğruluğunu önemli ölçüde artırır.<sup>66</sup>
- **Geliştirilmiş Soruşturma Doğruluğu:** Daha zengin, daha sağlam bir kanıt temeli sağlayarak yanlış yorumlama veya eksik sonuç riskini azaltır.<sup>44</sup> Bu, karmaşık siber suçlar ve dolandırıcılık vakaları için özellikle önemlidir.<sup>46</sup>

## Proje Aracına Entegrasyon

- **Çapraz Modlu Veri Füzyon Motoru:** Aracın çıkardığı çeşitli modalitelerden (görsel, işitsel, metinsel, GPS, ağ günlükleri, cihaz etkinliği) verileri alabilen, normalleştirebilen ve ilişkilendirebilen bir çekirdek motor geliştirilmelidir.<sup>11</sup> Bu motor, farklı veri türleri arasında ortak varlıkları (örneğin, zaman damgaları, konumlar, kişiler, cihaz kimlikleri) belirleyecektir.
- **Birleşik Zaman Çizelgesi ve Bağlantı Analizi:** Aracın zaman çizelgesi görselleştirme yetenekleri, tüm ilişkili çok modlu kanıtları entegre edecek şekilde geliştirilmeli, araştırmacıların farklı veri kaynakları arasında olayların kronolojik sırasını görmelerini sağlamalıdır.<sup>45</sup> Varlıklar (kişiler, yerler, cihazlar, dosyalar) arasındaki ilişkileri görselleştirmek için etkileşimli bağlantı çizelgeleri uygulanmalıdır.<sup>67</sup>
- **YZ Destekli Korelasyon ve Desen Tanıma:** YZ/ML algoritmaları kullanılarak, manuel incelemede gözden kaçabilecek çok modlu verilerdeki ince desenleri ve ilişkileri (örneğin, tekrar eden konumlar, iletişim desenleri veya medya kullanım alışkanlıkları) otomatik olarak belirlemek için kullanılmalıdır.<sup>17</sup>
- **Otomatik Anlatı Oluşturma:** İlişkili çok modlu kanıtlara dayanarak insan tarafından yorumlanabilir anlatılar veya özetler oluşturmak için Doğal Dil İşleme (NLP) ve Büyük Dil Modelleri (LLM'ler) kullanımı araştırılmalıdır. Bu, belirlenen bağlantıların arkasındaki mantığı açıklayacaktır.<sup>17</sup>

## Derinlemesine Değerlendirme

Dijital adli bilişim genellikle ortaya çıkan tehditlere karşı reaktif kalmakta ve uyarlanabilirlik konusunda zorluklar yaşamaktadır.<sup>69</sup> Delil parçalarını izole bir şekilde analiz etmek, eksik veya yanıltıcı yorumlamalara yol açabilir. Çok modlu korelasyon, izleme verilerine temel *bağlam* ve *anlam* sağlamaktadır.<sup>46</sup> Örneğin, bir resim (görsel), GPS metadatasını, zaman damgalarını ve ilişkili iletişim günlüklerini (metinsel) birleştirildiğinde muazzam bir değer kazanır. Aracın sadece veri çıkarmayı değil, aynı zamanda anlamsal anlayışa ulaşmak için modaliteler arası verilerin akıllıca *bağlanması* ve *yorumlanması* önceliklendirmesi gerekmektedir. Bu, ham veri sunumunun ötesine geçerek, araştırmacılar için eyleme geçirilebilir, bağlam açısından zengin bilgiler sağlamak anlamına gelir.

Birçok gelişmiş adli bilişim yöntemi, nicel metriklere dayalı yüksek performansı önceliklendirmektedir.<sup>69</sup> Ancak, yasal süreçler insan tarafından yorumlanabilir kanıtlar ve açıklamalar gerektirmektedir.<sup>17</sup> YZ modellerinin tespit ettiği (desenler, anormallikler) ile insan araştırmacıların ve hukuk uzmanlarının bu bilgiyi nasıl anladığı ve sunduğu arasında bir boşluk bulunmaktadır. Aracın çok modlu korelasyon özelliklerinin, karmaşık veri ilişkilerini kolayca anlaşılır formatlara (örneğin, etkileşimli grafikler, anlatı özetleri) dönüştürerek açıklanabilirliği (XAI) ve net görselleştirmeyi vurgulaması gerekmektedir. Bu, uzman tanıklığını ve yasal savunulabilirliği destekler.

## 8. Gerçek Zamanlı Mobil Adli Bilişim ve Olay Yeri Veri Toplama

Bu trend, taşınabilir adli bilişim kitleri kullanılarak doğrudan suç mahalli veya olay yerinde hızlı veri toplama ve ön analiz yapılmasını sağlamaya odaklanmaktadır. Amacı, ilk soruşturmaları hızlandırmak, yüksek derecede uçucu kanıtları kaybolmadan veya şifrelenmeden önce yakalamak ve araştırmacılar tarafından anında karar alınmasını kolaylaştırmaktır.<sup>44</sup>

### 2025 Etkileri ve Uygulama Alanları

- **Hızlandırılmış İlk Soruşturmalar:** Mobil adli bilişim kitleri, profesyonellerin cihazları taramasını ve verileri anında veritabanlarıyla çapraz kontrol için yüklemesini sağlayarak geleneksel bekleme sürelerini önemli ölçüde azaltır.<sup>44</sup> Bu, şüphelilerin veya kritik ipuçlarının tespitini hızlandırır.
- **Uçucu Kanıtların Korunması:** Mobil cihazlardan ve IoT cihazlarından verilerin uzaktan silinmeden, şifrelenmeden veya üzerine yazılmadan önce yakalanması için kritik öneme sahiptir.<sup>22</sup> Bu, şifreleme protokollerinin artan karmaşıklığı göz önüne alındığında özellikle önemlidir.<sup>22</sup>
- **Olay Yerinde Karar Verme:** Kanıtların anında analiz edilmesini sağlayarak,

araştırmacıların acil tehditleri belirleme veya alibileri doğrulama gibi konularda hızlı ve bilinçli kararlar almasına olanak tanır.<sup>44</sup>

- **Mobil Cihaz Zorluklarının Giderilmesi:** Cihaz heterojenliği, gelişmiş şifreleme ve sofistike işletim sistemleri gibi zorlukların üstesinden gelmeye yardımcı olur. Bu, yüksek seviyeli şifrelemeyi atlayabilen ve silinmiş dosyaları olay yerinde kurtarabilen özel araçlar sağlayarak gerçekleşir.<sup>7</sup>

### Proje Aracına Entegrasyon

- **Taşınabilir Edinme Modülü:** Aracın, mobil cihazlardan ve potansiyel olarak IoT cihazlarından olay yerinde veri toplama için tasarlanmış, adli bir iş istasyonunda veya dayanıklı bir tablette çalışabilen hafif, taşınabilir bir sürümü veya modülü geliştirilmelidir.<sup>44</sup>
- **Anında Metadata Çıkarımı ve Analizi:** Olay yerinde edinme sırasında görsel ve işitsel dosyalardan EXIF, MediaInfo ve GPS metadatalarını anında çıkarmak ve analiz etmek için yetenekler entegre edilmelidir. Bu, hızlı triyaj ve kritik bağlamsal bilgilerin belirlenmesini sağlayacaktır.<sup>47</sup>
- **Uçucu Veri Yakalama:** Mobil cihazlardan RAM, aktif süreçler, geçici dosyalar gibi uçucu verileri yakalamak için tekniklere öncelik verilmelidir, çünkü bunlar hızla kaybolabilir.<sup>22</sup>
- **Otomatik Ön Sınıflandırma:** Olay yerinde görsel/işitsel dosyaların otomatik ön sınıflandırması uygulanmalı, potansiyel olarak ilgili içerik (örneğin, açık görüntüler, belirli dosya türleri) işaretlenerek acil soruşturma adımlarına rehberlik edilmelidir.
- **Güvenli Veri Aktarımı:** Olay yerinden edinilen verilerin ana adli bilişim laboratuvar sistemine güvenli ve doğrulanabilir bir şekilde aktarılması sağlanmalı, gözetim zinciri korunmalıdır.<sup>22</sup>

### Derinlemesine Değerlendirme

Mobil ve IoT cihazları günlük yaşamın merkezinde yer almakta ve büyük miktarda veri depolamaktadır.<sup>22</sup> Bu veriler genellikle şifrelenmekte veya uzaktan silme işlemine tabi tutulabilmektedir.<sup>22</sup> Edinmedeki gecikmeler, uçucu delillerin kalıcı olarak kaybolmasına yol açabilir.<sup>22</sup> Cihazların ve siber tehditlerin artan karmaşıklığı (Trend 1, 2, 3), veri yakalama penceresini son derece daraltmaktadır.<sup>70</sup> Aracın gerçek zamanlı, olay yerinde adli bilişim yapabilme yeteneği, soruşturmaların başarı oranını doğrudan etkilemektedir. Önemli olan sadece hangi verilerin çıkarılabileceği değil, aynı zamanda verilerin kaybolmadan önce ne kadar hızlı güvence altına alınabileceğidir. Bu durum, kullanıcı dostu, verimli ve yasalara uygun olay yeri araçlarına olan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Gerçek zamanlı adli bilişim hızlı eylem gerektirmektedir.<sup>44</sup> Ancak, mobil cihazlar son



derece hassas kişisel veriler içermekte ve gizlilik yasaları (GDPR gibi) giderek daha katı hale gelmektedir.<sup>7</sup> Hız ihtiyacı, yasal yetkilendirme, gizlilik endişeleri ve gözetim zinciri protokollerine sıkı sıkıya bağlılık ile dengelenmelidir.<sup>22</sup> Verilerin yanlış kullanılması, kabul edilemezliğe yol açabilir.<sup>22</sup> Aracın, yasal yetkilendirme için açık istemler, her adımın otomatik belgelenmesi ve hassas ancak ilgisiz kişisel verileri anonimleştirme veya çıkarma mekanizmaları gibi yerleşik uyumluluk özelliklerini içermesi gerekmektedir. Bu, etik ve yasal olarak sağlam soruşturmaların yapılmasını sağlar.

## 9. Coğrafi Analiz ve Etkileşimli Zaman Çizelgesi Görselleştirmesi

Bu trend, dijital medya ve cihazlardan konum tabanlı kanıtların, özellikle GPS verilerinin, çıkarılması, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için gelişmiş tekniklere odaklanmaktadır. Adli soruşturmalar ve mahkeme sunumları için hareket desenlerini haritalamayı, kilit konumları belirlemeyi ve karmaşık coğrafi bilgileri etkileşimli, kolay anlaşılır zaman çizelgelerinde sunmayı içerir.<sup>21</sup>

### 2025 Etkileri ve Uygulama Alanları

- **Hareket ve Etkinliğin Yeniden Yapılandırılması:** GPS koordinatları ve diğer coğrafi konum verileri (örneğin, baz istasyonu analizi, Wi-Fi günlükleri), bir şüphelinin hareketlerini yeniden yapılandırmak, suç mahallerindeki varlığını belirlemek veya alibileri doğrulamak için hayati öneme sahiptir.<sup>15</sup>
- **Gelişmiş Soruşturma Bilgileri:** GPS verilerini medya yakalama zamanlarıyla (EXIF metadata) ilişkilendirmek, görsel/işitsel kanıtların nerede ve ne zaman oluşturulduğuna dair güçlü bilgiler sağlar.<sup>21</sup> Bu, etkinlik desenlerini belirlemeye veya tutarsızlıkları ortaya çıkarmaya yardımcı olabilir.
- **Net Mahkeme Sunumu:** Etkileşimli haritalar ve zaman çizelgeleri, karmaşık konum verilerini yargıçlar ve jüriler için daha anlaşılır hale getirerek, kanıt sunumunun etkinliğini artırır.<sup>67</sup>
- **Araç İçi Bilgi-Eğlence Adli Bilişimi:** Araç İçi Bilgi-Eğlence (IVI) sistemleri, GPS konum geçmişi ve cihaz bağlantı günlükleri gibi büyük miktarda veri depolayarak, araç kullanımı ve yolcu hareketleri hakkında paha biçilmez bilgiler sunar.<sup>28</sup>

### Proje Aracına Entegrasyon

- **Gelişmiş GPS Metadata Çıkarımı:** Görüntülerin (JPEG, HEIC, PNG) EXIF metadatasından ve video/ses dosyalarının (MP4, MP3) MediaInfo'sundan GPS koordinatlarının sağlam bir şekilde çıkarılmasını sağlamalıdır. Bu, GPS etiketi formatlarındaki varyasyonları ve potansiyel gizlemeyi ele almayı içerir.<sup>15</sup>
- **Etkileşimli Coğrafi Haritalama:** Çıkarılan GPS koordinatlarını etkileşimli bir harita üzerinde otomatik olarak çizmek için haritalama hizmetleriyle (örneğin, Google

Haritalar API'si, OpenStreetMap) entegrasyon sağlanmalıdır. Farklı veri noktalarının dinamik yakınlaştırma, kaydırma ve katmanlamasına izin verilmelidir.<sup>45</sup>

- **Coğrafi Katmanlı Zaman Çizelgesi Görselleştirmesi:** Mevcut zaman çizelgesi özelliği, GPS izlerini ve belirli konum noktalarını medya yakalama veya cihaz etkinliği zamanıyla bağlantılı olarak görsel olarak üst üste bindirecek şekilde geliştirilmelidir. Bu, zaman içindeki hareket desenlerinin dinamik görselleştirmesini sağlayacaktır.<sup>61</sup>
- **Coğrafi Çit Uygulama ve Desen Analizi:** Coğrafi çitler veya ilgi alanları tanımlama ve bir cihazın veya medyanın bu alanlara ne zaman girip çıktığını otomatik olarak belirleme özellikleri uygulanmalıdır. Tekrar eden rotaları, alışılmadık durakları veya normal seyahat desenlerinden sapmaları belirlemek için YZ/ML kullanılmalıdır.<sup>35</sup>
- **Diğer Konum Verileriyle Çapraz Referans:** Daha eksiksiz bir konum geçmişi oluşturmak için GPS verilerini baz istasyonu analizi<sup>61</sup>, Wi-Fi erişim noktaları ve araç telemetri verileri<sup>28</sup> gibi diğer konum kaynaklarıyla çapraz referanslama yetenekleri dahil edilmelidir.

### Derinlemesine Değerlendirme

GPS verileri fiziksel konum bilgisini sağlar, ancak gerçek adli değeri diğer davranışsal verilerle birleştirildiğinde ortaya çıkar.<sup>28</sup> YZ destekli gözetim sistemleri, hareket desenlerine göre videoyu filtrelemek için derin arama ve metadata etiketleme kullanmaktadır.<sup>35</sup> Coğrafi analizi davranışsal analizle (örneğin, ziyaret sıklığı, kalma süreleri, rutin sapmalar) entegre ederek, araştırmacılar "nerede" sorusunun ötesine geçerek "neden" ve "ne oldu" sorularına yanıt bulabilirler. Araç, sadece geçmiş görselleştirmeye değil, coğrafi verilere dayalı tahmine dayalı analizler geliştirmeyi hedeflemelidir. Bu, birleşik konum ve iletişim verilerine dayanarak şüpheli seyahat desenlerini veya potansiyel buluşma noktalarını işaretlemeyi içerebilir.

Timing Advance Cellular Geolocation gibi teknikler, hassasiyet ve güvenilirlik açısından titizlikle değerlendirilmektedir.<sup>72</sup> Hassasiyet ve yasal kabul edilebilirlik konusundaki tartışmalar devam etmektedir.<sup>72</sup> Coğrafi konum verileri daha yaygın hale geldikçe, bilimsel ve yasal topluluklar, mahkemede güvenilirliği sağlamak için toplanması, analiz edilmesi ve sunulması için daha yüksek standartlar talep etmektedir. Aracın coğrafi analiz özellikleri, sadece verileri çıkarmak ve görselleştirmekle kalmamalı, aynı zamanda verinin kaynağı, doğal hassasiyeti/hata payı ve analiz için kullanılan metodolojiler hakkında açık belgeler sunmalı, böylece kabul edilebilirlik için gelişen yasal standartlara uyum sağlamalıdır.<sup>76</sup>

## 10. Standartlaştırılmış ve Otomatikleştirilmiş Adli Raporlama

Bu trend, kapsamlı, tutarlı ve mahkemede kabul edilebilir adli raporlar oluşturmak için standartlaştırılmış formatların ve YZ destekli araçların geliştirilmesine ve yaygın olarak benimsenmesine odaklanmaktadır. Amacı, verimliliği artırmak, veri bütünlüğünü sağlamak ve karmaşık dijital kanıtların yasal süreçlerde sunumunu kolaylaştırmak, manuel ve zaman alıcı rapor oluşturma süreçlerinden uzaklaşmaktır.<sup>75</sup>

## 2025 Etkileri ve Uygulama Alanları

- **Geliştirilmiş Verimlilik ve Azaltılmış Birikim:** Rapor oluşturma otomasyonu önemli ölçüde zaman kazandırabilir (örneğin, "Gününüzü 5 saate kadar uzatın" <sup>79</sup>), vaka birikimlerini ele alabilir ve genel DFIR verimliliğini artırabilir.<sup>75</sup>
- **Gelişmiş Tutarlılık ve Kalite:** Standartlaştırılmış şablonlar ve otomatik veri entegrasyonu, raporlamada tutarlılık sağlayarak insan hatasını azaltır ve adli dokümantasyonun kalitesini artırır.<sup>80</sup>
- **Kolaylaştırılmış Yasal Kabul Edilebilirlik:** Metadata koruyan ve gözetim zincirini belgeleyen standartlaştırılmış formatlar kullanılarak oluşturulan raporlar, mahkemede daha kolay kabul edilir.<sup>26</sup> OSAC Kayıt Defteri'ne sürekli olarak yeni standartlar eklenmektedir.<sup>83</sup>
- **Bulguların Daha İyi İletişimi:** Özelleştirilebilir şablonlar, görsel olarak çekici ve tutarlı anlatılara olanak tanıyarak, karmaşık dijital kanıtların teknik olmayan kitleler (yargıçlar, jüriler) tarafından daha kolay anlaşılmasını sağlar.<sup>78</sup>

## Proje Aracına Entegrasyon

- **Otomatik Rapor Oluşturma Motoru:** Analiz bulgularını, çıkarılan metadatayı (EXIF, MediaInfo, GPS) ve sınıflandırma sonuçlarını önceden tanımlanmış, özelleştirilebilir rapor şablonlarına otomatik olarak derleyebilen sağlam bir motor uygulanmalıdır.<sup>79</sup>
- **Standartlaştırılmış Çıktı Formatları:** Raporların JSON, CSV ve TXT gibi yaygın, geniş çapta kabul gören adli formatlarda, ayrıca PDF veya XLSX gibi daha okunabilir formatlarda dışa aktarılabilmesi sağlanmalı ve endüstri standartlarına uyulmalıdır.<sup>26</sup>
- **Raporlarda Metadata Koruma:** Raporlama modülü, tüm orijinal metadatanın (zaman damgaları, dosya hash'leri, edinme ayrıntıları) doğru bir şekilde korunmasını ve raporlarda açıkça sunulmasını sağlamalıdır, bu da veri bütünlüğü ve orijinallik iddialarını destekler.<sup>15</sup>
- **Özelleştirilebilir Şablonlar ve Kontrol Listeleri:** Kullanıcıların vaka türüne veya kurum gereksinimlerine göre belirli bölümleri, kontrol listelerini ve markalama öğelerini tanımlamalarına olanak tanıyan yüksek düzeyde özelleştirilebilir rapor şablonları sağlanmalıdır.<sup>79</sup> Bu, grafikler ve görüntüler gibi görsel yardımcılarını dahil etme seçeneklerini içerir.<sup>78</sup>

- **Denetim İzleri ve Sürüm Kontrolü:** Rapor oluşturma için otomatik denetim izleri uygulanmalı, raporu kimin, ne zaman ve hangi verileri dahil ederek oluşturduğu belgelenmelidir. Rapor revizyonlarını etkili bir şekilde yönetmek için sürüm kontrolü dahil edilmelidir.<sup>80</sup>

## Derinlemesine Değerlendirme

Geleneksel raporlama, bulguları belgelemeye odaklanmaktadır.<sup>76</sup> Ancak, YZ desenleri ve anormallikleri belirleyebilir (Trend 5) ve çok modlu korelasyon karmaşık anlatılar oluşturabilir (Trend 7). YZ destekli bilgilerle zenginleştirilmiş otomatik raporlama, sadece belgelemenin ötesine geçerek, araştırmacılar için eyleme geçirilebilir istihbarat sunmaya ve sonraki adımları önermeye odaklanmaktadır. Bu, raporları statik kayıtlardan dinamik soruşturma araçlarına dönüştürmektedir. Araç, sadece raporlar üretmekle kalmayıp, aynı zamanda raporlanan verilerin etkileşimli olarak keşfedilmesine olanak tanıyan, belki de aracın içindeki ham delillere geri bağlantı kuran özellikler entegre etmelidir. Bu, hukuk ekipleri tarafından daha derinleşimli anlama ve karar verme süreçlerini kolaylaştırır.

Raporlamadaki otomasyon, verimlilik ihtiyaçları tarafından yönlendirilmektedir.<sup>79</sup> Ancak, adli bilimler önemli riskler taşır ve kalite hatalarının, özellikle hukuki bağlamlarda, derin sonuçları olabilir.<sup>76</sup> Otomasyon süreçleri hızlandırırken, sağlam kalite yönetim sistemleri, geçerli yöntemler ve gelişen standartlara bağlılık ile desteklenmelidir.<sup>48</sup> Bu, otomatik raporların sadece hızlı değil, aynı zamanda doğru, güvenilir ve yasal olarak savunulabilir olmasını sağlar. Aracın otomatik raporlama özellikleri, "tasarımla kalite" ilkeleriyle tasarlanmalı, yerleşik doğrulama kontrolleri, OSAC/FBI/ENFSI standartlarına uygunluk<sup>83</sup> ve insan denetimi ve incelemesi için açık mekanizmalar içermelidir. Bu, verimliliğin delillerin bütünlüğünü ve kabul edilebilirliğini tehlikeye atmamasını sağlar.

## Sonuç ve Proje Entegrasyonu için Stratejik Öneriler

### Temel Çıkarımların Sentezi

2025 yılında dijital adli bilişim ortamı, veri çıkarımından anomali tespitine, deepfake analizinden otomatik raporlamaya kadar tüm soruşturma aşamalarında Yapay Zeka'nın hızlanan entegrasyonu ile tanımlanmaktadır. Özellikle bulut ortamlarından ve çeşitli IoT cihazlarından gelen veri kaynaklarının çoğalması, dağıtılmış, parçalanmış ve genellikle şifreli kanıtları işleyebilen sofistike araçları zorunlu kılmaktadır. Manipülasyona açık görsel ve işitsel medya için delil bütünlüğünü ve doğrulanabilir bir gözetim zincirini sürdürmek, blok zinciri teknolojisinin sağlam bir çözüm olarak ortaya çıkmasıyla birlikte büyük önem taşımaktadır. Farklı veri türlerini ilişkilendirme (çok modlu analiz) ve karmaşık bilgileri görselleştirme (coğrafi zaman çizelgeleri) yeteneği, eyleme

geçirilebilir istihbarat elde etmek ve ikna edici kanıtlar sunmak için kritik öneme sahiptir. Otomasyon ve standardizasyon yoluyla verimlilik kazanımları, dijital kanıtların hacmini ve karmaşıklığını yönetmek için artık isteğe bağlı değil, zorunlu hale gelmiştir.

## **Proje Entegrasyonu için Öncelikli, Eyleme Geçirilebilir Öneriler**

### **1. YZ Destekli Temel İyileştirmelere Öncelik Verin:**

- **Öneri:** YZ/ML modellerini görsel ve işitsel dosyalar için temel çıkarma ve analiz hattına doğrudan entegre edin.
- **Eyleme Geçirilebilir Adımlar:**
  - EXIF, MediaInfo ve GPS verilerine odaklanarak, otomatik metadata ayrıştırma ve anomali tespiti için özel bir YZ modülü geliştirin (Trend 5).
  - Manipüle edilmiş içeriği otomatik olarak sınıflandırmak ve işaretlemek için YZ destekli deepfake tespiti ve medya doğrulama yeteneklerini uygulayın (Trend 1).
  - Parçalanmış HEIC, MP4 ve MP3 dosyalarının daha iyi kurtarılması için dosya kurtarma algoritmalarını YZ ile geliştirin (Trend 6).
- **Gerekçe:** YZ, verimliliği, doğruluğu ve yeni tehditlerin ele alınmasını sağlayan temel trenddir. Bu entegrasyonlar, projenin temel işlevlerini (çıkarma, metadata, sınıflandırma, bütünlük) doğrudan geliştirir.

### **2. Bulut ve IoT Odaklı Veri Kaynağı Kapsamını Genişletin:**

- **Öneri:** Aracın bulut hizmetlerinden ve daha geniş bir IoT cihaz yelpazesinden veri elde etme ve analiz etme yeteneklerini agresif bir şekilde genişletin.
- **Eyleme Geçirilebilir Adımlar:**
  - Medya ve ilişkili metadatalara odaklanarak, başlıca platformlar (iCloud, Google Drive) için sağlam bulut çıkarma modülleri geliştirin (Trend 2).
  - Akıllı kameralar, giyilebilir cihazlar ve bağlantılı araç verilerine öncelik vererek, yaygın IoT cihaz veri yapıları ve metadataları için ayrıştırıcıları araştırın ve uygulayın (Trend 3).
  - Uçucu verileri yakalamak için mobil ve IoT cihazları için uzaktan edinme yeteneklerini araştırın (Trend 8).
- **Gerekçe:** Bunlar, dijital delillerin en hızlı büyüyen kaynaklarıdır. Bunları göz ardı etmek, aracın 2025'teki uygunluğunu ciddi şekilde sınırlandıracaktır.

### **3. Blok Zinciri ile Uçtan Uca Delil Bütünlüğünü Uygulayın:**

- **Öneri:** Çıkarılan ve analiz edilen tüm deliller için kurcalamaya karşı korumalı bütünlüğü ve doğrulanabilir gözetim zincirini sağlamak için blok zinciri tabanlı çözümleri entegre edin.
- **Eyleme Geçirilebilir Adımlar:**
  - Medya dosyaları ve metadatalarının çıkarılması ve temel analiz aşamalarında otomatik hashing ve zaman damgalama için bir blok zinciri

modülü geliştirin (Trend 4).

- Bu modülün, araç içinde delil üzerinde gerçekleştirilen tüm eylemler için değişmez bir denetim izi oluşturmalarını sağlayın.
  - **Gerekçe:** Dijital delillerin daha kolay manipüle edilebilir hale gelmesiyle, doğrulanabilir bütünlük yasal kabul edilebilirlik ve güvenilirliği sürdürmek için kritik öneme sahiptir. Bu, herhangi bir güvenilir adli bilişim aracı için temel bir gerekliliktir.
4. **Eyleme Geçirilebilir Bilgiler için Veri Korelasyonu ve Görselleştirmeyi Geliştirin:**
- **Öneri:** Çeşitli veri türlerini ilişkilendirmek ve karmaşık ilişkileri görselleştirmek için sofistike özellikler geliştirin.
  - **Eyleme Geçirilebilir Adımlar:**
    - Görsel, işitsel, metinsel ve coğrafi delilleri birbirine bağlamak için çok modlu bir veri füzyon motoru oluşturun (Trend 7).
    - Olayların ve hareket desenlerinin dinamik olarak yeniden yapılandırılmasını sağlamak için GPS metadataları için etkileşimli zaman çizelgesi ve haritalama özelliklerini geliştirin (Trend 9).
  - **Gerekçe:** Ham veri yetersizdir; araştırmacılar, eyleme geçirilebilir istihbarat elde etmek için bağlam sağlayan, gizli bağlantıları ortaya çıkaran ve bulguları açıkça sunan araçlara ihtiyaç duyar.
5. **Otomasyon ve Standardizasyon ile Raporlamayı Kolaylaştırın:**
- **Öneri:** Adli bilişim standartlarına uygun ve mahkemede kabul edilebilir raporlar üreten gelişmiş, otomatik bir raporlama motoru geliştirin.
  - **Eyleme Geçirilebilir Adımlar:**
    - Tüm çıkarılan metadatayı, analiz bulgularını ve bütünlük doğrulama verilerini otomatik olarak çeken özelleştirilebilir rapor şablonları uygulayın (Trend 10).
    - Çıktının birden fazla formatta (JSON, CSV, TXT, PDF) olmasını sağlayın ve gelişen endüstri standartlarına (örneğin, OSAC, FBI QAS) uygun hale getirin.
  - **Gerekçe:** Verimli ve yasalara uygun raporlama, adli sürecin son, kritik adımıdır ve aracın hukuki süreçlerdeki faydasını doğrudan etkiler.

## İleriye Dönük Bakış Açısı

2025 yılında dijital adli bilişimin geleceği, sadece daha fazla veri toplamakla ilgili değil, aynı zamanda bu verileri doğrulanabilir ve yasal olarak savunulabilir bir şekilde akıllıca işlemek, yorumlamak ve sunmakla ilgilidir. Siber tehditlerin artan karmaşıklığı, dijital cihazların ve bulut hizmetlerinin çoğalmasıyla birleştiğinde, adli bilişim araçlarından sürekli yenilik ve uyum talep etmektedir. YZ önyargısı ve veri gizliliği gibi etik hususlar,



araç geliştirme ve dağıtımında merkezi olmaya devam edecek ve soruşturma ihtiyaçları ile bireysel haklar arasında bir denge gerektirecektir. Projenin görsel ve işitsel kanıtlara ve metadatalara odaklanması, bu en önemli trendleri proaktif bir şekilde entegre etmesi koşuluyla, medya orijinallliği ve bağlamsal analizdeki kritik zorlukları ele almak için iyi bir konumdadır. Başarı, aracın, giderek daha karmaşık hale gelen dijital dünyada net, eyleme geçirilebilir ve güvenilir bilgiler sağlayan akıllı bir soruşturma platformuna dönüşme yeteneğine bağlı olacaktır.

### **Alıntılanan çalışmalar**

1. Key Trends in Digital Forensics for 2025: Technological Innovation and Core Challenges, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.salvationdata.com/knowledge/key-trends-in-digital-forensics-for-2025/>
2. The Future of Digital Evidence in 2025 - Mea: Digital Integrity, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.mea-integrity.com/the-future-of-digital-evidence-in-2025/>
3. The Rise of Deepfake Detection Technologies in 2025, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://detecting-ai.com/blog/the-rise-of-deepfake-detection-technologies-in-2025>
4. Research reveals 'major vulnerabilities' in deepfake detectors - CSIRO, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.csiro.au/en/news/all/news/2025/march/research-reveals-major-vulnerabilities-in-deepfake-detectors>
5. Deepfake Trends to Look Out for in 2025 - Pindrop, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.pindrop.com/article/deepfake-trends/>
6. 13 | January 2025 <https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.66641>, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.ijraset.com/best-journal/comprehensive-deep-learning-framework-of-image-audio-and-video-forgery-detection-324>
7. CEO Lee Reiber: The Digital Forensics Landscape in 2025 - What Lies Ahead?, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.oxygenforensics.com/en/resources/digital-forensics-trends-2025/>
8. Top 10 AI Deepfake Detection Tools to Combat Digital Deception in 2025 - SOCRadar, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://socradar.io/top-10-ai-deepfake-detection-tools-2025/>
9. 10 Cybersecurity Best Practices in the Age of AI (2025) | SISA, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.sisainfosec.com/blogs/10-cybersecurity-best-practices-in-the-age-of-ai-2025/>
10. Threat Detection Solutions in 2025 You Need to Know - SISA, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.sisainfosec.com/blogs/threat-detection-solutions-in-2025-you-need-to-know/>

11. Workshop | 2025 ACM Multimedia, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://acmmm2025.org/workshop/>
12. 2025 Workshop on AI for Multimedia Forensics & Disinformation Detection Workshop, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://warwick.ac.uk/fac/sci/dcs/research/siplab/ai4mfdd2025/>
13. (PDF) MULTI-MODAL DEEP LEARNING APPROACHES FOR ENHANCED AUDIO-VISUAL DEEPFAKE DETECTION - ResearchGate, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
[https://www.researchgate.net/publication/391854317\\_MULTI-MODAL\\_DEEP\\_LEARNING\\_APPROACHES\\_FOR\\_ENHANCED\\_AUDIO-VISUAL\\_DEEPFAKE\\_DETECTION](https://www.researchgate.net/publication/391854317_MULTI-MODAL_DEEP_LEARNING_APPROACHES_FOR_ENHANCED_AUDIO-VISUAL_DEEPFAKE_DETECTION)
14. The Evolution of AI Detectors: Safeguarding Content Authenticity - AutoGPT, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://autogpt.net/evolution-ai-detectors-content-authenticit/>
15. What to Know About EXIF Data, a More Subtle Cybersecurity Risk - ISACA, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.isaca.org/resources/news-and-trends/industry-news/2025/what-to-know-about-exif-data-a-more-subtle-cybersecurity-risk>
16. Confronting AI-based Narrative Manipulation in 2025: Top Tech Challenges and Solutions, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://blackbird.ai/blog/confronting-ai-narrative-manipulation/>
17. (PDF) Future Trends in AI and Digital Forensics - ResearchGate, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
[https://www.researchgate.net/publication/387692303\\_Future\\_Trends\\_in\\_AI\\_and\\_Digital\\_Forensics](https://www.researchgate.net/publication/387692303_Future_Trends_in_AI_and_Digital_Forensics)
18. Revolutionizing Cyber Forensics: Advance Digital Evidence Analysis through Machine Learning Techniques Volume 3, Issue 4 (2025) - ResearchGate, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
[https://www.researchgate.net/publication/390957291\\_Revolutionizing\\_Cyber\\_Forensics\\_Advance\\_Digital\\_Evidence\\_Analysis\\_through\\_Machine\\_Learning\\_Techniques\\_Volume\\_3\\_Issue\\_4\\_2025](https://www.researchgate.net/publication/390957291_Revolutionizing_Cyber_Forensics_Advance_Digital_Evidence_Analysis_through_Machine_Learning_Techniques_Volume_3_Issue_4_2025)
19. Digital Forensics: Confronting Modern Cyber Crimes, Technological Advancements, and Future Challenges - Herald Scholarly Open Access, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.heraldopenaccess.us/openaccess/digital-forensics-confronting-modern-cyber-crimes-technological-advancements-and-future-challenges>
20. Cloud Forensics for eDiscovery: Unlocking Cloud Data in Legal Investigations, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.oxygenforensics.com/en/resources/cloud-forensics-ediscovery/>
21. Understanding Cloud Forensics: Recovering Online Evidence, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.carneyforensics.com/digital-forensics-services/cloud-forensics/>
22. Top 5 Mobile Forensic Challenges in 2025, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://hawkeyeforensic.com/top-5-mobile-forensic-challenges-in-2025/>
23. Mobile Forensics in eDiscovery: Leveraging Oxygen Forensics for Modern Investigations, erişim tarihi Haziran 5, 2025,

- <https://www.oxygenforensics.com/en/resources/mobile-forensics-ediscovery/>
24. Top 10 Supported Cloud Services - Oxygen Forensics, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.oxygenforensics.com/en/resources/top-cloud-services-supported-by-oxygen-forensics/>
  25. Emerging Trends and Technologies in Digital Forensics Investigations - Cognyte, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.cognyte.com/blog/digital-forensics-investigations/>
  26. Digital Forensics in eDiscovery: A Comprehensive Guide to Modern Investigations, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.oxygenforensics.com/en/resources/digital-forensics-ediscovery/>
  27. What is Metadata Forensics & How is it Used in Investigations - Proven Data, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.provengdata.com/blog/what-is-metadata-forensics/>
  28. Vehicle Infotainment Digital Forensics, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.envistaforensics.com/services/digital-forensics-services/vehicle-infotainment-forensics/>
  29. 2025 Industry Trends in IP Video Surveillance - Kenton Brothers Systems for Security, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://kentonbrothers.com/video-surveillance/2025-industry-trends-in-ip-video-surveillance/>
  30. Top 7 Embedded Vision Technologies Transforming Industry in 2025 - Jaycon, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.jaycon.com/7-embedded-vision-technologies-of-2025/>
  31. Friend or Foe? Evaluating Sensor-based Information Side-Channels and Covert Communication Channels on Modern Wearable Devices - ICS | UTSA, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://ics.utsa.edu/dissertations/2024-Raveen-%20Wijewickrama.pdf>
  32. Imaging Trends in 2025: Shaping the Future of Security and Surveillance, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.edge-ai-vision.com/2025/05/imaging-trends-in-2025-shaping-the-future-of-security-and-surveillance/>
  33. Cyber4Drone: A Systematic Review of Cyber Security and Forensics in Next-Generation Drones - ResearchGate, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
[https://www.researchgate.net/publication/371947373\\_Cyber4Drone\\_A\\_Systematic\\_Review\\_of\\_Cyber\\_Security\\_and\\_Forensics\\_in\\_Next-Generation\\_Drones](https://www.researchgate.net/publication/371947373_Cyber4Drone_A_Systematic_Review_of_Cyber_Security_and_Forensics_in_Next-Generation_Drones)
  34. Cyber4Drone: A Systematic Review of Cyber Security and Forensics in Next-Generation Drones - MDPI, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
[https://www.mdpi.com/2504-446X/7/7/430?type=check\\_update&version=2](https://www.mdpi.com/2504-446X/7/7/430?type=check_update&version=2)
  35. AI Surveillance System Trends You Can't Ignore in 2025 - VORTEX Cloud, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.vortexcloud.com/resource/blog/surveillance-system>
  36. Digital Forensics: Definition and Best Practices - SentinelOne, erişim tarihi Haziran 5, 2025,  
<https://www.sentinelone.com/cybersecurity-101/cybersecurity/digital-forensics/>

37. The Application of Blockchain Technology in the Field of Digital Forensics: A Literature Review - MDPI, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.mdpi.com/2813-5288/3/1/5>
38. Blockchain-based Systems for Securing and Sharing Forensic Evidence, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://publicsafety.ieee.org/topics/blockchain-based-systems-for-securing-and-sharing-forensic-evidence>
39. Blockchain-based Systems for Securing and Sharing Forensic Evidence, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://publicsafety.ieee.org/topics/blockchain-based-systems-for-securing-and-sharing-forensic-evidence/>
40. intapi.sciendo.com, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://intapi.sciendo.com/pdf/10.2478/ias-2024-0007>
41. The deepfake dilemma: Can blockchain restore truth? - CoinGeek, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://coingeek.com/the-deepfake-dilemma-can-blockchain-restore-truth/>
42. Constellation Network launches digital evidence to unlock the trillion dollar transparency economy - Cointelegraph, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://cointelegraph.com/press-releases/constellation-network-launches-digital-evidence-to-unlock-the-trillion-dollar-transparency-economy>
43. Digital Evidence Management Market | Industry Report, 2030 - Grand View Research, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/digital-evidence-management-market-report>
44. Forensic Science in 2025: Navigating Future of Crime Investigation, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://drsattendra.com/forensic-science-in-2025/>
45. Metadata Analysis: Process, Techniques, and Best Practices | Fidelis Security, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://fidelissecurity.com/cybersecurity-101/network-security/metadata-analysis/>
46. Digital Forensics in the Age of Large Language Models - arXiv, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://arxiv.org/html/2504.02963v1>
47. 16 | PDF | Encryption | Databases - Scribd, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://pt.scribd.com/document/851820608/16>
48. April 3, 2025 M-25-21 MEMORANDUM FOR THE HEADS OF EXECUTIVE DEPARTMENTS AND AGENCIES FROM: R~ssell T. Vought \ 1 \ Director \ J - The White House, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2025/02/M-25-21-Accelerating-Federal-Use-of-AI-through-Innovation-Governance-and-Public-Trust.pdf>
49. File Carving: An Essential Method for Data Recovery and Digital Forensics - NBFTools, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.nbftools.com/file-carving/>
50. How Data Forensics Helps Rebuild Fragmented Files, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://eclipseforensics.com/how-data-forensics-helps-rebuild-fragmented-files/>
51. Recovering Deleted Digital Evidence with Digital Forensics - TenIntelligence, erişim tarihi Haziran 5, 2025,

- <https://tenintel.com/recovering-deleted-digital-evidence/>
52. File Extraction in Digital Forensics: How to Recover Hidden Data from Damaged Devices, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://eclipseforensics.com/file-extraction-in-digital-forensics-how-to-recover-hidden-data-from-damaged-devices/>
53. 5 Best Professional Data Recovery Software Tools (2025), erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://ratings.pandorarecovery.com/best-professional-data-recovery-software/>
54. Decoding HEIC: How to Switch to JPG on Your iPhone and Convert Existing Files - South Carolina Press Association, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://scpress.org/decoding-heic-how-to-switch-to-jpg-on-your-iphone-and-convert-existing-files/>
55. Forensic Considerations for the High Efficiency Image File Format (HEIF) | Request PDF, erişim tarihi Haziran 5, 2025, [https://www.researchgate.net/publication/342906277\\_Forensic\\_Considerations\\_for\\_the\\_High\\_Efficiency\\_Image\\_File\\_Format\\_HEIF](https://www.researchgate.net/publication/342906277_Forensic_Considerations_for_the_High_Efficiency_Image_File_Format_HEIF)
56. The Metadata Vanishes | Ball in your Court, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://craigball.net/2020/11/20/the-metadata-vanishes/>
57. Improved metadata parsing for HEIC files · Issue #594 · drewnoakes/metadata-extractor, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://github.com/drewnoakes/metadata-extractor/issues/594>
58. [2025] How to Repair MP3 Audio Files Online - 7 Best Ways - AnyRecover, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.anyrecover.com/file-repair/fix-mp3/>
59. An Investigation on File Carving Tool Methodologies Using Scenario Based Image Creation, erişim tarihi Haziran 5, 2025, [https://www.researchgate.net/publication/377735361\\_An\\_Investigation\\_on\\_File\\_Carving\\_Tool\\_Methodologies\\_Using\\_Scenario\\_Based\\_Image\\_Creation](https://www.researchgate.net/publication/377735361_An_Investigation_on_File_Carving_Tool_Methodologies_Using_Scenario_Based_Image_Creation)
60. (PDF) A Survey on Multimedia File Carving - ResearchGate, erişim tarihi Haziran 5, 2025, [https://www.researchgate.net/publication/289685672\\_A\\_Survey\\_on\\_Multimedia\\_File\\_Carving](https://www.researchgate.net/publication/289685672_A_Survey_on_Multimedia_File_Carving)
61. Digital Forensics Round-Up, April 02 2025, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.forensicfocus.com/news/digital-forensics-round-up-april-02-2025/>
62. HEIF Image Extensions | Enhance Compatibility and Quality Effortlessly - Repairit, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://repairit.wondershare.com/photo-repair/heif-image-extensions.html>
63. Discovering the Best HEIC File Converters in 2025 - Repairit - Wondershare, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://repairit.wondershare.com/photo-repair/top-heic-file-converter.html>
64. A quick guide to digital image forensics | CameraForensics, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://cameraforensics.com/blog/2020/03/06/a-quick-guide-to-digital-image-forensics-in-2020/>
65. Proceedings - ICMI 2025 :: 27th ACM International Conference on Multimodal Interaction, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://icmi.acm.org/2025/proceedings/>

66. Multimodal machine learning for deception detection using behavioral and physiological data - PubMed, erişim tarihi Haziran 5, 2025, [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40089524/?utm\\_source=SimplePie&utm\\_medium=rss&utm\\_campaign=pubmed-2&utm\\_content=1DqqLY7i9lcf9J\\_Blwh0PRg\\_lq4ZdpZVa2NCCBt\\_Z5SBUCUY-a&fc=20220524054013&ff=20250316140751&v=2.18.0.post9+e462414](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40089524/?utm_source=SimplePie&utm_medium=rss&utm_campaign=pubmed-2&utm_content=1DqqLY7i9lcf9J_Blwh0PRg_lq4ZdpZVa2NCCBt_Z5SBUCUY-a&fc=20220524054013&ff=20250316140751&v=2.18.0.post9+e462414)
67. NightHawk - Digital Data & Analytics for Investigators - LeadsOnline, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://leadsonline.com/nighthawk>
68. Forensic Handwritten Document Analysis Challenge - IEEE MetroXRaine 2025, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.metroxraine.org/forensic-handwritten-document-analysis-challenge>
69. Towards Human Explainable Digital Forensics: Generating Human Interpretable Evidence for Semantic Understanding in Manipulated Images and Text - Scholars Archive, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://scholarsarchive.library.albany.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1134&context=etd>
70. 2025 Conference Program - Techno Security & Digital Forensics Conference, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.technosecurity.us/east/conference-program/2025-program>
71. Invitation | 2025 Geospatial Intelligence Software Technology Conference - SuperMap, erişim tarihi Haziran 5, 2025, [https://www.supermap.com/en-us/news/?93\\_4099.html](https://www.supermap.com/en-us/news/?93_4099.html)
72. Digital Forensics Round-Up, January 29 2025, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.forensicfocus.com/news/digital-forensics-round-up-january-29-2025/>
73. Top 10 GIS Tools to Watch in 2025 - Atlas.co, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://atlas.co/blog/top-10-gis-tools-to-watch-in-2025/>
74. 10 Best Geographic Information Systems (GIS) in 2025 - Research.com, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://research.com/software/guides/best-geographic-information-systems>
75. Digital Forensics Round-Up, May 07 2025, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.forensicfocus.com/news/digital-forensics-round-up-may-07-2025/>
76. Impact of Digital Forensics in Modern Crime Scene Investigations - Post University, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://post.edu/blog/impact-of-digital-forensics-in-modern-crime-scene-investigations/>
77. Digital Forensics Round-Up, May 14 2025, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.forensicfocus.com/news/digital-forensics-round-up-may-14-2025/>
78. Top 10 Forensic Evidence PowerPoint Presentation Templates in 2025 - SlideTeam, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.slideteam.net/top-10-forensic-evidence-powerpoint-presentation-templates>
79. Forensics Report - SUMURI, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://sumuri.com/product/forensics-report/>
80. Forensic Report Writing: Best Practices & Examples - Focal, erişim tarihi Haziran 5,



2025,

<https://www.getfocal.co/post/forensic-report-writing-best-practices-and-examples>

81. State of Enterprise DFIR 2025 Report - CDOTrends, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.cdotrends.com/white-paper/4517/state-enterprise-dfir-2025-report>
82. Forensic Science Regulator Draft Code of Practice 2025 (Version 2) - GOV.UK, erişim tarihi Haziran 5, 2025, [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/67daba1e594182179fe0883b/E03313596+-+CoP+Forensic+Science+Regulator+2025\\_A4\\_v02\\_Web+Accessible.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/67daba1e594182179fe0883b/E03313596+-+CoP+Forensic+Science+Regulator+2025_A4_v02_Web+Accessible.pdf)
83. OSAC Standards Bulletin - January 2025 | NIST, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://www.nist.gov/magazine/osac-standards-bulletin/january-2025>
84. 2025 FBI Quality Assurance Standards - A2LA, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://a2la.org/2025-fbi-quality-assurance-standards/>
85. Best Practice Manuals and Forensic Guidelines - ENFSI, erişim tarihi Haziran 5, 2025, <https://enfsi.eu/about-enfsi/structure/working-groups/documents-page/documents/best-practice-manuals/>