QANUN № 08 (382), 2026, s. 185-199

Səlimov Kamil Nazim oğlu,
hüquq elmləri doktoru, professor, Bakı Dövlət Universitetinin
Kriminalistika və məhkəmə ekspertizası kafedrasının müdiri
Ünvan: Bakı şəhəri, Akademik Zahid Xəlilov küçəsi, 33
E-mail: bsu.kamil.salimov@mail.ru

UOT 347.963
DOI: https://doi.org/10.30546/2218-9130.008.382.2026.1193

DRONLARIN KRİMİNALİSTİK ANALİZİ

Açar sözlər: *pilotsuz uçuş aparatları (PUA), rəqəmsal krminalistika, işlək sistemlərin ekspetyizası, cinayət məsuliyyəti, süni intellekt.*

Ключевые слова: *беспилотные летательные аппараты (БПЛА), цифровая криминалистика, экспертиза операционных систем, уголовная ответственность, искусственный интеллект.*

Keywords: *unmanned aerial vehicles (UAVs), digital forensics, operational systems expertise, criminal liability, artificial intelligence.*

Giriş

Son illərdə müxtəlif sahələrdə dronlardan istifadə davamlı olaraq artmaqdadır. Federal Aviasiya Administrasiyasının (FAA) Pilotsuz Uçuş Aparatları (PUA) şöbəsinin rəsmi məlumatlarına əsasən, ABŞ-da 1,7 milyondan çox dron qeydiyyatdan keçmişdir və yaxın bir neçə il ərzində bu rəqəmin iki dəfə artacağı gözlənilir. Bu artım dronların daha əlçatan olması və onların aerofotoçəkiliş, axtarış-xilasetmə əməliyyatları, çatdırılma xidmətləri və digər müxtəlif sahələrdə geniş tətbiqi ilə əlaqədardır.

Dronlardan istifadənin genişlənməsi onların iştirakı ilə baş verən qəza və insidentlərin sayının artmasına səbəb olur. Bu isə rəqəmsal kriminalistika qarşısında yeni və ciddi vəzifələr qoyur. Belə vəzifələrə hadisə yerinin araşdırılması, qəzanın səbəbləri ilə bağlı məlumatların toplanması və təhlili, eləcə də digər kriminalistik tədqiqatların aparılması daxildir.Ənənəvi araşdırma metodları çox əmək tələb edir, yüksək maliyyətlidir, kifayət qədər səmərəli olmaya bilər və istintaq prosesində iştirak edən ekspertlər və digər şəxslər üçün təhlükəsizlik riskləri yarada bilər. Dronların iştirakı ilə baş verən insidentlərin araşdırılması təcrübəsi nəticəsində rəqəmsal kriminalistikanın yeni istiqaməti — **pilotsuz uçuş aparatları ilə bağlı kriminalistika (Drone Forensics)** formalaşmışdır. Bu istiqamət **Pilotsuz Uçuş Sistemləri (Unmanned Aircraft Systems — UAS)** texnologiyalarının araşdırılması, dronlardan əldə edilən rəqəmsal sübutların toplanması, saxlanılması və təhlili ilə bağlı xüsusi metod və yanaşmaları özündə birləşdirir.

Bununla yanaşı, son onilliklərdə pilotsuz texnologiyaların sürətli inkişafı və yayılması müxtəlif təhdidlərin artmasına səbəb olmuşdur. Xüsusilə, dronların istifadəsi ilə törədilən hücumların, cinayətlərin və baş verən qəzaların sayı daim artır və bu da sistemli reaksiya vermə ehtiyacını gücləndirir. Mövcud reaksiya strategiyaları əsasən dronların aşkar edilməsi, identifikasiyası və zərərsizləşdirilməsi kimi real vaxt rejimində müdafiəyə yönəlmiş texnologiya və siyasətlərə fokuslanır. Lakin son zamanlar hadisədən sonra dronların uçuş trayektoriyasını, pilot barədə məlumatları və qəzanın səbəbini müəyyən etməyə imkan verən dron kriminalis-

tik ekspertizasının əhəmiyyəti xüsusilə vurğulanır. Dronların kriminalistik ekspertizası ənənəvi rəqəmsal kriminalistika ilə qeyri-rəqəmsal (fiziki) kriminalistikanın elementlərini, eləcə də hadisədən dərhal sonra məlumatları toplayan və təhlil edən real vaxt rejimli kriminalistika texnologiyalarını birləşdirərək həlledici rol oynayır.

Dronların kriminalistik ekspertizası ümumi kriminalistika ilə müqayisədə fərqli texniki xüsusiyyətlərə malikdir və bu tədqiqatda sözügedən texniki xüsusiyyətləri əks etdirən, fənlərarası səviyyədə araşdırılmış sistemli analitik struktur və təhlil alqoritmi təqdim olunur. Burada hazırda istifadə edilən əsas dron kriminalistik ekspertizası texnologiyaları hərtərəfli nəzərdən keçirilir. Bu, dronların iştirakı ilə keçirilən ekspertiza nəticələrinin hüquqi etibarlılığını təmin etməyə və onların sübut kimi faydalılığını artırmağa kömək edəcəkdir.

Pilotsuz uçuş aparatları hərbi əməliyyatlarda əsas strateji vasitəyə çevrilir, bunu Rusiya ilə Ukrayna, ABŞ ilə İran İslam Respublikası, həmçinin İran ilə bir sıra Fars körfəzi ölkələri arasındakı mövcud münaqişələr də sübut edir. Əgər başlanğıcda dronlardan əsasən kəşfiyyat və müşahidə üçün istifadə olunurdusa, hazırda pilotsuz aparatlar yüksək dəqiqlikli zərbələr endirməyə qadir olan döyüş silahına çevrilmişdir və müasir müharibədə mühüm qüvvəyə çevrilməkdədir [1, s.2].

Hərbi tətbiqlərlə yanaşı, pilotsuz aparatlar ictimai təhlükəsizliyin təmin edilməsi, sənaye təftişi, logistika və nəqliyyat, kənd təsərrüfatının monitorinqi, həmçinin televiziya və radio çəkilişləri də daxil olmaqla, mülki və kommersiya sahələrində geniş istifadə spektrinə malikdir. Bu texnologiya və sənaye inkişaf etməkdə davam edir. Lakin pilotsuz aparatların istifadəsi genişləndikcə, terror, cinayət, qəza və qanunsuz müdaxilələrin də sayı artır, dronlardan gələn təhdidlər isə getdikcə daha mürəkkəb və şaxəli xarakter alır. Bu kontekstdə pilotsuz uçuş aparatlarının (PUA) kriminalistik ekspertizası getdikcə daha böyük əhəmiyyət kəsb edir; bu ekspertiza kriminalistik sübutların əldə edilməsi, uçuş qeydlərinin, pilot məlumatlarının və texniki nasazlıqların müəyyənləşdirilməsi üçün dronları analiz edir.

Dronların təkcə müharibə silahı kimi deyil, həm də gündəlik cinayətlərin törədilməsi və ictimai təhlükəsizliyə təhdid vasitəsi kimi getdikcə daha çox istifadə olunması səbəbindən dronlara qarşı reaksiya yanaşması dəyişməlidir. Əvvəllər texnologiya və siyasət dronların aşkar edilməsi, izlənilməsi, identifikasiyası və zərərsizləşdirilməsi kimi real vaxt rejimində cavab tədbirlərinə yönəlmişdi, lakin onların əsas təhdidi aradan qaldırmaq imkanları məhdud idi. Xüsusilə dronların qanunsuz müdaxilələri, videoçəkilişlər, yüklərin atılması və haker hücumları ilə bağlı hallarda, təhdidin ilkin səbəbini müəyyən etmək və gələcək reaksiya strategiyalarını təkmilləşdirmək üçün hadisədən sonrakı analiz və sübutların toplanması həlledici əhəmiyyət kəsb edir.

Dronların məhv edilməsindən sonrakı bu araşdırmalar rəqəmsal kriminalistika, videoanaliz, sensor məlumatlarının interpretasiyası və naqilsiz rabitə qeydlərinin izlənilməsi kimi müxtəlif texnologiyaları birləşdirən dron kriminalistik ekspertizası sistemi vasitəsilə həyata keçirilir. Bu sistem cinayət təhqiqatlarının profilaktika və hadisə yerində saxlanılma ilə koordinasiyalı şəkildə işləməli olduğu kimi, aşkarlama, reaksiya vermə və analizə kompleks yanaşma tələb edir.Pilotsuz uçuş aparatlarının kriminalistik ekspertizasının əsas aspektlərini təhlil etməklə, dron ekspertizası konsepsiyasını müəyyənləşdirməklə, həmçinin ümumi kriminalistika ilə oxşar və fərqli cəhətləri üzə çıxarmaqla dronların kriminalistik ekspertizasına həsr olunmuş hərtərəfli sistem yaratmaq mümkündür. Dron kriminalistikası ümumi kriminalistik metodlardan fərqlənən xüsusiyyətlərə malikdir və tez-tez müxtəlif kriminalistik üsulların birgə tətbiqini tələb edir. Ona görə də, yuxarıda qeyd edildiyi kimi, bu məqamları nəzərə alan kompleks konsepsiya və sistem hazırlanmalıdır.

Dronlardan əldə edilən məlumatların spesifik xüsusiyyətlərindən asılı olaraq, bu xüsusiyyətləri

ehtiva edən xüsusi icra alqoritmlərinin tətbiqi tələb olunur. PUA-lardan əldə olunan məlumatların təhlili alqoritmləri ümumi məlumat analizi alqoritmlərindən fərqlənə bilər; bu səbəbdən tədqiqatın hər bir mərhələsində spesifik aspektlərin nəzərə alınması və analiz edilməsi zəruridir. Qeyd olunan amilləri əhatə edən kompleks təhlil alqoritminin qurulması üçün bu spesifik məqamların elmi-praktiki cəhətdən qiymətləndirilməsi vacib şərtdir. Bu tədqiqat çərçivəsində pilotsuz uçuş aparatlarının istifadəsindən qaynaqlanan müasir təhdidlər təhlil edilmişdir. PUA-ların kriminalistik xüsusiyyətlərinə əsaslanaraq, əldə edilən sübutların hüquqi etibarlılığını və sübutluq dəyərini artırmaq məqsədilə müvafiq ekspertiza sistemi və analiz alqoritmləri detallı şəkildə araşdırılmış, həmçinin bu sahədəki texnoloji inkişaf istiqamətləri müəyyənləşdirilmişdir.

Pilotsuz uçuş aparatlarının təkamülü və miqyaslanması

ABŞ, Böyük Britaniya, Çin, İran və digər dövlətlər tərəfindən PUA-ların fəal tətbiqi bu texnologiyaların ilkin olaraq hərbi sahədə inkişaf etdiyini nümayiş etdirir [3]. Zaman keçdikcə dronlar ticarət, kənd təsərrüfatı, ətraf mühitin mühafizəsi, energetika və təhlükəsizlik-müşahidə sistemləri daxil olmaqla, müxtəlif mülki sektorlarda da tətbiq sahələrini genişləndirmişdir [4].

Statistik göstəricilərə əsasən, mülki dronlar bazarı sürətlə böyüməkdədir:

- 2024-cü ildə təxminən 10,55 milyard ABŞ dolları dəyərində qiymətləndirilən mülki PUA bazarı, illik orta hesabla 18,6% artım tempi (CAGR) nümayiş etdirərək 2033-cü ilə qədər 49 milyard dollara çatacaqdır [5].
- Hərbi PUA bazarının isə illik orta hesabla 11,2% artım tempi ilə 2025-ci ildəki 24,2 milyard dollardan 2033-cü ilə qədər 56,69 milyard dollara yüksələcəyi proqnozlaşdırılır [6].

Qeyd olunan statistik göstəricilər bu qlobal bazarın davamlı artım dinamikasını bir daha sübut edir. Lakin dronların kəmiyyət göstəricilərinin və funksional təyinatlarının artması, paralel olaraq bu texnologiyaların tətbiqi ilə törədilən hüquqazidd əməllərin də artmasına zəmin hazırlayır. ABŞ Ədliyyə Nazirliyi (DOJ), Federal Təhqiqat Bürosu (FBI) və Bard Kollecinin Dronların Öyrənilməsi Mərkəzinin hesabatlarına əsasən, pilotsuz uçuş aparatlarının (UAS/drones) cinayətkar məqsədlərlə istifadəsi kifayət qədər geniş bir spektri əhatə etməkdədir.

Dronların tətbiqi ilə törədilən əsas cinayətlər (ABŞ Ədliyyə Nazirliyinin məlumatlarına əsasən)

Qaçaqmalçılıq və qanunsuz dövriyyə:

- Həbsxanaların və islah müəssisələrinin ərazilərinə qadağan olunmuş əşyaların (narkotik vasitələr, mobil telefonlar, silahlar) çatdırılması.
- Dronlardan dövlət sərhədi vasitəsilə narkotik maddələrin daşınması üçün istifadə edilməsi.

Təhlükəsizlik təhdidləri və «kinetik» hücumlar:

- Dronların təhlükəli maddələrlə (kimyəvi, bioloji, radioloji) və ya silahlarla təchiz edilməsi.
- Kritik infrastruktur obyektlərinə, dövlət müəssisələrinə, şəxsi heyətə, eləcə də kütləvi tədbirlərə (konsertlər, idman yarışları) yönəlmiş hücumlar.

Mülki aviasiyanın və hüquq-mühafizə orqanlarının fəaliyyətinə maneə törədilməsi:

- Pilotlu uçuş aparatlarının (təyyarələr, helikopterlər) hərəkətinə və aeroportların işinə maneələrin yaradılması.
- Fövqəladə hallar xidmətlərinin fəaliyyətinə (məsələn, meşə yanğınlarının söndürülməsi zamanı) müdaxilə edilməsi.
- Taktiki fəaliyyət metodlarını müəyyənləşdirmək məqsədilə hüquq-mühafizə orqanlarının gizli şəkildə izlənilməsi.

Casusluq və şəxsi həyatın toxunulmazlığının pozulması:

- Obyektlərin (sənaye casusluğu) və ya fiziki şəxslərin qanunsuz şəkildə izlənilməsi.
- Şəxsi həyatın toxunulmazlığı hüququnun pozulması (özəl mülkiyyətlər üzərində alçaq hündürlükdə uçuşların reallaşdırılması).

Hava məkanının pozulması (TFR):

- Federal Aviasiya Administrasiyası (FAA) tərəfindən müəyyən edilmiş qadağan olunmuş zonalarda (məsələn, hərbi bazalar, enerji obyektləri üzərində və ya FDC 6/4375 müvəqqəti uçuş məhdudiyyətləri (TFR) zamanı) uçuşların həyata keçirilməsi [7, s. 25].

Pilotsuz uçuş aparatları mexaniki, kimyəvi və proqram təminatı da daxil olmaqla, müxtəlif texnologiyaların sintezindən ibarətdir. Dronların iştirakı ilə keçirilən kriminalistik ekspertizanın səmərəli təşkili üçün bu cihazların texniki və mexaniki xüsusiyyətlərini dərindən anlamaq zəruridir. Dronlar materialşünaslıq, akkumulyatorlar, kameralar, proqram təminatı, sensorlar və rabitə üsulları da daxil olmaqla, geniş spektrli qabaqcıl texnologiyalardan istifadə edir. İlkin mərhələlərdən fərqli olaraq, bu texnologiyalar getdikcə daha çox ixtisaslaşır. Məsələn, ilk "DJI Mavic" modellərində "GoPro" kameralarından istifadə olunurdusa, ən yeni "DJI Mavic 4 Pro" modeli 360 dərəcə dönə bilən kamera ilə təchiz edilmişdir ki, bu da kifayət qədər nadir konstruktiv həll hesab olunur. Nəticə etibarilə, pilotsuz aparatlara xas olan texnologiyalar davamlı olaraq təkmilləşir və hazırda qarşıda duran əsas vəzifə dronların daha kiçik, yüngül, effektiv və avtonom olmasını təmin etməkdən ibarətdir [7, s. 30].

Pilotsuz uçuş aparatlarında (PUA) istifadə olunan əsas texnologiyalar aşağıdakı materiallarla müəyyən edilir:

- Çəkini azaltmaq, möhkəmliyi artırmaq və digər texniki xüsusiyyətləri yaxşılaşdırmaq məqsədilə plastiklər, metallar, karbon lifli kompozitlər və digər müasir materiallardan istifadə olunur.
- Bundan əlavə, hərəkətverici qurğuların texnologiyası, pərlər (propellerlər) və uçuşun təmin edilməsində istifadə olunan digər vasitələr xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu texnologiyalar aşağı səs səviyyəsi, yüksək səmərəlilik və perspektiv olaraq pərsiz hərəkət sistemlərinin tətbiqinə yönəlmişdir.

Bundan başqa, dronlar aşağıdakı texniki xüsusiyyətlərlə xarakterizə olunur [7, s. 26]:

- Akkumulyator batareyasının mövcudluğu;
- Akkumulyatorla işləyən dronlar üçün hərəkətverici qurğu;
- Maksimum avtonom işləmə müddəti və batareyanın səmərəliliyi (uçuş məsafəsi və doldurulma müddəti).

Bundan əlavə:

- Akkumulyatorla işləyən pilotsuz uçuş aparatları üçün hərəkətverici sistemlər;
- Yanacaqla işləyən pilotsuz uçuş aparatları üçün hərəkətverici sistemlər;
- Yanacaq növlərinin çeşidinin genişləndirilməsi və onların səmərəliliyinin artırılması (uçuş məsafəsi, təhlükəsizlik və s.). Bu məqsədlə hidrogen, kimyəvi yanacaq və digər alternativ enerji mənbələrindən istifadə edilir.

Dronlarda quraşdırılmış kameralar aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirir:

- Pilotlaşdırma və videoçəkilişin həyata keçirilməsi;
- Uçuşun sabitliyinin təmin edilməsi, termal (termovizion) görüntülərin əldə edilməsi və digər funksiyalar;
- Bəzi sistemlərdə kameralar uçuş nəzarətçisi (Flight Controller – FC) ilə inteqrasiya olunmuş şəkildə fəaliyyət göstərir.

Dronların mərkəzi idarəetmə bloku aşağıdakı funksiyaları təmin edir:

- Uçuş aparatının sabitliyini, daxili sensorların işini və uçuş təhlükəsizliyini təmin edir;
- Wi-Fi, LTE və digər mövcud telekommunikasiya şəbəkələri vasitəsilə rabitəni həyata keçirir;
- Manevr məsafəsini idarə edir və toqquşmaların qarşısını alır;
- Uçuşun idarə edilməsi və pilotlaşdırılması üçün proqram təminatını işləyir, uçuş trayektoriyasını müəyyən edir, maneələrin qarşısını alır, obyektlərin izlənilməsini və digər funksiyaları yerinə yetirir.

Dronlarda quraşdırılan sensorlar aşağıdakı növlərə bölünür:

- Ultrasəs sensorları;

- Vizual (optik) sensorlar;
- Digər növ sensorlar.

Bu sensorlar uçuş zamanı köməkçi funksiyalar yerinə yetirir, maneələrlə toqquşmanın qarşısını alır və digər mühüm vəzifələrin icrasını təmin edir.

Dronlardan qaynaqlanan təhlükələr üç əsas kateqoriyaya bölünə bilər. Bu təhlükələr uçuşun məqsədinə, vurulan zərərin növünə və operatorun niyyətinə görə təsnif edilir. Ümumilikdə, dronlardan irəli gələn təhlükələr dron hücumları (dronlardan istifadə etməklə törədilən terror aktları), dronlardan istifadə edilməklə törədilən cinayətlər və dronların iştirakı ilə baş verən qəzalar olmaqla üç qrupa ayrılır.

Dron hücumları pilotsuz uçuş aparatlarının istifadəsi ilə bağlı əsas təhlükələrdən biri hesab olunur. Bu hücumlar PUA-lardan istifadə etməklə həyata keçirilən partizan əməliyyatlarından başlayaraq, konkret şəxslərə və ya obyektlərə qarşı törədilən terror aktlarına, eləcə də genişmiqyaslı hərbi əməliyyatlara qədər müxtəlif formalarda ola bilər. Bir sıra tədqiqatlara əsasən, yalnız 2016–2019-cu illər ərzində terror təşkilatları tərəfindən dronlardan istifadə ilə bağlı 76 təsdiqlənmiş hadisə qeydə alınmış, nəticədə 50 nəfər həlak olmuş, 132 nəfər isə yaralanmışdır. Gələcəkdə bu cür hücumların sayının artacağı gözlənilir [8, s. 193].

Pilotsuz uçuş aparatları vasitəsilə həyata keçirilən hücumlar həm yüksək texnologiyalı və bahalı hərbi təyinatlı avadanlıqlardan, həm də ayrı-ayrı şəxslər tərəfindən kustar üsulla hazırlanmış və ya modifikasiya edilmiş sadə dronlardan istifadə edilməklə törədilə bilər. Bu cür hücumlarda partlayıcı maddələrdən, adi silahlardan, eləcə də kimyəvi, bioloji, radioloji və nüvə silahlarından istifadə olunması mümkündür [8, s. 194].

Dron hücumları müxtəlif meyarlara əsasən təsnif edilə bilər. Məsələn, hücumun növünə (kütləvi və ya konkret şəxs və obyektlərə qarşı yönəlmiş), həyata keçirilmə üsuluna və miqyasına görə fərqləndirilir. Hücumların xarakteri istifadə olunan uçuş aparatının növündən, tətbiq edilən hücum metodundan və istifadə edilən silah növündən asılı olaraq dəyişə bilər. Dronlardan müxtəlif cinayətlərin törədilməsi məqsədilə də istifadə olunur. Bunlara oğurluq, yaşayış sahəsinə qanunsuz müdaxilə, qanunsuz foto və videoçəkiliş, cəzaçəkmə müəssisələrinə qadağan olunmuş əşyaların və maddələrin qaçaqmalçılıq yolu ilə çatdırılması, həmçinin fiziki şəxslərin və obyektlərin gizli müşahidəsi daxildir. Bundan əlavə, pilotsuz uçuş aparatlarının istismarı qaydalarının pozulması halları da müşahidə edilir. Belə hallara uçuşa qadağan olunmuş zonalarda uçuşların həyata keçirilməsi, idarəetmə qaydalarının pozulması və qeydiyyatdan keçməmiş dronlardan istifadə daxildir. Ümumilikdə, dronlardan istifadə edilməklə törədilən cinayətlər sırasına vətəndaşların şəxsi və intim həyatının qanunsuz qeydə alınması, hərbi obyektlərin fotoşəkillərinin çəkilməsi, həbsxanalara narkotik vasitələrin və rabitə cihazlarının qaçaqmalçılıq yolu ilə çatdırılması, eləcə də polis fəaliyyətinin gizli izlənilməsi aid edilir [10, s. 2].

Dronlarla əlaqədar cinayətlərə həmçinin uçuşa qadağan olunmuş zonaların pozulması, uçuş qaydalarına əməl edilməməsi və pilotsuz uçuş aparatlarının məcburi qeydiyyatı ilə bağlı tələblərin yerinə yetirilməməsi daxildir. Bu sahədə hüquqi tənzimləmə ölkədən ölkəyə müəyyən fərqlər göstərir. Avtomobil və ya aviasiya qəzalarında olduğu kimi, pilotsuz uçuş aparatları da istismar zamanı müxtəlif qəza riskləri ilə üzləşə bilər. Bu cür hadisələr insan amili (operatorun səhlənkarlığı və ya diqqətsizliyi), korpusun texniki nasazlıqları, xarici elektromaqnit maneələri və ya siqnalların boğulması, güclü külək, batareyanın enerji səviyyəsinin aşağı olması, quşlarla toqquşma və digər əlverişsiz amillər nəticəsində baş verə bilər [11]. Bir çox pilotsuz uçuş aparatı müxtəlif əlverişsiz səbəblərdən uçuş zamanı qəzaya uğrayır. Bu səbəblər ətraf mühit amillərinin təsiri, insan faktoru və texniki nasazlıqlar baxımından təhlil edilir və təsnif olunur [12–14].

Pilotsuz uçuş aparatlarının aşkarlanması (deteksiyası) PUA-nın mövcudluğunun müəyyən

edilməsi prosesidir. Bu proses çərçivəsində ilk növbədə dronun havada olub-olmaması müəyyən edilir və onun digər uçan obyektlərdən və ya quşlardan fərqləndirilməsi təmin olunur. PUA-ların aşkarlanması üçün radiotezlik, akustik və optik-vizual üsullardan istifadə edilir. Bu metodların hər biri istismar şəraitindən asılı olaraq öz üstünlüklərinə və məhdudiyyətlərinə malikdir [15, s. 2]. PUA-ların kiçik ölçüləri və uçuş xüsusiyyətləri onların aşkarlanmasını əhəmiyyətli dərəcədə çətinləşdirir. Bu səbəbdən pilotsuz uçuş aparatları hətta nisbətən yaxın məsafələrdə belə aşkarlanması və tanınması çətin olan obyektlər hesab edilir [16]. Radiolokasiya stansiyaları (radarlar) və digər PUA müşahidə sistemləri yüksək maliyyətə malik olmaqla yanaşı, "kor zonalar"a malikdir və quşların uçuşu nəticəsində yaranan yalnış siqnallara (false alarms) da məruz qala bilir. Öz növbəsində, pilotsuz uçuş aparatının identifikasiyası dedikdə həm uçuş aparatı, həm də onun operatoru haqqında məlumatların müəyyən edilməsi və tanınması prosesi başa düşülür [17, s. 87578]. Bu zaman müəyyən edilməlidir ki, havada olan dron qeydiyyatdan keçmiş, dost (friendly), səlahiyyətli (icazəli), mülki və ya hərbi təyinatlı pilotsuz uçuş aparatıdır. Məhz bu identifikasiya prosesinin nəticələri cavab tədbirlərinin görülməsinin zəruri olub-olmadığını müəyyən edir.

Lokal reaksiya (birbaşa yerində müdaxilə) təhlükə yaradan pilotsuz uçuş aparatına birbaşa təsir göstərilməsini nəzərdə tutur. Əsas əks-tədbirlər sırasında PUA-nın kinetik mərmilər vasitəsilə fiziki məhv edilməsi, eləcə də istiqamətləndirilmiş enerji silahlarının tətbiqi yer alır [18].Bununla yanaşı, pilotsuz uçuş aparatlarına fiziki zərər vurmadan onların fəaliyyətinin məhdudlaşdırılması və ya dayandırılması məqsədilə qeyri-kinetik (yumşaq) təsirsizləşdirmə üsullarından da istifadə olunur [19, s. 31496].Belə üsullar qeyri-qanuni və ya icazəsiz dronların fiziki məhv edilmədən radioelektron təsirlə susdurulmasına (jam edilməsi) və ya idarəetməsinin ələ keçirilməsinə imkan verir. Bu məqsədlə antidron silahları, radioelektron maneə (jamming) qurğuları, xüsusi toratan sistemlər (məsələn, şəbəkə atan qurğular) və digər əks-tədbirlər tətbiq edilir.

Pilotsuz uçuş aparatlarının kriminalistik tədqiqi (dron-forensikası) rəqəmsal kriminalistikanın bir sahəsi olub, müsadirə edilmiş və ya qəzaya uğramış PUA-lardan hüquqi əhəmiyyət kəsb edən məlumatların çıxarılması, bərpası və təhlilinə yönəlmişdir [20, s. 99]. Qeydiyyatdan keçməmiş və ya naməlum pilotsuz uçuş aparatlarının identifikasiyası məqsədilə onların uçuş trayektoriyası, uçuş hündürlüyü, foto və video materialları, eləcə də digər texniki parametrləri araşdırılır və təhlil edilir. PUA-nın qəzaya uğraması halında isə kriminalistik ekspertiza zamanı hadisənin başvermə səbəbləri və qəzanın birbaşa amilləri müəyyən edilir [21].

Pilotsuz uçuş aparatlarına (PUA) qarşı mübarizə sistemlərinin yaradılması sahəsində aparılmış müxtəlif tədqiqatlarda müdafiə texnologiyaları üç ardıcıl mərhələ çərçivəsində nəzərdən keçirilir: **aşkarlama**, **identifikasiya** və **pozucu pilotsuz uçuş aparatının neytrallaşdırılması (zərərsizləşdirilməsi)** [23–25]. Bu proses çərçivəsində aşkar edilmiş obyektlərin identifikasiyası süni neyron şəbəkələri texnologiyalarından istifadə edilməklə həyata keçirilə bilər [26].

PUA-ların aşkarlanması müxtəlif passiv müşahidə texnologiyalarının inteqrasiyası əsasında da həyata keçirilə bilər. Bu yanaşma hədəflərin səmərəli şəkildə müəyyən edilməsinə və sonrakı mərhələdə onlara qarşı radioelektron və ya fiziki təsirsizləşdirmə tədbirlərinin tətbiqinə imkan yaradır [27, s. 68].

PUA-lara qarşı mübarizənin effektiv qeyri-kinetik üsullarından biri **spoofinq** (naviqasiya siqnallarının saxtalaşdırılması və ya əvəz edilməsi) texnologiyasıdır. Bu üsul saxta GPS/GLONASS koordinatlarının ötürülməsi yolu ilə pilotsuz uçuş aparatının idarəetməsinin ələ keçirilməsinə və ya onun uçuş marşrutunun dəyişdirilməsinə imkan verir [28]. Bundan əlavə, PUA-nın mühərriklərini və digər həssas konstruktiv elementlərini birbaşa istilik təsiri ilə

sıradan çıxarmaq məqsədilə müasir lazer əsaslı antidron texnologiyalarından geniş istifadə olunur [29, s. 588].

Kritik əhəmiyyətli infrastruktur obyektlərinin mühafizəsi zamanı radioelektron müdaxilənin mümkün olmadığı və ya kifayət qədər effektiv nəticə vermədiyi hallarda, pilotsuz uçuş aparatlarının mexaniki tutulmasına və ya məhv edilməsinə yönəlmiş birbaşa fiziki (kinetik) əks-təsir texnologiyalarından istifadə edilir [30, s. 5521].Məhkəmə ekspertizası cinayətlərin açılması və hüquqi araşdırmaların aparılması məqsədilə elmi metod və prosedurların tətbiq olunduğu fəaliyyət sahəsidir [31].Bu sahə cinayət ədliyyəsi sistemini elmi əsaslarla dəstəkləyən müxtəlif elm sahələrini özündə birləşdirən multidissiplinar xarakter daşıyır [32, s. 7].

Məhkəmə ekspertizası hüquqi müstəvidə sübutların toplanması, təhlili və təqdim edilməsi üçün istifadə olunan geniş elmi metod və texniki vasitələri əhatə edir. Cinayətlə bağlı sübutların əldə olunması müasir ədliyyə sisteminin əsas elementlərindən biri olduğundan, məhkəmə ekspertizasının əhəmiyyəti getdikcə daha da artır [33]. Məhkəmə ekspertizası daim inkişaf edərək fəaliyyət sahəsini genişləndirir. Bu sahəyə ənənəvi kriminalistik istiqamətlər, o cümlədən barmaq izlərinin, DNT nümunələrinin, qan ləkələrinin, mikroskopik sübutların və ballistik materialların tədqiqi ilə yanaşı, biologiya, kimya, psixologiya, psixiatriya, rəqəmsal kriminalistika və digər məhkəmə elmləri də daxildir. Dronlardan istifadə etməklə həyata keçirilən məhkəmə ekspertizasını **pilotsuz uçuş aparatları vasitəsilə müxtəlif kriminalistik sübutların toplanmasına yönəlmiş metod və prosedurların məcmusu** kimi müəyyən etmək olar. Pilotsuz uçuş aparatlarının kriminalistik ekspertizasının əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, dronlar mahiyyət etibarilə **rəqəmsal uçuş aparatları**dır. Bu səbəbdən onların yaddaşında saxlanılan məlumatlar, uçuş jurnalları, telemetriya göstəriciləri və digər rəqəmsal məlumatlar cinayətlərin araşdırılması zamanı mühüm sübut mənbəyi kimi çıxış edir.

Pilotsuz uçuş aparatlarının (PUA) kriminalistik ekspertizəsi aşağıdakı əsas xüsusiyyətlərlə xarakterizə olunur:

1. Dron hərəkət edən obyektdir.

Dronlar kompüterlərdən və digər rəqəmsal qurğulardan fərqli olaraq stasionar deyil, hərəkət edən obyektlərdir. Onlar uçuş üçün nəzərdə tutulduğundan müxtəlif uçuş idarəetmə sistemləri və texniki konfiqurasiyalarla təchiz edilir. Bu xüsusiyyətlərdən asılı olaraq dronun üzərində müxtəlif növ fiziki izlər qala bilər. Belə izlərə barmaq izləri, DNT nümunələri və mikroskopik sübutlar daxildir. Mühərrikin növündən asılı olaraq benzin qalıqları kimi fiziki-kimyəvi izlər də aşkar oluna bilər. Bundan əlavə, dronların istismarı zamanı onların batareyaları tez-tez dəyişdirilir və ya manipulyasiya edilir ki, bu da korpusun səthində əlavə izlərin yaranmasına səbəb ola bilər. Aparılmış eksperimental tədqiqatlar göstərmişdir ki, metal və plastik kimi geniş yayılmış səthlərdə təxminən 30 %-ə qədər DNT izlərinin aşkar edilməsi mümkündür.

2. Dron tərəfindən yaradılan məlumatlar.

Pilotsuz uçuş aparatları uçuş həyata keçirmək və müxtəlif aerofoto məlumatlar toplamaq məqsədilə layihələndirilmişdir. Onlar uçuş hündürlüyü, marşrut, sürət və digər telemetrik göstəricilər barədə məlumatlar yaradır. Bu məlumatların bir hissəsi daimi olaraq saxlanılır, digər hissəsi isə operativ yaddaşda yerləşdiyindən enerji kəsildikdən sonra silinir. Hansı məlumatların saxlanılması istehsalçıdan və konkret modeldən asılıdır. Dronların yaratdığı məlumatlar müxtəlif üsullarla əldə oluna bilər və onların məzmunu aparatın növünə və istehsalçıya görə dəyişir. Bununla belə, dronun ümumi hərəkət marşrutunu, uçuşun başlanğıc və son nöqtələrini müəyyən etmək üçün uçuş trayektoriyasının təhlili xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Uçuş məlumatları həm də texniki nasazlıqların və ya qəzanın səbəblərinin müəyyən edilməsində mühüm rol oynayır.

3. Məlumatların saxlanma üsulu.

Dronlar müxtəlif növ rəqəmsal məlumatları toplayan və saxlayan rəqəmsal sistemlərdir. Bu

məlumatlar daxili yaddaşda (uçuş nəzarətçisi – *Flight Controller*) və ya xarici yaddaş daşıyıcısında (SD kart) saxlanılır. Uçuş trayektoriyası, hündürlük sensorunun göstəriciləri, meyletmə (tilt) bucaqları və digər telemetrik məlumatlar əsasən daxili yaddaşda, foto və video materiallar isə adətən SD kartda saxlanılır. Saxlanılan məlumatların həcmi və formatı istehsal texnologiyasından və istehsalçıdan asılı olaraq fərqlənir. Açıq mənbə (open-source) platformaları əsasında hazırlanmış dronlarda xam (raw) məlumatların əldə edilməsi daha asandır. Lakin DJI kimi bəzi istehsalçılar istifadəçiyə əsasən emal olunmuş və ya şifrələnmiş məlumatlar təqdim edirlər. Belə hallarda məlumatların tamlığı və etibarlılığı istehsalçının təqdim etdiyi proqram təminatından asılı olur. Saxlanılmış məlumatlardan çəkilişin vaxtı və məkanına əsasən uçuş marşrutunun bərpası və təhlili üçün istifadə edilə bilər.

4. Məlumatların paylanmış şəkildə saxlanılması.

Pilotsuz uçuş aparatlarında məlumatlar çox vaxt eyni zamanda bir neçə müxtəlif qurğuda saxlanılır. Məlumatlar uçuş aparatının özündə, idarəetmə pultunda, operatorun smartfonunda və yerüstü idarəetmə stansiyasında paralel və ya paylanmış formada yerləşdirilə bilər. Bu xüsusiyyət dronun növündən və istifadə rejimindən asılı olaraq dəyişir. Buna görə də məlumatların düzgünlüyünü və tamlığını yoxlamaq üçün bütün bu mənbələrdə saxlanılan informasiyanın müqayisəli şəkildə araşdırılması zəruridir.

5. Real vaxt rejimində məlumatların əldə edilməsi.

Pilotsuz uçuş aparatları həm uçuş zamanı, həm də uçuşdan kənar dövrdə müxtəlif məlumatlar yarada və toplaya bilir. Xüsusilə uçuş zamanı idarəetmə pultu ilə əlaqə prosesində yaranan məlumatların operativ şəkildə əldə olunması böyük əhəmiyyət daşıyır. Bu baxımdan, ənənəvi rəqəmsal qurğulardan fərqli olaraq, dronlardan real vaxt rejimində məlumatların toplanması və təhlili kriminalistik araşdırmaların vacib mərhələlərindən biri hesab olunur. Məhz bu xüsusiyyətlər pilotsuz uçuş aparatlarının ekspertizasında adi kompüter və ya digər stasionar rəqəmsal qurğuların ekspertizasından müəyyən dərəcədə fərqlənən mürəkkəb kriminalistik metod və prosedurların tətbiqini zəruri edir.

Pilotsuz uçuş aparatlarının (PUA) kriminalistik ekspertizəsi ümumi məhkəmə-kriminalistik ekspertizası ilə müqayisədə bir sıra özünəməxsus xüsusiyyətlərə malikdir.

İlk növbədə, PUA-ların kriminalistik ekspertizəsi həm hadisə yerində aparılan ekspertizanı (uçuş aparatının fiziki və kimyəvi analizini), həm də rəqəmsal kriminalistikanı əhatə etməlidir. Xüsusilə, dron operatorunun müəyyən edilməsi zamanı yalnız rəqəmsal məlumatların araşdırılması kifayət etmir. Çünki operatorun identifikasiya məlumatları əksər hallarda dronun yaddaşında saxlanılmır. Buna görə də dronun korpusunda aparılan fiziki və kimyəvi ekspertiza xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Təcrübə göstərir ki, uçuşa qadağan olunmuş zonalarda aşkar edilən bir çox dronun operatoru məhz aparatın üzərində aşkar olunmuş barmaq izləri vasitəsilə müəyyən edilmişdir. Bundan əlavə, torpaq nümunələri, mikroskopik sübutlar və barıt qalıqları kimi maddi izlər dronun istehsal olunduğu ölkənin və ya mənşəyinin müəyyən edilməsində mühüm əhəmiyyət daşıya bilər. Məsələn, Cənubi Koreyada bütün yetkin şəxslərin barmaq izləri dövlət qeydiyyatında saxlanılır və naməlum dronlarla bağlı bir sıra hadisələrdə həmin məlumatlardan istifadə edilməklə konkret şəxslərin identifikasiyası həyata keçirilmişdir. Ümumiyyətlə, barmaq izləri kimi biometrik məlumatlar dron operatorunun müəyyən edilməsi və digər istintaq hərəkətlərinin aparılması baxımından ən etibarlı sübut vasitələrindən hesab olunur.

Rəqəmsal kriminalistika baxımından isə real vaxt rejimində ekspertiza aparılması imkanları nəzərə alınmalıdır. Ənənəvi kriminalistik araşdırmalarda real vaxt rejimində ekspertizadan nisbətən az istifadə olunsa da, dronlarla bağlı araşdırmalarda bu imkan xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Mümkün olduğu hallarda uçuş aparatının identifikasiya məlumatları, uçuş parametrləri və

digər texniki göstəricilər real vaxt rejimində əldə edilməli və təhlil olunmalıdır. Bundan əlavə, dronlarda məlumatların paylanmış şəkildə saxlanılması xüsusiyyəti nəzərə alınmalıdır. Belə ki, müxtəlif məlumatlar eyni vaxtda dronun öz yaddaşında, SD kartda, idarəetmə pultunda, operatorun smartfonunda və mobil tətbiqdə saxlanıla bilər. Buna görə də dronlarla bağlı kriminalistik ekspertiza zamanı bütün bu mənbələr üzrə məlumatlar müqayisəli şəkildə yoxlanılmalı, mümkün uyğunsuzluqlar, çatışmazlıqlar və ya itkilər müəyyən edilməlidir. Eyni zamanda, mürəkkəb xarakter daşıyan bu cür tədqiqatlarda ekspertiza mərhələlərinin düzgün ardıcıllıqla həyata keçirilməsi də mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu baxımdan, pilotsuz uçuş aparatlarının kriminalistik ekspertizasının alqoritminə yenidən baxılması zəruridir.

Əksər hallarda kriminalistik ekspertiza iki əsas istiqamətdə aparılır: **rəqəmsal kriminalistika** və **qeyri-rəqəmsal (ənənəvi) kriminalistika**. Məsələn, kompüter və digər rəqəmsal qurğuların müsadirəsi zamanı əsasən rəqəmsal sübutlar araşdırılır, odlu silah, bıçaq və digər cinayət alətlərinin ekspertizası zamanı isə qeyri-rəqəmsal kriminalistik sübutlar təhlil edilir.Pilotsuz uçuş aparatları isə həm rəqəmsal, həm də maddi (qeyri-rəqəmsal) sübut xüsusiyyətlərini özündə birləşdirir və bu sübutların hər biri istintaq üçün mühüm informasiya mənbəyi ola bilər. Buna görə də PUA-ların kriminalistik ekspertizasının aşağıdakı ardıcıllıqla aparılması məqsədəuyğun hesab olunur:

1. Real vaxt rejimində ekspertizanın aparılması (uçuş davam etdiyi və ya sistem aktiv olduğu hallarda operativ məlumatların toplanması);

2. Qeyri-rəqəmsal kriminalistik ekspertiza (barmaq izləri, DNT, mikroskopik izlər, kimyəvi qalıqlar və digər fiziki sübutların araşdırılması);

3. Rəqəmsal kriminalistik ekspertiza (uçuş jurnalları, telemetriya məlumatları, foto və videolar, yaddaş daşıyıcıları, idarəetmə qurğuları və digər rəqəmsal məlumatların təhlili).

Ekspertiza mərhələlərinin ardıcıllığı düzgün seçilmədikdə, real vaxt rejimində aparılan ekspertiza və ya qeyri-rəqəmsal kriminalistik araşdırma zamanı əldə oluna biləcək mühüm sübutlar itirilə, məhv edilə və ya ümumiyyətlə aşkar edilməyə bilər. Müəyyən hallarda bu ardıcıllığın dəyişdirilməsi mümkün olsa da, bunun sonrakı ekspertiza mərhələlərinə mənfi təsir göstərməməsinə xüsusi diqqət yetirilməlidir. Məsələn, qeyri-rəqəmsal sübutların toplanması zamanı istifadə olunan kimyəvi maddələr rəqəmsal sübutlara zərər vurmamalı, eyni zamanda rəqəmsal məlumatların əldə edilməsi prosesi barmaq izləri, DNT və digər maddi sübutların məhv edilməsinə və ya çirklənməsinə səbəb olmamalıdır. Buna görə də pilotsuz uçuş aparatlarının kriminalistik ekspertizası zamanı bu amillər mütləq nəzərə alınmalıdır.

Pilotsuz uçuş aparatlarının kriminalistik ekspertizasında istifadə olunan əsas texnologiyalar

1. Qeyri-rəqəmsal kriminalistika

Uçuş aparatının kriminalistik baxışı

Bu istiqamət pilotsuz uçuş aparatının özünün kriminalistik üsullarla tədqiqini əhatə edir. Buraya dronun sahibinin və ya operatorunun barmaq izləri, DNT nümunələri və digər mikroskopik sübutlar vasitəsilə müəyyən edilməsi, həmçinin aparatın hissələrinin araşdırılması yolu ilə istehsalçısının və mənşə ölkəsinin müəyyənləşdirilməsi daxildir.

Mülki təyinatlı dronların konstruktiv xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla ehtimal edilir ki, barmaq izləri, DNT və digər mikroskopik sübutlar əsasən pərlərin (propellerlərin), əsas batareyanın və korpusun səthində qala bilər. Buna görə də ekspertiza zamanı həmin hissələrin diqqətlə yoxlanılması vacibdir. Lakin dron qeydiyyatdan keçməmiş şəxs tərəfindən hazırlanmışdırsa və ya operator əlcəkdən istifadə etmişdirsə, belə sübutların əldə edilməsi xeyli çətinləşə bilər.

Ümumilikdə, qeyri-rəqəmsal kriminalistik üsullar plastik, maqnezium və alüminium ərintiləri, karbon lifli kompozitlər və digər konstruksiya materialları üzərində tətbiq olu-

na bilər. Son dövrlərdə aparılmış eksperimental tədqiqatlardan birində dronun beş müxtəlif səthinə toxunulduqdan sonra aparılan DNT analizləri nəticəsində nümunələrin təxminən **32 %-ində** DNT izləri aşkar edilmişdir. Bundan əlavə, dronun səthində aparılan mikroskopik analizlər uçuş şəraiti və istismar xüsusiyyətləri haqqında əlavə məlumatlar əldə etməyə imkan verir. Eyni zamanda, istifadə olunan komponentlər və materiallar əsasında pilotsuz uçuş aparatının istehsal olunduğu ölkə və ya mənşəyi barədə də müəyyən nəticələr çıxarmaq mümkündür.

Dronların ekoloji (ətraf mühit) analiz üsulları

Bu metod pilotsuz uçuş aparatının iştirakı ilə baş vermiş hadisə yerində ətraf mühitin kriminalistik təhlilinə əsaslanır. Toqquşma və ya qəza baş verdikdən sonra hadisə yerinin araşdırılması dronun düşmə trayektoriyasının və ya uçuş istiqamətinin rekonstruksiya edilməsinə, həmçinin toqquşma anındakı sürətinin və uçuş hündürlüyünün müəyyən olunmasına imkan verir. Hətta pilotsuz uçuş aparatının özü aşkar edilmədiyi hallarda belə, onun ehtimal olunan havaya qalxma nöqtəsinin və ya operatorun yerləşdiyi ərazinin araşdırılması gələcək istintaq tədbirləri üçün mühüm sübutların əldə edilməsinə imkan yaradır. Bu məqsədlə kompüter əsaslı videoanaliz texnologiyalarından səmərəli şəkildə istifadə olunur [34, s. 305].Bundan əlavə, pilotsuz uçuş aparatının hərəkət istiqamətinin daha dəqiq rekonstruksiyası, sürət dəyişikliklərinin təhlili və mümkün toqquşma anlarının müəyyən edilməsi məqsədilə müxtəlif trayektoriya izləmə (trajectory tracking) metodlarından istifadə edilir [35, s. 1743].Eləcə də yol-nəqliyyat hadisələri və təhlükəsizliklə bağlı digər qəza yerlərində tətbiq olunan digər kriminalistik metodlardan istifadə edilir.

Dronların ekspertiza təcrübəsində rəqəmsal kriminalistika və avtonom rəqəmsal kriminalistikanın tətbiqi

Bu metod pilotsuz uçuş aparatlarından rəqəmsal məlumatların əldə edilməsi, saxlanılması və təhlilinə əsaslanır. Dron uçuş trayektoriyası, uçuş hündürlüyü, sürət, azimut, tanqaj (pitch), kren (roll), müxtəlif sensorların göstəriciləri, sistem və korpusun texniki vəziyyəti, uçuş nəzarətçisinin (Flight Controller) parametrləri, idarəetmə həssaslığı və hadisələr jurnalına (event log) dair məlumatlar daxil olmaqla çoxsaylı texniki informasiyanı yaddaşında saxlayır.Bundan əlavə, dron videoçəkiliş həyata keçirdiyi halda kamera görüntüləri, fotoşəkillər, video faylları və onların zaman nişanları (time stamps) da yaddaşa yazılır. Bu məlumatlar dronun uçuş trayektoriyasının, uçuşun başlanğıc və son nöqtələrinin müəyyən edilməsi baxımından mühüm sübut əhəmiyyətinə malikdir və onların əldə olunması kriminalistik araşdırmalar üçün xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Toplanmış məlumatlar DJI, Parrot və digər istehsalçıların təqdim etdiyi proqram təminatı vasitəsilə və ya xüsusi kriminalistik analiz proqramları ilə əldə edilən ilkin (raw) məlumatlar əsasında təhlil edilə bilər. Məsələn, **DJI Assistant** kimi istehsalçı proqramları istifadədə rahat olsa da, onlar istifadəçiyə ilkin (raw) məlumatları təqdim etmir. Bundan əlavə, dronun qoşulma portu zədələndiyi hallarda həmin proqramlardan istifadə etmək çətinləşir. Eyni zamanda, bəzi istehsalçılar və ya dron modelləri üçün kifayət qədər analiz proqramı mövcud olmaya bilər.

Hüquqi baxımdan da müəyyən problemlər yaranır. Belə ki, istehsalçının təqdim etdiyi emal olunmuş məlumatların məhkəmədə sübut kimi qəbul olunmasının mümkünlüyü ayrıca qiymətləndirilməlidir. Buna görə də pilotsuz uçuş aparatlarının məlumatlarının peşəkar səviyyədə təhlili üçün hazırlanmış xüsusi kriminalistik proqram təminatından istifadə edilməsi vacib hesab olunur. Bu proqramlar yalnız əsas uçuş məlumatlarını, sensor göstəricilərini və zərərsizləşdirilmiş və ya vurulmuş dronlara dair informasiyanı yoxlamaqla kifayətlənmir, eyni zamanda süni intellekt texnologiyalarından istifadə etməklə dron qəzalarının səbəblərinin təhlili kimi daha mürəkkəb funksiyaları da yerinə yetirə bilir.

Əgər pilotsuz uçuş aparatı **PX4** və ya **Ardu-Pilot** kimi açıq mənbə (open-source) platformaları əsasında hazırlanmışdırsa, həmin sistemlərin məlumat strukturu açıq şəkildə əlçatandır və bu məlumatların təhlili üçün müxtəlif onlayn platformalar və proqram vasitələri mövcuddur. Əksinə, **DJI** kimi qapalı proqram kodundan istifadə edən istehsalçıların dronlarında ilkin mərhələdə istehsalçının təqdim etdiyi proqram təminatından istifadə etmək tələb olunur. Lakin bu proqramlar ilkin (raw) məlumatları və uçuş haqqında bütün texniki informasiyanı təqdim etmədiyindən, bəzi hallarda şifrələnmiş məlumatların deşifrə olunması və ya şifrələmə mexanizmlərinin aşılması yolu ilə ilkin məlumatların əldə edilməsi zərurəti yaranır.

Süni intellekt texnologiyalarının inkişafı nəticəsində uçuş məlumatları əsasında dron qəzalarının səbəblərinin avtomatik müəyyən edilməsi üçün texniki imkanlar formalaşmış və bu istiqamətdə müxtəlif ixtisaslaşdırılmış proqram təminatları hazırlanmışdır. Məsələn, süni intellekt əsaslı dron uçuş məlumatlarının analizi proqramları uçuş parametrlərini emal edərək qəzanın başvermə səbəblərini avtomatik müəyyən edə bilir. Bu cür proqramlar göstərir ki, uçuş məlumatlarından yalnız onların yoxlanılması məqsədilə deyil, həm də müxtəlif analitik tətbiqlərin və intellektual qərar qəbuletmə sistemlərinin yaradılması üçün geniş istifadə etmək mümkündür.

Dron cinayətlərinin istintaqında real vaxt rejimində kriminalistika (Live Forensics)

Operativ kriminalistika (*Live Forensics* və ya işlək sistemlərin kriminalistik tədqiqi) hazırda fəaliyyət göstərən sistemdən hüquqi baxımdan etibarlı rəqəmsal məlumatların birbaşa əldə edilməsinə imkan verən rəqəmsal kriminalistika metodudur [36, s. 2951]. İlkin dövrlərdə operativ kriminalistika bir çox ölkələrdə geniş tətbiq olunmurdu və əsas üstünlük ənənəvi statik (offline) kriminalistikaya verilirdi. Lakin sistem söndürüldükdən sonra birdəfəlik itən operativ (volatile) məlumatların əldə edilməsinin zəruriliyi bu metodun tətbiqini son dərəcə aktual etmişdir [37]. Bu metod xüsusilə kibercinayətlərin araşdırılması zamanı mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Araşdırmalar göstərir ki, zərərli proqram təminatının təxminən 90 faizi yalnız operativ yaddaşda (RAM) fəaliyyət göstərir. Buna görə də operativ yaddaşın təhlili kibertəhlükələrin aşkar edilməsi və zərərsizləşdirilməsi prosesində əsas istiqamətlərdən birinə çevrilmişdir [38].

Pilotsuz uçuş aparatları baxımından operativ kriminalistika klassik ekspertiza metodları ilə müqayisədə daha mühüm istintaq texnologiyası hesab olunur. Bunun səbəbi ondan ibarətdir ki, uçuş zamanı real vaxt rejimində əldə edilən məlumatlar əksər hallarda hadisədən sonra cihazdan çıxarılan statik məlumatlardan daha yüksək sübut dəyərinə malik olur. Bundan əlavə, pilotsuz uçuş aparatının qəzaya uğraması nəticəsində fiziki məlumat daşıyıcıları zədələnə və ya tamamilə məhv ola bilər, bəzi hallarda isə qurğuya birbaşa giriş mümkün olmur. Bu səbəbdən hazırda pilotsuz uçuş aparatları sahəsində operativ kriminalistika metodlarının effektivliyinin artırılmasına yönəlmiş elmi tədqiqatlar intensiv şəkildə aparılır [20, s. 99].Bununla yanaşı, açıq mənbə kodlu proqram təminatı əsasında pilotsuz uçuş aparatlarının operativ kriminalistikasında istifadə olunan metodologiyanın və proqram vasitələrinin təkmilləşdirilməsi istiqamətində də mühüm elmi araşdırmalar həyata keçirilir [39, s. 633].Lakin operativ kriminalistikanın üstünlükləri ilə yanaşı, onun tətbiqi zamanı bir sıra ciddi problemlər və çağırışlar da mövcuddur. Bunlara məlumatların bütövlüyünün qorunmasının çətinliyi, real vaxt rejimində daim dəyişən sistem jurnalları (log faylları) səbəbindən sübutların saxlanma və ötürülmə zəncirinin (chain of custody) izlənilməsində yaranan çətinliklər, yüksək texnoloji tələblər, eləcə də operativ məlumatların təsadüfən dəyişdirilməsi və ya geri qaytarılması mümkün olmayan şəkildə silinməsi riski daxildir [40, s. 42].

Texnoloji baxımdan pilotsuz uçuş aparatları üçün xüsusi kriminalistik texnologiyaların hazırlanması zəruridir. Hazırda dronların ekspertizasında istifadə olunan metodların əksəriyyəti ümumi rəqəmsal kriminalistika texnologiya-

larına əsaslanır və pilotsuz uçuş aparatlarının özünəməxsus xüsusiyyətlərini tam əks etdirmir. Buna görə də dronların uçuş məlumatlarını avtomatik təhlil edən, şifrələnmiş məlumatları deşifrə edən və dronların yaddaş mikrosxemlərindən məlumatların çıxarılmasını (chip-off texnologiyası) təmin edən xüsusi texnologiyaların hazırlanması vacib hesab olunur. Eyni zamanda, məhkəmədə sübut kimi istifadə oluna biləcək real vaxt rejimində kriminalistika texnologiyalarının etibarlılığı və təhlükəsizliyi də təmin edilməlidir.

Dronların qəsdən məhv edilməsi üzrə aparılmış eksperimental tədqiqatlar göstərmişdir ki, birbaşa fiziki təsir nəticəsində dronun qoşulma portu və ya çap lövhəsi (PCB) qismən zədələnsə belə, əgər bort kompüterinin məlumatlarını saxlayan yaddaş mikrosxemi zədələnməmiş qalarsa, həmin mikrosxemdən bütün məlumatların tam həcmdə bərpa olunması mümkündür. Bu nəticə göstərir ki, pilotsuz uçuş aparatlarının kriminalistik ekspertizasında yaddaş mikrosxemlərindən məlumatların çıxarılması texnologiyaları gələcəkdə xüsusi əhəmiyyət kəsb edəcəkdir. Bundan əlavə, hazırda qeyri-rəqəmsal kriminalistik analiz əsasən barmaq izləri və DNT tədqiqatları üzərində cəmlənmişdir. Lakin dronun səthindən mikroskopik sübutların əldə edilməsi, eləcə də mühərrikin güc xüsusiyyətlərinə (akkumulyator və ya daxiliyanma mühərriki) əsaslanan yeni kriminalistik analiz metodlarının hazırlanması kimi əlavə sübut araşdırma üsullarının inkişaf etdirilməsi imkanları da nəzərdən keçirilməlidir.

Müxtəlif hallarda pilotsuz uçuş aparatları terror aktlarında, cinayət fəaliyyətlərində və ya qəza hadisələrində iştirak edə bilər. Bu səbəbdən hər bir vəziyyət üçün ayrıca reaksiya ssenarilərinin və müvafiq fəaliyyət təlimatlarının hazırlanması zəruridir. Bundan əlavə, kriminalistikanın əsas anlayışları və xüsusiyyətləri nəzərə alınaraq, real vaxt rejimində aparılan ekspertiza kimi kriminalistik araşdırmaların nəticələrinin etibarlı şəkildə qorunması təmin edilməlidir. Bu baxımdan həm ümumi kriminalistikada sübutların qorunması prosedurları, həm də rəqəmsal sübutların saxlanılması və mühafizəsi qaydaları paralel şəkildə nəzərdən keçirilməli və bu tələbləri özündə əks etdirən vahid istintaq sistemi hazırlanmalıdır.

Bir çox hallarda pilotsuz uçuş aparatlarının fəaliyyət sahəsinin genişliyi və uçuş xüsusiyyətlərinin müxtəlifliyi səbəbindən onların hüquqi yurisdiksiyası ilə bağlı qeyri-müəyyənliklər yaranır. Bundan əlavə, mühüm obyektlərə uzaq məsafədən müdaxilə edən dronların operatorlarının izlənilməsi və saxlanılması kimi səlahiyyət məsələləri də mövcuddur. Hüquqi sistem baxımından dronların zərərsizləşdirilməsi, sonrakı tədbirlərin həyata keçirilməsi üçün məsul qurumların və onların vəzifələrinin dəqiq müəyyənləşdirilməsi, həmçinin pilotsuz uçuş aparatları ilə bağlı hüquqi prosedurların və standart fəaliyyət təlimatlarının hazırlanması böyük əhəmiyyət daşıyır.

Nəticə

Yuxarıda qeyd olunanları ümumiləşdirərək demək olar ki, pilotsuz uçuş aparatlarının (PUA) məhkəmə-kriminalistik ekspertizası terrorizm, cinayət fəaliyyəti və qəza hadisələri daxil olmaqla, onların istifadəsi ilə bağlı təhlükələrin aradan qaldırılması və insidentlərin araşdırılması üçün əsas texnologiyalardan biridir. Klassik kriminalistikadan fərqli olaraq, PUA ekspertizası kompleks xarakter daşıyır və özündə rəqəmsal, fiziki və kimyəvi analiz elementlərini birləşdirir. Bu prosesdə hətta rəqəmsal tədqiqat çərçivəsində belə operativ kriminalistika (*Live Forensics*) xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Pilotsuz uçuş aparatlarının ekspertizası bu qurğuların konstruktiv və funksional xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla həyata keçirilməlidir. Bu isə ümumi ekspertiza prosedurlarının və tədqiqat sisteminin ətraflı şəkildə işlənib hazırlanmasını tələb edir. Belə bir sistemin və məlumatların emalı alqoritmlərinin yaradılması sübutların qorunması ilə bağlı hüquqi və prosessual məsələlərin həllinə imkan verəcək, eyni zamanda əldə edilən məlumatların sübut dəyərinin artırılması məqsədilə texniki metodologiyanın inkişafını təmin edəcəkdir.

İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI:

1. Bakker, A. “The intersection of law and technology: challenges and opportunities.” *International Journal of Law and Societal Studies* 1.1 (2024): 11-21.
2. Grigore, L. and Cristescu, C., 2024. The use of drones in tactical military operations in the integrated and cybernetic battlefield. *Land Forces Academy Review*, *29*(2), pp.269-273.
3. Franke, U.E., 2014. Drones, drone strikes, and US policy: The politics of unmanned aerial vehicles. *Parameters*, *44*(1), p.121.
4. Vacca, A. and Onishi, H., 2017. Drones: military weapons, surveillance or mapping tools for environmental monitoring? The need for legal framework is required. *Transportation research procedia*, *25*, pp.51-62.
5. B.R. Insights Civilian Drone Market Size, Share, Growth and Global Industry Analysis (2025) *By Type*
6. P. Research Anti-Drone Market Size, Share, and Trends 2025 to 2034 (2025)
7. Vergouw, B., Nagel, H., Bondt, G. and Custers, B., 2016. Drone technology: Types, payloads, applications, frequency spectrum issues and future developments. In *The future of drone use: Opportunities and threats from ethical and legal perspectives* (pp. 21-45). The Hague: TMC Asser Press.
8. Barten, D.G., Tin, D., De Cauwer, H., Ciottone, R.G. and Ciottone, G.R., 2022. A counter-terrorism medicine analysis of drone attacks. *Prehospital and disaster medicine*, *37*(2), pp.192-196.
9. T. Claburn How Wi-Fi spy drones snooped on financial firm The Register (2022)
10. Al-Qubaydhi, N., Alenezi, A., Alanazi, T., Senyor, A., Alanezi, N., Alotaibi, B., Alotaibi, M., Razaque, A., Abdelhamid, A.A. and Alotaibi, A., 2022. Detection of unauthorized unmanned aerial vehicles using YOLOv5 and transfer learning. *Electronics*, *11*(17), p.2669.
11. Li, X., Sun, X. and Fang, M., 2022, November. Risk assessment of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) operations based on Bayesian network. In *2022 2nd International Conference on Big Data, Artificial Intelligence and Risk Management (ICBAR)* (pp. 189-193). IEEE.
12. Rahmani, H. and Weckman, G.R., 2024. Working under the shadow of drones: Investigating occupational safety hazards among commercial drone pilots. *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, *12*(1-2), pp.55-67.
13. Sakib, M.N., Chaspari, T. and Behzadan, A.H., 2022. A feedforward neural network for drone accident prediction from physiological signals. *Smart and sustainable built environment*, *11*(4), pp.1017-1041.
14. Wild, G., Gavin, K., Murray, J., Silva, J. and Baxter, G., 2017. A post-accident analysis of civil remotely-piloted aircraft system accidents and incidents. *Journal of Aerospace Technology and Management*, *9*, pp.157-168.
15. Seidaliyeva, U., Ilipbayeva, L., Taissariyeva, K., Smailov, N. and Matson, E.T., 2024. Advances and Challenges in Drone Detection and Classification Techniques: A State-of-the-Art Review. *Sensors (14248220)*, *24*(1).
16. Ambesh, R., Sarfraz, A.B., Kapoor, C., Joshi, H. and Patel, H., 2022, May. Drone detection using yolov4 and amazon rekognition. In *2022 International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing (ICAAIC)* (pp. 896-902). IEEE.
17. Belwafi, K., Alkadi, R., Alameri, S.A., Al Hamadi, H. and Shoufan, A., 2022. Unmanned aerial vehicles’ remote identification: A tutorial and survey. *IEEE Access*, *10*, pp.87577-87601.
18. Gonzalez-Jorge, H., Aldao, E., Fontenla-Carrera, G., Veiga-Lopez, F., Balvis, E. and Rios-Otero, E., 2024. COUNTER DRONE TECHNOLOGY. *DYNA-Ingeniería e Industria*, *99*(6).
19. Da Silva, D.L., Machado, R., Coutinho, O.L. and Antreich, F., 2023. A soft-kill reinforcement learning counter unmanned aerial system (C-UAS) with accelerated training. *IEEE Access*, *11*, pp.31496-31507.
20. Nair, R.R., Gayakwad, H., Mahida, D.K., Podiya, B. and Patel, A., 2024. Drone forensics. In *Advanced Techniques and Applications of Cybersecurity and Forensics*. pp. 99-123.
21. Adel, Amr, and Tony Jan. “Watch the skies: a study on drone attack vectors, forensic approaches, and persisting security challenges.” *Future internet* 16.7 (2024): 250.
22. Nowak, A., Naus, K. and Maksimiuk, D., 2019. A method of fast and simultaneous calibration of many mobile FMCW radars operating in a network anti-drone system. *Remote Sensing*, *11*(22), p.2617.

23. Park, S., Kim, H.T., Lee, S., Joo, H. and Kim, H., 2021. Survey on anti-drone systems: Components, designs, and challenges. *IEEE access*, *9*, pp.42635-42659.

24. Sazdić-Jotić, B., Pokrajac, I., Bajčetić, J., Bondžulić, B. and Obradović, D., 2022. Single and multiple drones detection and identification using RF based deep learning algorithm. *Expert Systems with Applications*, *187*, p.115928.

25. Nair, M.M., Sriraman, H., Sai, G.H. and Pattabiraman, V., 2024. DroneSilient (drone+ resilient): an anti-drone system. *Journal of Big Data*, *11*(1), p.144.

26. Shi, X., Yang, C., Xie, W., Liang, C., Shi, Z. and Chen, J., 2018. Anti-drone system with multiple surveillance technologies: Architecture, implementation, and challenges. *IEEE Communications Magazine*, *56*(4), pp.68-74.

27. Ferreira, R., Gaspar, J., Sebastião, P. and Souto, N., 2022. A software defined radio based anti-UAV mobile system with jamming and spoofing capabilities. *Sensors*, *22*(4), p.1487.

28. Liu, L., Xu, C., Zheng, C., Cai, S., Wang, C. and Guo, J., 2024. Vulnerability assessment of UAV engine to laser based on improved shotline method. *Defence Technology*, *33*, pp.588-600.

29. Kootala, A., Mousa, A. and Pong, P.W., 2023. Drones are endangering energy critical infrastructure, and how we can deal with this. *Energies*, *16*(14), p.5521.

30. Houck, M.M. and Siegel, J.A., 2009. *Fundamentals of forensic science*. Academic Press.

31. Roux, C., Crispino, F. and Ribaux, O., 2012. From forensics to forensic science. *Current Issues in Criminal Justice*, *24*(1), pp.7-24.

32. Kloosterman, A., Mapes, A., Geradts, Z., van Eijk, E., Koper, C., van den Berg, J., Verheij, S., van der Steen, M. and van Asten, A., 2015. The interface between forensic science and technology: how technology could cause a paradigm shift in the role of forensic institutes in the criminal justice system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *370*(1674), p.20140264.

33. Chintalacheruvu, N. and Muthukumar, V., 2012. Video based vehicle detection and its application in intelligent transportation systems. *Journal of transportation technologies*, *2*(04), p.305.

34. Zhang, Y. and Sung, Y., 2023. Traffic accident detection method using trajectory tracking and influence maps. *Mathematics*, *11*(7), p.1743.

35. Umar, R., Yudhana, A. and Faiz, M.N., 2018. Experimental analysis of web browser sessions using live forensics method. *Int. J. Electr. Comput. Eng*, *8*(5), pp.2951-2958.

36. Dija, S., Deepthi, T.R., Balan, C. and Thomas, K.L., 2012, October. Towards retrieving live forensic artifacts in offline forensics. In *International Conference on Security in Computer Networks and Distributed Systems* (pp. 225-233). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

37. Mehmood, R., 2024. Live Memory Forensic: Capture and Analyzing Volatile Data. *International Journal for Electronic Crime Investigation*, *8*(3).

38. Baik, S. and Lee, S., 2023. A Study On Optimized Drone Forensic Methodology Applied with Open Source Based Drone Live Forensic Tool. *Journal of the Korea Institute of Information Security & Cryptology*, *33*(4), pp.633-646.

39. Salamh, F.E., Karabiyik, U., Rogers, M.K. and Matson, E.T., 2021. A comparative uav forensic analysis: Static and live digital evidence traceability challenges. *Drones*, *5*(2), p.42.

Салимов Камиль Назим оглу,
доктор права, профессор, заведующий кафедрой криминалистики и
судебно-медицинской экспертизы Бакинского государственного университета

КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БЕСПИЛОТНЫХ ОРГАНОВ

РЕЗЮМЕ

Криминалистическая экспертиза беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является ключевой технологией для реагирования на угрозы или проблемы, связанные с БПЛА, такие как терроризм, преступления и несчастные случаи с участием БПЛА. Этот вид криминалистики является относительно новым направлением в кримина-

листике и будет продолжать совершенствоваться по мере развития технологий производства дронов. В отличие от общей криминалистики, криминалистика БПЛА сочетает в себе элементы цифровой, физической и химической криминалистики, и даже криминалистика в реальном времени имеет большое значение в цифровой криминалистике. Криминалистическую экспертизу БПЛА следует проводить с учетом характеристик этих дронов, и последовательность и общая система экспертизы должны разрабатываться соответствующим образом. Создание такой системы и алгоритмов обработки должно учитывать правовые и процессуальные вопросы, связанные с обеспечением сохранности доказательств, одновременно разрабатывая техническую методологию обработки для повышения качества доказательств.

Salimov Kamil Nazim,
Doctor of Law, Professor, Head of Department of Criminalistics and
Forensic Examination, Baku State University

CRIMINALISTIC ANALYSIS OF DRONES

SUMMARY

Unmanned aerial vehicle (UAV) forensics is a key technology for responding to threats or problems related to UAVs, such as terrorism, crimes, and accidents involving UAVs. This type of forensics is a relatively new direction in forensics and will continue to improve as drone production technology develops. Unlike general forensics, UAV forensics combines elements of digital, physical, and chemical forensics, and even real-time forensics is of great importance within digital forensics. UAV forensics should be carried out taking into account the characteristics of these drones, and the sequence and general system of the forensics should be developed accordingly. The creation of such a system and processing algorithms should address legal and procedural issues related to ensuring the preservation of evidence, while at the same time developing a technical processing methodology to improve the quality of evidence.

Redaksiyaya daxilolma tarixi: 03.08.2026
Təkrar işlənməyə göndərilmə tarixi: 11.08. 2026
Çapa qəbul olunma tarixi: 23.08.2026