

A pilóta nélküli repülő szerkezetek (UAV-k) rendvédelemben betöltött szerepe, biztonságtechnikai kockázata, a rendvédelmi drónok jövőbeli fejlesztési iránya és a biztonságtechnikai kockázatok csökkentésének lehetőségei

The role of unmanned aerial vehicles (UAVs) in law enforcement, their security risks, the future development direction of law enforcement drones and the possibilities of reducing security risks

DOI: [HTTPS:// DOI.ORG/10.53793/RV.2023.1.2](https://doi.org/10.53793/RV.2023.1.2)

Absztrakt

A dróntechnológia része lett a mindennapi életnek és asszimilálódott minden ágazatba. A drónok, vagy más néven UAV-k (Unmanned Aerial Vehicle - pilóta nélküli légi jármű) a mezőgazdaság és az ipar mellett a rendészet és rendvédelem integrált részeként jelennek meg (határvédelem, közbiztonság, tömegrendezvények felügyelete, kritikus infrastruktúrák védelme, bűnügyi felderítés, eltűnt személy kutatása, baleseti helyszínelés). A drónok azon képessége, hogy pilóta nélküli felderítést tesznek lehetővé, így az emberi egészség és élet védelmét szolgálják, felbecsülhetetlenné teszik őket. Ugyanakkor éppen sokoldalúságuk miatt rendvédelmi kockázatot is jelentenek, ugyanis előnyös tulajdonságaikat nem csak a rendvédelmi szervek aknázhathatják ki. A jelenlegi kutatások és szakirodalom jellemzően vagy a drónok rendvédelmi hasznosságát, vagy biztonságtechnikai kockázatukat vizsgálja. Ugyanakkor ahhoz, hogy a drónok fejlesztése a jogszabályalkotás, a vonatkozó biztonságtechnikai protokoll megfelelő irányba fejlődhessen, elengedhetetlen e két nézőpont együttes vizsgálata. Jelen cél integráltan vizsgálni a drónok biztonságtechnikai szerepét, majd az általuk jelentett biztonságtechnikai kockázatok vizsgálata után a konklúziók, illetve javaslattetelek megfogalmazása.

KULCSSZAVAK: DRÓN, BIZTONSÁGTECHNIKA, RENDVÉDELEM, DRÓNELHÁRÍTÁS

Absztrakt

Drone technology has become part of everyday life and assimilated into all sectors. Drones, also known as UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), appear as an integral part of law enforcement in addition to agriculture and industry (border protection, public safety, supervision of mass events, protection of critical infrastructures, criminal investigation, search and rescue missions, accident investigation). The ability of drones to enable unmanned reconnaissance to protect human health and life makes them invaluable. At the same time, precisely because of their versatility, they also pose a law enforcement risk, as their beneficial properties cannot be exploited only by law enforcement agencies. Current researches and literature typically examines either the law enforcement usefulness of drones or their security risks. At the same time, in order for the development of drones to develop in the right direction, the legislation and the relevant security technical protocol, it is essential to examine these two points of view together. The present aim is to examine the security role of drones in an integrated manner. The role of drones in law enforcement, then the formulation of conclusions and recommendations after examining the security risks they represent.

KEYWORDS: DRONE, SECURITY TECHNOLOGY, LAW ENFORCEMENT, ANTI-DRONE SYSTEMS

Az UAV-k rendvédelemben és biztonságtechnikában betöltött hazai és nemzetközi szerepe

Az UAV-k rendvédelemben és biztonságtechnikában betöltött nemzetközi szerepe

A drónok továbbra is szignifikáns szerepet játszanak a rendvédelemben, de a katonaság a drónok elsődleges felhasználási területe. Nem csupán országok közötti konfliktusok esetén, hanem például tömegrendezvények

felügyelete esetén is. A rendvédelem szempontjából ezek a nagy összejövetelek potenciálisan biztonsági kockázatot jelentenek, de a drónok lehetővé teszik a bűncselekmények megelőzését és a segítségnyújtást. Felderíthetők azok a személyek, akiknek segítségre van szükségük (Ericksen 2019).

A drón a légiereő öt alapfunkciójából legalább háromban használható: a levegő-felszín támadásokban, az információgyűjtésben, illetve személyek kimentésében, de akár a légtérért folytatott küzdelemben is részt vehet (Csengeri 2019).

A drónok felhasználási területeit bemutató, úgynevezett 4K modellt Restás Ágoston (2017) alkotta meg, mely az 1. ábrán látható.



1. sz. ábra: A drónok felhasználásának 4K modellje

Forrás: Restás 2017

A drónok alkalmazásainak körét e szerint feloszthatjuk katonai, kereskedelmi, közszolgálati és kutatási célú alkalmazásokra. A kereskedelmi csoportba azok az alkalmazások sorolhatók, amelyeket nyereségérdekelte vállalatok végeznek piaci pozíciójuk javítása érdekében. A közszolgálati csoportba állami szervek, szervezetek közérdekből végzett felhasználási módjai tartoznak. A kutatási csoport esetén a műveleteket kifejezetten valamilyen kutatási tevékenység céljából végzik (Restás 2017). Jelen tanulmány a katonai, illetve közszolgálati felhasználással foglalkozik.

Ezek a következő felhasználási területeket foglalják magukba:

- **Légi megfigyelés**

A drónok képesek légi adatokat gyűjteni a stratégiai tervezéshez és fejlesztéshez, modellek készítésével segíthetik a vezető nyomozókat a helyszínelésben. A drónok gyorsak és mozgékonyak, és lehetőség van szenzorok

(például éjjellátó és hőkamera) felszerelésére, így gyenge fényviszonyok mellett vagy erdős területen is képesek releváns információkat szolgáltatni. Az UAV-k nem csak pontosak, de részletes felvételeket és adatokat is gyűjtenek a levegőből, és csökkenteni tudják az emberi egészségre, életre vonatkozó kockázatot, valamint felgyorsíthatják a küldetések elvégzését (Bucknell–Bassindale 2017; Ericksen 2019; Harkai–Felföldi 2019).

- **Tömegfelügyelet**

A rendvédelem szempontjából a nagy összejövetelek (koncertek, sportesemények, tiltakozások) potenciálisan biztonsági kockázatot jelentenek. Ezért a bűncselekmények megelőzését és az emberek védelmét a drónok hatékonyan segíthetik. Ezek a nagy események kihívást jelentenek a földi megfigyelésnek, de a drónok levegőből is tudnak támogatást nyújtani. Lehetővé teszik, hogy a rendőrök észleljék azokat

a személyeket, akiknek segítségre van szükségük, de nem tudnak segítséget kérni, valamint lehetővé teszik a célpont megtalálását a közelben lévő veszélyeztetése nélkül (Ericksen 2019).

- **Határok védelme/Infrastruktúravédelem**

A drónok határ- és infrastruktúravédelemre, valamint gyanúsítottak azonosítására is használhatók. A drón alacsony zajterhelése miatt, valamint méretéből fakadóan alapvetően rejtve maradhat a földön lévőkhöz képest. A kisebb méret alacsonyabb üzemeltetési költségekkel is párosul, ami miatt ugyanazon költségkeretből az alkalmazás gyakoribbá válhat. Ez utóbbi a megfigyelt és nem megfigyelt időszakok arányát csökkenti, vagyis a drónok alkalmazásával a határőrizeti feladatok egyértelműen hatékonyabbá válhatnak. A határőrrendészeknek, határvadászoknak segítséget nyújthat a csempészáru országba juttatásának, valamint az illegális migránsok országba való bejutásának megakadályozásában. A drónok dinamikus megfigyelést biztosítanak a rögzített kamerák helyett. Szabadon, bármikor, véletlenszerű időpontokban bevetethetők, megjelenésük teljesen véletlenszerű, ami még hatékonyabbá teheti őket az egyes feladatoknál. Önálló működésben gyakorlatilag automatikusak, és riasztást küldenek, ha problémát tapasztalnak. Ezek a módszerek jelentősen csökkentenék a munkavállalók kiszolgáltatottságát, terheit, és bizonyos helyzetekben ki is válthatják azt. Más repülőgépekhez képest (pl. helikopter, kisrepülőgép) a drónok kisebb mérete alacsonyabb üzemeltetési költségekkel párosul, ami gyakoribb alkalmazásokat eredményezhet azonos költségvetésből. Ez csökkenti a megfigyelt és nem megfigyelt holt időszakok arányát - biztosítva a folytonosságot (Restás 2017; Lega et al. 2014; Bier–Feeney 2018; Ericksen 2019; Vigh 2018).

- **Katasztrófa-helyzetek kezelése**

Mind a természeti, mind az ipari katasztrófák esetében jelentős segítséget nyújt a magasból végzett megfigyelés, a teljes terület átfogó képének közvetítése. Drónok alkalmazásával lehetőség nyílik a helyszínen a katasztrófa sújtotta terület pontos helyének és kiterjedésének felmérésére, a veszélyeztetett területek védelmének érdekében szükséges intézkedések célirányosabb megtervezésére (Vigh 2018). A drónok segítenek az áldozatok, a túlélők és a kijelölt mentőcsapat közötti kommunikációs

hálózat létrehozásában. Katasztrófák, például áradások, tüzek és földcsuszamlások esetén megfigyelésre, reagálásra, segítségnyújtásra és helyreállításra használhatók. A drónok aktív eszközként használhatók logisztikai műveletekben és ellátási küldetésekben, készletek szállítására, veszélyes anyagok okozta kármentesítésben, tűzoltásban egyaránt. A nagy felbontású képek elemzésével veszélyterképeket, modelleket és egyéb katasztrófa-terület-jellemzőket lehet készíteni. Segítséget nyújtanak a mentési folyamat koordinálásában, a kísérleti katasztrófa-modellezés ellenőrzésében. Az egyes előjelek időben történő észlelése lehetőséget ad a tüzesetekre, árvizekre történő felkészülésre (Adams–Friedland 2011; Rupasinghe et al. 2016; Nikhil ZHI).

- **Kutatás-mentési küldetések**

A drónok hasznosak a kutatási és mentési (SAR-search and rescue) műveletekben, amelyek során nehezen megközelíthető, távoli területeket vizsgálnak meg, például magas hegyeket vagy sűrű erdőket. A drónok képesek csökkenteni a keresési időt. Ezen túlmenően mélyreható, gépi tanuláson alapuló objektumészlelési algoritmusokat állítanak fel.

- **Önkormányzati és közszolgáltatási célból történő alkalmazások**

Elmondható, hogy mindazon feladatoknál, amelyeknél az önkormányzatok hasznosnak találják a hagyományos légi fényképezés alkalmazását, ott a drónok alkalmazása is szóba jöhet.

- **Környezetvédelmi célú alkalmazások**

A drónok rendkívül hatékonyan alkalmazhatók a nehezen megközelíthető területek vizsgálatához. Ilyen területek például a vizes területek vagy nemzeti parkok. A nagy kiterjedésű területek kutatásának idejét is jelentősen lerövidíti a drónok alkalmazása (Restás 2017).

A drónok biztonságtechnikai alkalmazásai közül Kovács és Viplak (2017) kiemeli a telephelyek védelmét, valamint a szállítások közben történő őrzést. Az alábbiakban az általuk meghatározott kategóriák láthatóak.

Telephelyek védelme

- Vezetéstámogatás incidens esetén
- Egy incidens során a vezetési pontról irányított drónt küldve a művelési terület felé azonosíthatók lesznek az elkövetők, ruházatuk,

felszerelésük és fegyverzetük. Nyomon követhető mozgásuk, a kép továbbítható és beazonosítható a célpont. További előny a saját erők mozgásának megfigyelése, biztosítva, hogy a megfelelő helyen álljanak fel. Rögzített felvétel esetén a felvétel felhasználható a későbbi nyomozati és bizonyítási eljárásban is.

- Nehezen elérhető helyeken történő járőrözés segítése
- A nehezen elérhető helyeken történő járőrözésben a drónok nagy segítséget képesek nyújtani. Emberi irányítással vagy előre beprogramozott útvonalon repülnek a területeken megjelenő személyeket megtalálása, felderítése vagy azonosítása érdekében. Beprogramozott járőrözés esetén nem szükséges folyamatos humán kontroll.
- Meghibásodások következményeinek enyhítése
- Nagy kihívás a technológiában bekövetkező meghibásodások azonnali kezelése, amely esetben fokozott járőrözés szükséges. Drónok alkalmazásával a járőrözéssel lekötött állomány kiváltható, a hibaelhárítást támogatja.
- Kommunikáció
- A védendő területen nem feltétlenül elég az illetéktelen személy detektálása, hanem a szándék felderítése is fontos. Sok esetben nem szándékos behatolásról van szó, hanem eltévedt személyekről, turistákról. A kommunikáció gyors felvétele a gyors reagálást teszi lehetővé.
- Elsősegélykészlet célba juttatása
- Ha a védett objektum területére történő erőszakos behatolás tűzharcba torkollik, melynek során az elhárító erők egyik tagját lövés éri, mindaddig, amíg a területet nem sikerül biztosítani, nem mehetnek a sérült személy közelébe a mentőszolgálat dolgozói.
- Azonban az elsősegélykészlet célba juttatható drónokkal is (például defibrillátor). Egy telephelyen az elsősegélynyújtó helyek nem egyenlő távolságra találhatóak, illetve nem mindenütt áll rendelkezésre létesítményi mentőszolgálat. Ha a munka során valaki megsérül vagy eszméletét veszti, akkor a nagy

sebességű drón hamarabb odaérhet hozzá a felszereléssel, mint bármelyik járőr vagy mentős.

- Torkolattűz detektálása
- Egy tömegrendezvény során eldőrdült lövés után az egyik legfontosabb feladat az elkövető helyzetének meghatározása. Egy drónra szerelt, megfelelő képességű rendszer el tudná látni a felderítési feladatokat, nem kell a költséges, hagyományos légi járműveket igénybe venni, és kevésbé lenne feltűnő jelenlétük.

Szállítások őrzése

- Intézkedő (pl. rendőr) megfigyelése
- A testkamerák egyik nagy hátránya, hogy csak egy nagyon szűk képet rögzít, ebből kifolyólag esetleg később nem láthatók olyan események, amelyek kényszerítő eszközök és intézkedések, vagy lőfegyver használatához vezet. Ennek a problémának a kezelésére az Amazon Technologies Inc. 2015-ben szabadalmi kérvényt nyújtott be egy olyan dróntechnológiára, amelyben egy kisméretű légi jármű szállna fel az intézkedés kezdetekor, és felülről rögzíti az eseményeket. A tevékenységet irányító központból bekérhető az élőkép, ellenőrizhető a rendőr. Ezen felül a drónt hangutasítással is tudná vezérelni a járőr, így rajta keresztül segítséget kérhet, ha támadás éri.
- Nehezen belátható vagy lassú közlekedésű útszakaszok megfigyelése
- Nehezen belátható vagy lassú közlekedésű útszakaszok esetén felmerülhet annak a veszélye, hogy ezen útvonalrészekon illetéktelen személyek megpróbálnak felkapaszkodni a járművekre vagy tárgyakat, csomagokat dobhatnak fel rá.
- Szállítmány megállóhelyének biztosítása
- Egy szállítás során a megállók esetén, illetve a tervezett megállókon túl előfordulhat olyan forgalmi helyzet, amely a szállítmány váratlan és akár hosszabb egyhelyben tartózkodását eredményezi. Ilyen esetben egy figyelő drón detektálási képességei, illetve riasztás-kiértékelési képességei nagyban hozzájárulnak a védelemhez (Kovács–Viplak 2017).

A drónok hazai rendvédelemben és biztonságtechnikában betöltött szerepe

Mind nemzetközi, mind hazai viszonylatban egyre inkább központba került a pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának kérdésköre a rendvédelemben. A polgári drónhasználatot európai uniós rendelet, illetve hazai jogszabály határozza meg, azonban az állami, így a

rendőrségi drónok használatára még szigorúbb szabályok vonatkoznak. A központi államigazgatási szervekről, valamint a Kormány tagjai és az államtitkárok jogállásáról szóló jogszabály 2010. évi XLIII. törvény határozza meg, hogy a rendőrség mellett mely szervek tartoznak a rendvédelmi szervek kategóriájába (URL1). Ezek a következők: rendőrség; büntetés-végrehajtási szervezet; hivatásos

katasztrófavédelmi szerv; polgári nemzetbiztonsági szolgálatok (Nagy et al. 2019).

Drónok a rendőrségnél

2020-ban a 18/2011. (VI. 30.) BM utasítás alapján az általános rendőrségi feladatok ellátására létrehozott szerv, vagyis a rendőrség a DJI Mavic 2 Zoom Camera M2ZE felderítő drón rendszeresítéséről döntött. Korábban a Nemzeti Adatvédelmi és Információs szabadság Hatóság (NAIH) is foglalkozott a drónok rendszerbe állításának kérdéskörével. A hatóság akkor a Terrorelhárítási Központ képességeinek bővítéséhez, a feladatvégrehajtás magasabb szintű ellátásához szükséges eszközbeszerzések forrásainak biztosításáról szóló kormányhatározat tervezetéből szerzett tudomást drónok mobil megfigyelőplatformként (például járőrdrónként) történő alkalmazására vonatkozó tervről (Gyömbér 2020).

Bunya Tamás, a Készenléti Rendőrség légirendészeti szolgálatának drónszakértője szerint a drónok a határvédelem esetében, rendezvénybiztosításnál, és a közlekedési szabálytalanságok kiszűrésénél segítik a rendvédelmi munkát.

Határvédelem

Bunya Tamás, a Készenléti Rendőrség légirendészeti szolgálatának drónszakértője szerint rendkívül nagy segítséget jelent a rendőrség számára az, hogy drónokkal felügyelhetik határainkat és a különféle rendezvényeket, mely feladatban nagy szerepet játszanak a DJI Matrice drónok, amelyek hőkamerával is fel vannak szerelve. Jellemzően nem hagyatkoznak az akkumulátor üzem idejére, legtöbbször egy kábellel összekötve, külső akkumulátort használva marad a drón a levegőben, akár órákig is. A rendőrség jelenleg 43, DJI márkájú drónt üzemeltet (URL2; URL3).

Közúti ellenőrzés

Egyre elterjedtebb a drónok közúti biztonság javítását célzó alkalmazása a balesetek megelőzése és a közlekedés biztonságának javítása érdekében. Az ellenőrzés elsősorban a szabálytalanul előző, elsőbbségi és kanyarodási szabályokat be nem tartó járművezetők kiszűrésére irányul. Példák:

- Berettyóújfalu és Biharkeresztes (URL4)
- Siófok (URL5)
- Karcag (URL6)
- Kalocsa (Greksa 2022).

Vízi rendészet

2019-ben kezdte meg működését a Telekom Mentődrón-flottája a Balatonon. Három drón segíti a Vízimentők Magyarországi Szakszolgálatának

munkáját. Az Alpha és Bravo névre keresztelt DJI Mavic 2 Enterprise Dual hőkamerás ipari drónok a felderítésben, kutatásban segítik munkájukat, míg a Charlie névre hallgató Phantom 4 Advanced szállító drón egy automatikusan felfújódó mentőeszközt szállít magával, s annak vízre dobásával segít a bajbajutottakon. A drónok képesek a tó közepéig berepülni, akár óránkénti 70 kilométeres sebességgel is, így jelentősen rövidülhet a mentésig eltelt idő. A kereső drónokon normál és hőkamera van, aminek köszönhetően szürkületkor és este is kiválóan használhatók, illetve az eszközökön keresztül a vízimentők kommunikálni is tudnak a bajba jutottakkal, utasításokat tudnak nekik adni a mentőhajó megérkezéséig (URL7).

Katasztrófavédelem

Magyarországon a drónokat aktívan alkalmazzák katasztrófavédelem, kutatás-mentés céljából is. Jó példa erre a Hableány sétahajó 2019-es baleset is. A bűvárok mellett vízalatti drónok is közreműködtek a katasztrófa utáni kutatási folyamatban (Szabó 2019).

A katasztrófák elleni védekezés időben jól elhatárolható részekre bontható. A drónok alkalmazásának időbeli felosztása a következő:

- a katasztrófa bekövetkezése előtt
- a katasztrófák bekövetkezése után, annak lefolyása során
- a katasztrófa után történő elsődleges beavatkozás után (Restás 2017).

A drónok tüzeseteknél a következőkben nyújtanak segítséget:

- Terület feltérképezése
- A tűzoltók korlátozott információval kezdik meg a műveletet a tűz mértékéről és a természetes/épített környezetben okozott károkról. Drónnal vagy drónflottával elkezdhetik a helyszín légi felmérését és felmérhetik a tűz kiterjedését, mielőtt megkezdene a drónokkal végzett mentési műveletet.
- Nehezen elérhető helyek megközelítése
- A drónok hatékonyan mennek be szűk, nehezen megközelíthető helyekre, mivel fürgék és mozgékonyak, és előzetes bevetésükkel elkerülhető, hogy az emberek veszélyes helyzetbe kerüljenek.
- Hőmérsékletbecslés
- A tűzoltók versenyeznek az idővel, hogy megmentsek az embereket, a természetes és épített környezeti értékeket. A hőkamerával felszerelt drónok segítik a tűzoltókat, hogy

azonosítsák a lángoló terület belsejében lévő forró pontokat. Ennek megfelelően a tűzoltók célzottan irányíthatják erőforrásaikat a helyzet kontrollálása érdekében.

- Kutatás-mentés
- A tűzoltók aktívan részt vesznek a kutatási és mentési feladatokban. Egy hőkamerás drón roo ember munkáját képes ellátni nagy terület átvizsgálásával és a bajba jutott emberek azonosításával. Egy természeti csapás, például egy földrengés során a hőkamerás drónok átrepülhetnek a ledölt szerkezetek felett, és azonosíthatják a csapdába esett személyeket, sőt veszélyes szivárgásokat is jelezhetnek.

Ugyanakkor kihívásokkal is szembe kell nézni:

- A drónpilóta számára nehezzé válik az adatok megosztása, ami akadályozza a koordinációt.
- Nehéz archiválni a repülési adatokat, ami problémássá teszi a vészhelyzet jövőbeli elemzését.
- A több drónról gyűjtött adatok nem fűzhetők össze a jobb helyzetfelismerés érdekében.
- Az élő adatok megosztása nehezebbé válik, még inkább, ha több drón is érintett.
- A drónok válaszadása nem automatizálható, mivel nem integrálhatók olyan katasztrófaelhárítási rendszerekkel, mint a 911-es műveleti központok (URL8).

Az UAV-k által teremtett biztonságtechnikai kockázatok

Az UAV-k által teremtett biztonságtechnikai kockázatok

A társadalom egyre szélesebb szegmense számára elérhető drónok, továbbá a komplex szabályozás hiánya számos kockázatot, veszélyforrást hordoz magában. A drónok a biztonságtechnikában betöltött fontos és hasznos szerepük mellett egyértelműen biztonsági kockázatot is jelentenek. Az utóbbi időben egyre nagyobb számban jelennek meg olyan specifikus pilóta nélküli eszközök, amelyek folyamatosan bővülő alkalmazási területekkel a rendfenntartást és biztonságtechnikát támogatják. Gajdács és Major (2018) négy fő kategóriába sorolta a drónok biztonságtechnikai kockázatait, melyeket a következő alfejezetek mutatnak be (Gajdács–Major 2018).

Jogi szabályozás hiánya, nem megfelelőse

A jelenleg a drónok minősége, képességei folyamatosan javulnak. A háborús övezetekben a drónok használatára vonatkozó nemzetközi jogi szabályok kidolgozása nem kielégítő, de figyelembe kell venni az emberi jogok és szabadságok más területeit korlátozó alkalmazások lehetőségét is. A drónok és pilóták nyilvántartásának hiánya szinte lehetetlenné tette a bűncselekmény vagy baleset elkövetőjének azonosítását. Az Európai Unió Tanácsa által elfogadott frissített repülésbiztonsági szabályok most először tartalmazzak uniós szintű szabályokat bármilyen méretű, polgári célra használt drónokra.

A jogi és etikai szabályozás másik területe a fedélzeti kamerával rögzített videók és képek megfelelő adatkezelése, mivel gondatlan vagy szándékos felhasználásuk adatvédelmi törvényeket és személyiségi jogokat is sérthet. A drónok nagy aggodalmat keltenek az emberekben személyiségi jogaik, magánéletük miatt, ugyanis a polgári, kereskedelmi drónok is alkalmasak a magánélet elleni támadóplatformokká való átalakításra (Gajdács–Major 2018; Li et al. 2019; Bebesi–Tóth 2021).

Egyre inkább előtérbe kerül a mesterséges intelligencia alkalmazása is, amely ismét új kérdéseket vet fel. A mesterséges intelligencia-rendszerek szabályozására irányuló EU-s szabályozási tervezet a Mesterséges Intelligencia Jogszabály (Artificial Intelligence Act-AIA), amelynek célja a mesterséges intelligencia társadalmi elterjedésével kapcsolatos különféle kockázatok kezelése. Ennek a tervezetnek a megvalósulása kulcsfontosságú lépés a drónok rendészeti alkalmazása szempontjából. A mesterséges intelligencia szabályozása során külön figyelmet kell fordítani arra, hogy a drónok sok esetben valamilyen fegyvert hordoznak, ezért hangsúlyozni kell a folyamatos etikai megfelelés biztosításának fontosságát (URL9).

Műszaki megoldások hiánya/nem megfelelőse

A teljesítmény és a biztonság közötti egyensúlynak nagy ára lehet. Tekintettel a pilóták hiányára a fedélzeten, a repülő drónok az embereket és a földi infrastruktúrákat veszélyeztetik. A biztonsági paradigma nem a balesetek elkerüléséről szól, hanem arról, hogy ne ütközzön civilekkel a földön. Manapság a pilóta nélküli eszközök jellemzően a 2,4 GHz-es frekvenciatartományban kommunikálnak a távirányítóval. Probléma azonban, hogy a társadalomban széles körben használt vezeték nélküli eszközök többsége is ebben a frekvenciasávban működik. Az eszköz feletti ellenőrzés átmeneti vagy végleges elvesztése mindenképpen kockázatos helyzet. A

navigációs rendszer szükséges a pontos útvonal meghatározásához, de a hibás adatok vagy a navigációs rendszer elvesztése olyan hibához vezethet, amely a készülék leesését, anyagi kárt, illetve emberi egészség vagy élet veszélyeztetését okozhatja. A drónok időszakos karbantartása repülésbiztonságot befolyásoló tényező, amelyre csak gyártói ajánlások vannak, kötelezettségek nem (Gajdács –Major 2018; Afman et al. 2018).

Emberi hibák

Ha figyelmen kívül hagyjuk a szándékos, direkt károkozást, az emberi tévedés lehetősége még akkor is jelentős kockázati tényezőt hordoz magában. Ezek a légi járművek – hasonlóan bármilyen tömeggel és sebességgel rendelkező tárgyhoz – komoly balesetet tudnak okozni erre utaló, konkrét szándék nélkül is. A vértlen balesetek bekövetkezését kiváltó tényezők felelősségi szempontból két csoportra oszthatók. Az egyik a személyi dimenzió. Ide sorolható a felelőtlenség, a tájékozatlanság, valamint az elméleti és gyakorlati készség hiánya. A hiba kockázatát jelentősen növelő emberi tényező a fáradtság. Egy tanulmány kimutatta, hogy a polgári légiközlekedési események 7%-a a repülőgépszemélyzet kimerültsége miatt következett be. Az emberi tényezővel összefüggő hibákkal kapcsolatban a másik jelentős tendencia az elégtelen kommunikáció és a helyzetfelismerés hiánya. Ezen kívül a megfelelő képzés hiánya miatti rutintalanság, valamint a megfelelő ismeretek hiánya igen komoly kockázati tényező (Caldwell 2005; Gajdács–Major 2018; Fuentes 2021). A másik, felelősségi szempontból a vértlen baleset bekövetkeztét kiváltó tényező az állami dimenzió, mellyel összefüggésben meg kell említeni a szabályozatlanságot, a felügyelet, az ellenőrzés, a felfedés, felderítés, valamint a szankcionálás hiányát (Beck 2015).

A nem szándékos cselekmények, emberi tévedésből adódó kockázatok mellett a szándékosan okozott biztonsági kockázat (bűnözés/terrorizmus) kiemelkedő jelentőségű (Miasnikov 2005). Ezen eszközök könnyű és alacsony költségen történő beszerezhetősége ideális eszközökké teszi őket. Nagy hatótávolságra képesek, valamint kevés, az elkövető személyének azonosítására alkalmas bizonyítékot tartalmaznak (Beck 2015).

Miasnikov szerint (2005) az alábbiakban részletezett előnyök vonzóvá teszik az UAV-kat a terroristák számára:

- szárazföldön nehezen elérhető célpontok támadása
- széleskörű (területi) támadás végrehajtása, amelynek célja a maximális halálozási arány elérése
- a támadás előkészítésének eltitkolása, a drón indítóhelyének flexibilis kiválasztása

- lehetőség nagy hatótávolság és elfogadható pontosság elérésére viszonylag olcsó és egyre elérhetőbb technológiával
- a meglévő légvédelem gyenge hatékonysága olyan célpontok ellen, mint például az alacsonyan repülő UAV-k
- a drónok relatív költséghatékonysága a ballisztikus rakétákkal és fedélzeti pilótával rendelkező eszközökkel összehasonlítva
- pszichológiai nyomás, pánik és félelemkeltés lehetősége.

Jogellenes cselekmények támogatására alkalmasak, mint például: információgyűjtés, kémkedés, zavarkeltés, provokáció védett személy vagy objektum vonatkozásában, figyelemterelés, célzott támadás, csempészés, terrorcselekmény támogatása, a védelmi rendszerek kijátszásának elősegítése (Beck 2015).

A terroristák két jellemző célja: maximalizálni az áldozatok számát, valamint káoszt és pánikot kelteni. A terrortámadás célpontjai gyakran emberek által zsúfolt helyek vagy rendkívül jelentős, kritikus infrastruktúrák. A drónok felhasználhatók tömegpusztító fegyverek (WMD- Weapons of Mass Destructions) célba juttatására is. A meglévő légvédelmi rendszerek nem hatékonyak a kis- és mini-UAV-k ellen, mivel más jellegű fenyegetések észlelésére fejlesztették ki őket (Miasnikov 2005; Lele–Mishra 2009; Harkai–Felföldi 2019).

Időjárás okozta kockázatok

Vannak meteorológiai helyzetek, amelyek a drónok megsemmisüléséhez vezetnek, így anyagi vagy egészségügyi kockázatot jelentenek. Az erős szél, a csapadék vagy pára és köd az eszköz működését veszélyezteti, amely kikerülve az irányítás alól, lezuhanhat. Nagyon fontos megtanulni, kezelni és előre jelezni az ilyen helyzeteket. A biztonságos repülés felelős tervezést igényel, amely nagymértékben csökkenti és minimalizálja a repülési kockázatokat.

Az időjárás kritikus tényező az energiafogyasztás szempontjából is, mivel ez befolyásolja a drón sebességét és energiafogyasztását.

A meteorológiai tényezők nagyban befolyásolják a rendőrségi eljárások kimenetelét, mert a rossz időjárási viszonyok megnehezítik a jogi bizonyításhoz szükséges vagy légi hírszerzésre alkalmas precíz fotók és videók készítését (Gajdács–Major 2018; Thibbotuwawa et al. 2020).

A fenti, fő kockázati kategóriák mellett érdemes figyelmet fordítani a Chaurasia és Mohindru, (2021) által azonosított specifikus, működtetési kockázati tényezőkre, melyek az 1. sz. táblázatban láthatóak.

kockázati tényező	leírás
drón kiválasztása	Megfelelő drónmodellek kiválasztása, amellyel az ütközésre a legkevesebb esély van
limitált erőforrás	Korlátozott akkumulátor-erőforrás, ami az eszköz váratlan leállását, így zuhanását okozhatja
alkatrészek kopása	Az akkumulátor, a rotorok, a csavarok és az érzékelők károsodása az idő múlásával
Fedélzeti áramellátás	A beépített lítium akkumulátor túlmelegedésnek van kitéve, ami tűzveszélyt jelent
Interferencia	Kommunikációs eszközök (kétirányú rádiókommunikáció) a drón kommunikációs jelét megzavarhatja
Irányítás elvesztése	A drón feletti uralom elvesztése balesetet okozhat, így egészségügyi vagy anyagi kár történhet.
Emberi korlátok	A kezelőszemélyzet által végzett hibás műveletek intenzív munkaterhelés, figyelemelterelés vagy fáradtság következtében
Külső hatások	Madarak, járművek és repülőgépek által keltett zavaró hatás
Időjárási tényezők	Az irányítás elvesztése kedvezőtlen időjárás miatt (erős szél, heves esőzés, köd, hó), mínusz fokok esetén jegesedés
Figyelemelterelés	Dolgozók figyelmének elterelése munkájukról
Stressz	A dolgozók közelében repülő UAV-k pszichés stresszt okozhatnak
Nem megfelelő képzés	A dolgozóknak a képzés elégtelensége miatt kialakuló zavarodottság a kötelességet, feladatot illetően
Pilótahiba	A kezelőszemélyzet tapasztalatának és intuitív döntéshozatali készségeinek hiánya
Magánélet	Érzékeny információk gyűjtése, amely a magánélet megsértését eredményezi (tartózkodási hely, tevékenység)
Engedély nélküli behatolás	Repülés magánterületek felett

1. sz. táblázat: A drónok működtetési biztonságtechnikai kockázati tényezői

Forrás: Chaurasia–Mohindru 2021

Jelenlegi opciók az UAV-k okozta biztonságtechnikai kockázat kezelésére

a drónelhárító rendszerek működési elv szerinti csoportosítása látható.

Drónellenes rendszerek

A drónelhárító rendszerek három lépésű folyamatot hajtanak végre:

- **Észlelik a drónt**

A drónészlelés azokra a rendszerekre utal, amelyek megfigyelik a repülő tárgyat, és megállapítják, hogy az objektum drón-e. Az észlelés alapja lehet hő, akusztikus jel, RF jel, fizikai tárgy, láthatóság. A 2. sz. táblázatban

Detektálási metódus	Példa
radar	Blighter
akusztika	DroneShield
rádiófrekvencia	DJI Aeroscope
optika	Dedrone
zavaró jel	DroneDefender
komplex rendszer	Henshold Xpeller

2. sz. táblázat: A drónelhárító rendszerek működési elvük szerint

Forrás: Bebesi–Tóth 2021

- **Azonosítják a drónt**

A drón azonosítása annak megállapítására vonatkozik, hogy az észlelt drón illegális-e, és ezért semlegesíteni kell-e.

- **Semlegesítik a drónt**

A drónsemlegesítés olyan műveletekre vonatkozik, amelyek megakadályozzák a fenyegető UAV-k mozgását. A semlegesítés lehet destruktív vagy nem destruktív. A semlegesítés lehetséges módszerei a drónok eltérítése, jelének meghamisítása, geofencing, zavarás, megsemmisítő drón használata vagy a drón elfogása (Park et al. 2021; Popescu 2021).

A drón elfogására alkalmazhatók drónelkapó rendszerek, úgynevezett drónelhárító drónok. A behatoló drón észlelésekor az elhárítására küldött drón képes hálót kilőni és így elfogni, hatástalanítani a másik eszközt. Elkerülhető, hogy a magatehetetlen drón emberekre zuhanjon és az elfogott drónból kinyerhető a beletáplált és repülése során addig begyűjtött adatok, melyeknek nagy hasznát veheti a hírszerzés. Ilyen a DroneHunter, egy intelligens repülő robot, ami képes felismerni és osztályozni a behatolót, majd a veszély mértéke alapján eldönti, hogy kiveti-e rá a hálóját (URL10; URL11). Az Izraelben kifejlesztett Skylock képes átvenni a drón feletti irányítást, így az eszközt egy közeli leszállóhelyre lehet vinni, ahol biztonságosan

leszállhat és kinyerhető az adatai. Amennyiben a drón valamilyen fegyvert szállít, vissza is lehet adni a feladónak és fegyverét a támadó ellen fordítani (URL12).

A drónellenes technológiák célja tehát a drónok megfelelő időben történő észlelése, földre kényszerítése és szükség esetén megsemmisítése. Kiemelten hangsúlyos funkció az esetleges terrorcselekmények vagy ipari kémkedés megakadályozása. A drónok észlelése több okból is nehézkes. Viszonylag új technológiaként, az észlelés-válasz technológia még kiforratlan. A meglévő légtérfigyelő radarrendszereket nagy sebességű és nagy teljesítményű repülőgépekhez fejlesztették ki, ezért nem hatékonyak a kis drónokkal szemben. A drónok kis mérete és a fém alkatrészek kis száma miatt helyzetét a radar nem tudja érzékelni, a légiforgalmi szolgálatok előtt rejtve marad, általános veszélyforrást jelentve. A drónok repülési profiljának láthatósága nagymértékben függ az időjárási viszonyoktól, a napszaktól, a terep adottságaitól és a pilóta képzettségétől, valamint a drón műszerezettségétől. A láthatóságot a napszak is befolyásolja. A nappali (keleti) látás reggelente nagyon korlátozott, nyugatra este ugyanez érvényes. Az időjárás fontos tényező, a ködös, esős vagy borús idő akár a vizuális azonosítást is lehetetlenné teheti bármely irányból, ami nagyon fontos szempont egy esetleges terrortámadás végső fázisában. De vannak már vízálló drónok, amelyek működését nem akadályozza nedvesség

és eső, valamint a rossz látási viszonyok között a hőkamera is lehetővé teheti a drón működését (Bebesi-Tóth 2021).

Jogszabály

Az országok fokozatosan létrehozzák a nemzeti jogi kereteket a drónokkal kapcsolatban. Minden drónokkal kapcsolatos szabályozásnak egy közös célja van: a többi légtérhasználó, valamint a földön tartózkodó emberek és vagyon biztonsági kockázatainak csökkentése.

Megfigyelhető a nemzeti szabályok heterogenitása és a végrehajtás eltérő szintjei. A jogszabályoknak ki kell terjedniük a pilóták képzésére, a pilóták és az UAV rendszeres karbantartására és nyilvántartására. A gyakorlati képzés, az elméleti tudástesztek, a repüléstechnikai tesztek és az orvosi értékelések a pilótaképzés leggyakoribb követelményeit tartalmazzák. A pilótaképzés és a kötelező karbantartás segít elkerülni a veszélyes helyzeteket, az eszköz és a pilóta regisztrációja pedig lehetővé teszi az esetleges balesetek, bűncselekmények elkövetőjének azonosítását. Amint az említésre került, a szabályozás nem egységes, ráadásul sok országban a szabályozás hiánya tapasztalható (Stöcker et al. 2017; Xu et al. 2020).

Technológia

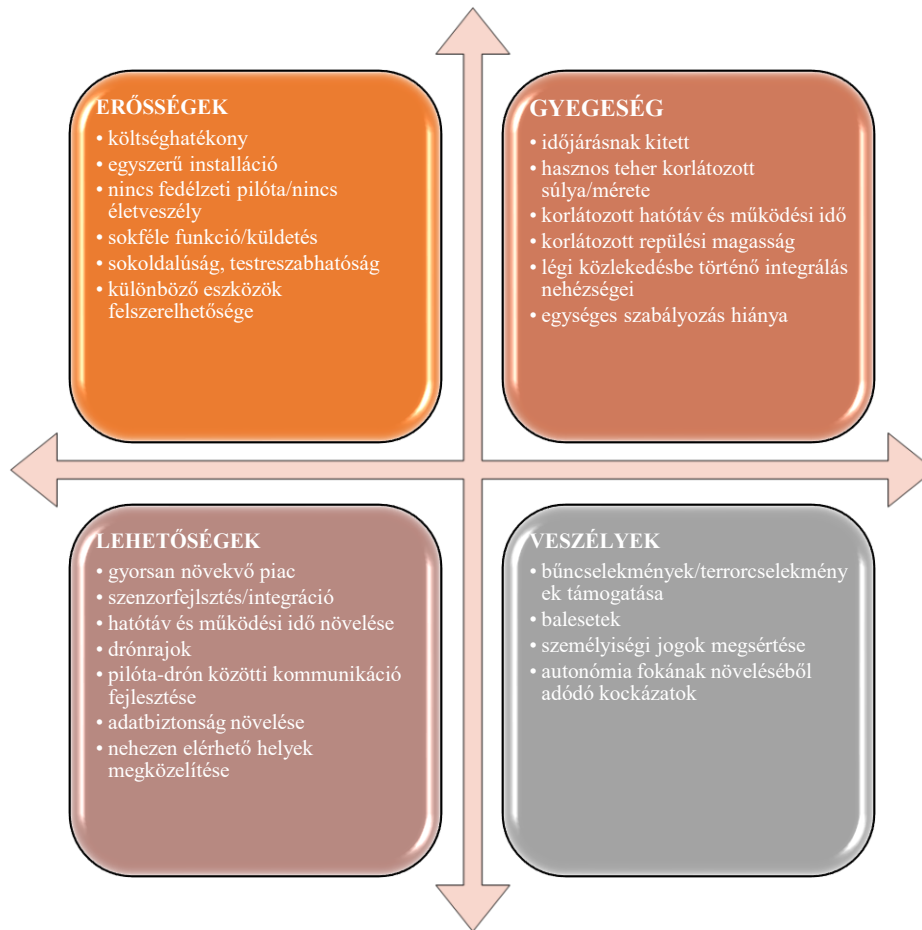
A biztonság szempontjából kiemelten fontos a kontroller és a drón kommunikációjának megszűnése. A drón átviteli rendszere a drón vezérlésére használt távirányító vagy intelligens eszköz közötti kapcsolat. Az átviteli rendszer befolyásolja a drón hatótávolságát, a

videóátvitelt, az átviteli késleltetést és az elérhető vezérlési frekvenciákat.

Jelenleg három módszer uralkodik a drónok irányításában: rádióhullám, 4G hálózat vagy közvetlen emberi irányítás (Tóth 2021). A Wifi-t vagy a Bluetooth-t kétdimenziós, kis sebességű vagy teljesen mozdulatlan végpontok vezeték nélküli összekapcsolására fejlesztették ki. Az UAV-k viszont jellemzően gyorsan mozognak és a tér minden irányában képesek manőverezni (Huszár 2020). Az UAV és a vezérlő közötti kommunikáció stabilitása, így a balesetmegelőzés kulcsfontosságú tényező a fejlesztésben. Jelenleg kísérleti, illetve kezdeti stádiumban van a drónok 4G és 5G általi irányítása, valamint a közvetlen agyhullámokkal történő irányítás. A másik kritikus tényező a drón üzemideje. Jelenleg a legelterjedtebbek a Li-Po akkumulátorok, kezdeti stádiumban van például a napelemes, hidrogéncellás, illetve grafén-akkumulátoros drónok fejlesztése.

A fejlesztés szükségességét alátámasztó probléma és stratégiai irány bemutatása

A drónok kiemelkedően hasznos szerepet képesek betölteni a rendvédelemben, kutató-mentő küldetésekből, természeti katasztrófák és balesetek során. Ugyanakkor egyértelműen szükséges a fejlesztés bizonyos területeken. A fejlesztés szükségességét vizsgálva a dróntechnológia SWOT ábrájának áttekintése nyújt kiindulási pontot (2. sz. ábra).



2. sz. ábra: A dróntechnológia SWOT ábrája

Forrás: Saját szerkesztés

A fejezet további részeiben a SWOT ábra alapján részletezésre kerülnek a dróntechnológia fejlesztésének szükségességét alátámasztó indokok.

Drónok elterjedtsége

A drónok számának szignifikáns, folyamatos növekedése indokoltá tesz bizonyos fejlesztéseket. A nagyszámú drón jelenléte a légtérben szükségessé teszi a szabályozást, a műszaki biztonság és a pilótaképzés fejlesztését. A drónok nagy száma önmagában megnöveli a lehetséges ütközések, balesetek bekövetkeztének valószínűségét.

A fegyveres erők drónjainak száma Európa államaiban összesen kevesebb, mint 1000 darabot tesznek ki. Ez a szám alacsonyabb, mint 10% az összes katonai légijármű-kontingensen belül.

A közepes, illetve nagy magasságon repülni képes drónok száma körülbelül 40 darabra tehető.

Polgári alkalmazás tekintetében a hobbicélra vásárolt drónok száma mintegy 1-1,5 millióra tehető. Nem kizárólag a polgári drónok nagy száma az érdekes,

hanem a növekedés üteme is. Az utóbbi években számuk évente megduplázódott, mire a jelenlegi szintre emelkedett. Az üzleti felhasználású drónok száma körülbelül 10 ezer.

Magyarországon a drónrepülések száma 2025-re elérheti az évi 10 milliót, ez az előrejelzések szerint naponta 27 ezer drónos repülést jelenthet. A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék online konferenciáján hangzott el: a drónfelhasználók száma Magyarországon is növekszik: 2017-ben 15–30 ezer, mostanra több mint 100 ezer van, az előrejelzések pedig 2025-re évi 10 millió, napi 27 ezer repülést prognosztizálnak hazánkban, ami a mai teljes európai légi forgalomnak felel meg. Az adatok alátámasztják a repülésbiztonsági intézkedések létjogosultságát (URL13). A következő 5-10 évben a dróntechnológia gyors, tömeges elterjedése várható, a következő két évben megtízszereződhet a drónrepülések száma (URL14).

Ahogy a pilóta nélküli légijármű-rendszerek (UAS) műveletei iránti kereslet növekszik, úgy az UAS Forgalmáramlás Menedzsment (UTFM)

kezdemenyvezésekre van szükség, amely a torlódások csökkentése érdekében biztosítja a biztonságot és a hatékonyságot (Kapustina et al. 2021).

A drónok fejlődésével keletkezett új kihívások

Drónrajok

A drónrajok a potenciális hardver- és szoftversérülékenységek miatt bármely küldetés során felerősíthetik a kiberbiztonsági problémákat (Zhi et al. 2020). Ez előtérbe helyezi az adattovábbítás, adatbiztonság kérdését és a fejlesztés szükségességét.

A drónraj egységeinek egyszerre kell képesnek lennie arra, hogy önálló egységként működjenek, illetve, hogy a többi drónnal együtt mozogjanak. Ez szükségszerűen indukálja, hogy az egységeknek az autonóm működés valamely fokával rendelkeznie kell. Ez azonban felveti a kérdést, hogy vajon a drón csak a kívánt célpontra fog-e támadni vagy egyéb személyekre, civilekre is.

Zak Kallenborn Egyesült Államok Légierője Stratégiai Tanulmányi Központjának független elemzője szerint a drónrajok tömegpusztító fegyvereknek tekinthetők, ráadásul még nincs olyan szerződés, amely szabályozza a drónrajok használatát. David Hamblingpe szerint miután az AFADS (Armed, Fully-Autonomous Drone Swarm - fegyveres, teljesen autonóm drónraj) felszabadult, emberi beavatkozás nélkül meg fogja találni, azonosítani és megtámadni a célpontokat. Kallenborn azt állítja, hogy az AFADS raj igazi tömegpusztító fegyver az általa okozott károk miatt, és nem képes megkülönböztetni a civileket a katonai célpontoktól (Hambling 2020; URL15).

A mesterséges intelligencia által vezérelt drónrajok esetében a kockázat még hangsúlyosabb. 2021-ben Izrael mesterséges intelligencia által vezérelt drónrajt vetett be Hamász terroristák ellen. A drónok nem emberi utasításra, hanem mesterséges intelligencia segítségével kapcsolódtak egymáshoz, hogy megkeressék célpontjaikat (3. sz. ábra).



3. sz. ábra: Mesterséges intelligenciával támogatott drónraj működése

Forrás: <https://al-ain.com/amp/article/israel-first-ever-drone-swarm-hamas> [Letöltve: 2022. 10. 18.]

A mesterséges intelligencia, az autonómia fokának növekedése esetén a cél a folyamatos emberi utasítás, kontroll szükségességének visszaszorítása, ugyanakkor éppen ez az, ami potenciális veszélyt is hordoz magában. Hogy a szabadjára engedett, az autonómia valamely fokával rendelkező drónok ne hajtsanak végre nem kívánt műveleteket mind jogszabályi, mind technológiai oldalról komoly szabályozást, fejlesztést igényel. Jó példa az amerikai Haditengerészet járműveit 2019 óta zaklató drónok. Az eset rávilágított egy olyan gyenge pontra, miszerint a drónrajok megjelenésével még az amerikai Haditengerészet sem igazán tudott mit kezdeni (Kehoe 2022).

Vízálló drónok

A vízálló drónok olyan eszközök, melyek víz alatt és levegőben egyaránt képesek működni.

Ez a tény három okból vet fel megoldandó kérdéseket.

- **A vízi közlekedés/vízforgalom biztonsága**

Tekintettel arra, hogy akár vízben is mozoghat drón, valamint képes vízről fel, illetve vízre leszállni, figyelembe kell venni a vízi járművek, valamint a

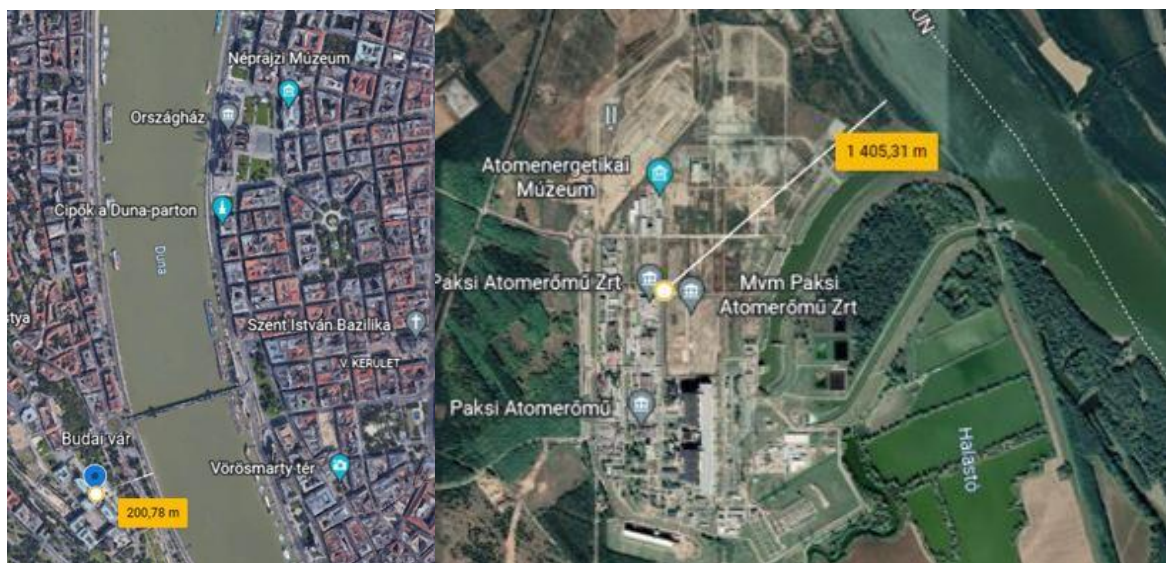
fürdőzők biztonságát. Ezek a típusok jelenleg még nem terjedtek el a kereskedelmi forgalomban, eddig a kérdés nem került a figyelem középpontjába, azonban a felhasználók számának növekedésével mindenképpen megoldandó feladat.

- **Időjárásfüggőség csökkenése**

A drónok jelenlegi alkalmazhatóságának egyik limitáló tényezője, hogy esős, párás, ködös időben nem alkalmazhatóak. A vízálló drónok elterjedésével ez többé nem képez akadályt, így számításba kell venni, hogy esetleges drónnal történő behatolások, támadások ilyen időjárási körülmények között is megtörténhetnek.

- **Bizonyos létesítmények biztonságának védelme**

Vízközeli, illetve vízhez kötött létesítmények esetében a vízben és levegőben is közlekedni képes drónok komoly fenyegetést jelenthetnek. A víz, mint új megközelítési útvonal igen megnehezíti az eszköz időben történő detektálását, így csökken a reagálásra rendelkezésre álló idő. Magyarországon jó példa erre a Duna partján fekvő Parlament, a dunai hidak, a budai vár (amelynek távolsága a Duna partjától csak 200 méter), a Paksi Atomerőmű (4. sz. ábra).



4. sz. ábra: A Parlament, a Budai vár és a Paksi atomerőmű Dunától való távolsága

Forrás: Saját szerkesztés Google Earth alkalmazásával

Ugyanakkor az ilyen drónok fejlesztése segítheti is a rendfenntartást. Világszerte számos olyan hely van, amelynél a behatolók észlelésére víz alatti megfigyelés szükséges. Az eszköznek elegendő felbontást kell biztosítania a behatoló detektálásához, amely lehetővé teszi az ellenintézkedések végrehajtását (Naik et al. 2019).

Álcázott drónok

A drónok álcázásának igénye a katonai felhasználás miatt hamar felmerült, és többféle megoldás is született ennek megoldására.

- Alak
- A rovar vagy madár alak lehetővé teszi a környezetbe történő beolvadást.
- Színváltó mechanizmus

- Olyan drónok is léteznek, melyek színváltó mechanizmus, szín használatával képesek az álcázásra. Kiegészíti a technológiát a GPS nyomon követés és ellenségeszlelés, valamint az éjjellátó kamera. A drón álcázása a háttér, a környező szín érzékelésével és az érzékelt szín LED segítségével történő megjelenítésén alapul. A GPS nyomkövető segítségével a drón koordinátái elküldhetők a hadseregnek, amely segít feltérképezni az ellenség helyzetét és az éjjellátó kamera biztosítja az élő felvételt (Pednekar Patole–2020).

A madár alakú drónok esetében sok esetben nem csupán a küllem hasonlít madárra, hanem a madarak szárnyainak mozgását is képes utánozni. Ezeket a légi járműveket ornitokoptereknek nevezzük. A spanyolországi Sevillai Egyetem robotikai laborja, a GRVC Robotics Lab által fejlesztett speciális drón például légszárnyak helyett szárnyainak mozgásával tartja magát a levegőben. Az ornitokopter emberi beavatkozás nélkül, autonóm módon repül végig egy kijelölt útvonalon (Palotai 2022).

Az ornitokopterek előnyei: lebegés képessége; egyszerű mechanika; biztonságosak; bővíthetik a drónok képességeit és alkalmazásait.

Az ornitokopterek hátrányai: általában nehezen tudnak felszállni/leszállni; repülés közben általában meglehetősen instabilak; rossz időben nem lehet

repülni; nem tudnak olyan gyorsan repülni, mint más típusú UAV-k. A repülés közbeni stabilitás, illetve a sebesség növelése kulcsfontosságú fejlesztendő terület (URL 16).

A biztonságtechnikai alkalmazhatóság, illetve kockázat mellett a tudományos kutatásokra való alkalmazhatóság is indokolja az ornitokopterek fejlesztését, mint például az állatállomány megfigyelése a zavaró hatás nélkül, mezőgazdasági területek védelme, vagy egyfajta madárijesztőként történő alkalmazás (Dayoub et al. 2020).

Szenzorok és egyéb eszközök

Fontos kiemelni, hogy önmagában a drón egy platform, melynek alkalmazhatósága nem kizárólag, de elsősorban a hordozott eszközök, kamerák, szenzorok, egyéb érzékelők és műszerek függvénye. Ezen eszközök által szolgáltatott adatok a cél, amely miatt a repülés megtörténik, továbbá a szenzorok a drón működéséhez nélkülözhetetlenek.

Ebből kifolyólag megállapítható, hogy a szenzorok fejlesztését két ok is indokolja:

- a repülés biztonsága
- a küldetés céljának teljesítése.
- A drónok működéséhez szükséges alapvető szenzorokat mutatja az 5. sz. ábra.



5. sz. ábra: A drónok működéséhez szükséges szenzorok

Forrás: Winkler 2022

További kiemelendő indokló tényező, hogy a repülő eszközökön alkalmazott szenzorok és egyéb eszközök mérete limitálja a drónokra történő applikálhatóságot.

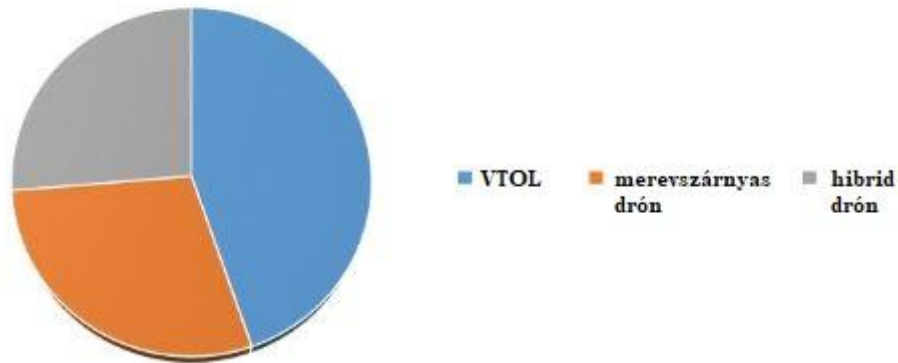
Ebből kifolyólag fontos fejlesztési irány a méretcsökkentés.

Ezen kívül a fejlesztést indokolja a fellépő speciális igény az egyes küldetésekhez. Például keresés-kutatási

küldetés során a hőkamera, hangosbeszélő, reflektor vagy valamely létesítmény őrzése esetén arcfelismerő és biometrikus szkennerek.

A gazdasági elemzések azt mutatják, hogy jelenleg a drónszenzorok piacának közel felét a merevszárnyas drónok szenzorai teszik ki, amint az a 6. sz. ábrán is látható.

Drónszenzor világpiac (%) 2021



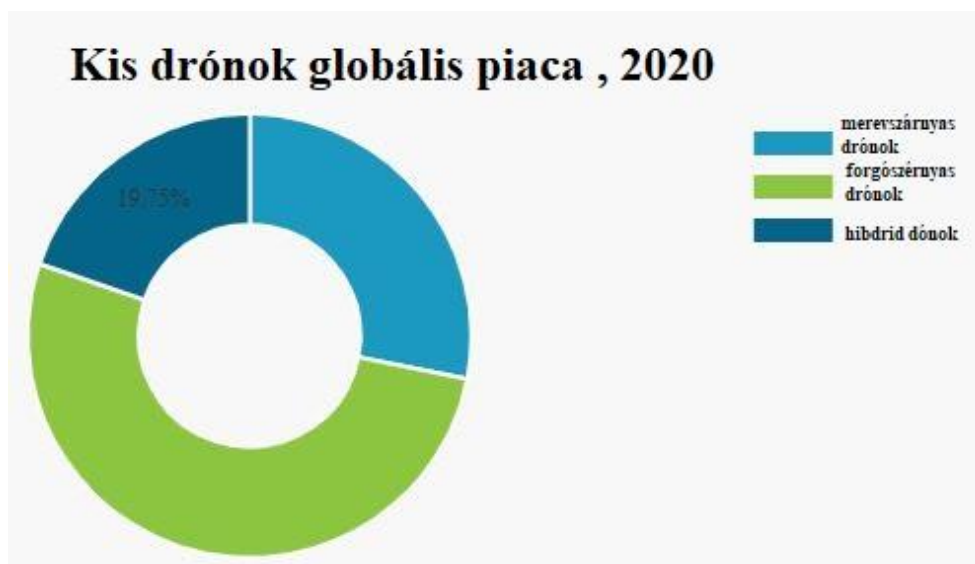
6. sz. ábra: A drónszenzor világpiac megoszlása 2021-ben

Forrás: Global Drone Sensor Market 2021 to 2027

Ennek oka a merevszárnyas drónok intenzív hadászati célú felhasználásában keresendő, ugyanis ezen területen kiemelten fontos az adatgyűjtés, az információszerzés és légi felvételek készítése. Ehhez fejlett szenzorok szükségesek. Továbbá a merevszárnyas drónok jellemzően nagyobb felülettel rendelkeznek, ami

előnyt jelent a szenzorok és egyéb eszközök felszerelésében.

A fentiek mellett érdemes figyelembe venni, hogy a globális drónpiac körülbelül felét a kisebb forgószárnyas drónok teszik ki (7. sz. ábra).



7. sz. ábra: Kis drónok világpiaca, 2020

Forrás: Small Drone Market Size, Share, Trends | Industry Report 2028 (URL36)

Ez alátámasztja a forgószárnyas drónok szenzorfejlesztési szükségletét.

Drónok elleni védekezés kezdetlegessége

Tekintettel arra, hogy bár a katonaság, a hadiipar régebb óta alkalmaz drónokat, széleskörű elterjedésük csak az elmúlt tíz évre tehető. Mivel az átlagember számára is könnyen elérhetőkké váltak, megnőtt a potenciális illegális behatolások, támadások lehetősége. Ez vezetett a drónok elleni védelmi rendszerek igényének kialakulásához. A védekezés lehetőségét nehezíti, hogy a drónok fejlődése igen intenzív, így a védelmi rendszereknek is folyamatosan fejlődnie kell a hatékonysághoz.

Katonai minőségű drónellenes rendszert építeni minden magán- vagy közintézményhez a telepítési és üzemeltetési költségek, valamint a szabályozási korlátozásokra tekintettel nem lehetséges (Park et al. 2020). Az állami objektumoknak, ipartelepeknek, repülőtereknek, erőműveknek és egyéb (kritikus) infrastrukturális elemeknek szükségük van valamilyen védelmi mechanizmusra és megoldásokra annak érdekében, hogy rendeltetésüket ne veszélyeztessék ezek az eszközök, ne érkezzon a közelükbe drón agresszív szándékkal, vagy csupán figyelmetlenségből, esetleg meghibásodásból adódóan (Csengeri 2019).

A védekezés hiányosságaira jól rámutatnak a következő példák:

- 2014 őszén több mint 30 alkalommal repültek drónok francia nukleáris létesítmények fölé anélkül, hogy az irányítójukat azonosították volna. Ezekben az esetekben nem csupán maguk a drónok adnak okot aggodalomra, hanem az is, hogy a biztonságért felelős hatóságok nem tudtak magyarázatot adni ezekre az esetekre, vagy megakadályozni a berepüléseket (URL17).
- A londoni Gatwick reptér lezárása a reptér közvetlen közelében észlelt drónok miatt: Stewart Wingate, a Gatwick repülőtér vezérigazgatója kifejtette, hogy az eset rávilágít egy komoly stratégiai kihívásra: a jogalkotóknak, hatóságoknak és a légiközlekedési ágazatnak gyorsan ki kell dolgoznia különböző megoldásokat az ilyen, mindeddig példátlan esetek kezelésére (URL18).
- 2019. szeptemberében a szaúd-arábiai Abkaikban a SaudiAramco olajfinomítót és egyik lelőhelyét érte dróntámadás, amely az ország közel napi kilencmillió hordós olajkitermelését egy csapásra visszavetette ötmillióval. Mivel a szaúdi gigacég a világ legjelentősebb olajvállalata, az abkaiki komplexum pedig a legnagyobb ilyen

létesítmény, a támadás után a globális kitermelés is jelentősen csökkent – ennek világpiacra gyakorolt hatása szinte azonnal jelentkezett. A kőolaj ára a tőzsdék nyitása után egyből hatvan dollár fölé ugrott, amit a hazai benzinár is megérezett (URL19).

- A drónok detektálása azért is kihívást jelent, mivel a légieszközök detektálására alkalmazható eszközöket nagyobb légijármű észlelésére fejlesztették ki. Ezen kívül speciális, jellegzetes tulajdonság az alacsony repülési magasság, ami szintén kihívást jelent a detektálásban.

Műszaki ellenőrzés, azonosíthatóság hiánya

Mint minden eszköz esetében, a drónoknál is a biztonságos működés alapfeltétele a megfelelő műszaki állapot. Jelenleg ezt Magyarországon a 38/2021. (II. 2.) Kormányrendelet (URL20) a C, D és E kategóriák esetében írja elő, a légialkalmassági vizsgálati eljárás keretében.

A hatósági műszaki ellenőrzés kiterjed:

- a légijármű feliratozásaira, jelzéseire, a felségjelre, a fedélzeti azonosító jelre, a feliratokra, a műszerfal láthatóságára, előírászerűségére
- a vész- és mentőberendezések ellenőrzésére
- a légijármű külső állapotának ellenőrzésére, a külső borítás épségére, szerelvényilások és borítólemezek rögzítőelemeinek épségére, az antennákra, a Pitot-csőre, az érzékelőelemek sérülésmentességére
- az összejelölések ellenőrzésére
- külön Hatósági elrendelés esetén - az egyéb szerkezeti elemek, csomópontok, fedélzeti rendszerek és földi tartozékok állapotának ellenőrzésére.

A hatósági vizsgálati jegyzőkönyv tartalmazza:

- a vizsgálatot kérelmező és elrendelő nevét
- a vizsgálat célját
- a légijármű üzemeltetőjét, típusát, gyári számát, gyártási idejét, összes felszállásának számát, összes üzemidejét, a hátralévő üzemidejét, nagyjavításainak időpontját, utolsó javítása óta eltelt üzemidejét, utolsó javítása óta végrehajtott leszállások számát, üzemképességére vonatkozó megjegyzést
- a földi és légi vizsgálat eredményét (URL20).

A kormányrendelet értelmében nem kötelezettek műszaki ellenőrzésre a 25 kg alatti drónok, ugyanakkor a kereskedelemben elérhető drónok szinte mindegyike

25 kg alatti. Tekintettel a 25 kg alatti drónok nagy számára, valamint a tényre, hogy ezen eszközök üzemeltetői képzetlen, vagy alacsonyan képzett pilóták, a műszaki ellenőrzés hiánya komoly kockázatot jelent. Továbbá megemlítendő, hogy ezen ellenőrzések során illegális, esetleg terrorcselekmények előkészítése érdekében végzett modifikációk is láthatóvá válnának. Megfelelő szakértelemmel saját készítésű drónok is létrehozhatók, melyek ellenőrzésére külön szükséges lenne kitérni.

Jogszabály hiányosságai, egységes szabályozás hiánya

A drón a repülés és a vezetékek nélküli vezérlés új technológiája, amely túlmutat a hagyományos légitörlekedési szabályozási rendszeren, és a közbiztonság vadonatúj szabályozási területe.

A drónok a modern repüléstechnikát, a vezetékek nélküli kommunikációs technológiát, az érzékelő- és helymeghatározó technológiát és az intelligens vezérlési technológiát integrálják. Megjelenésük és méretük, repülésirányításuk és repülési jellemzőik tekintetében jelentősen eltérnek a hagyományos repülőgépektől. Az évek során uralkodó légitörlekedés-irányítási technológia, tapasztalat és a meglévő polgári légitörlekedési technológiára épülő rendszer nem tudott még alkalmazkodni az új technológiai fejlesztések által előidézett változásokhoz, és továbbra is jelentős elmaradást mutat (Yao 2021).

Bár az ESA 2019-ben bemutatott, a drónok használatára vonatkozó egységes európai törvénycsomagja (URL21) igen jelentős lépés volt a jogharmonizáció, az egységes szabályozás tekintetében, még mindig akadnak hiányosságok.

Eseti légtér engedély

Az egyik az eseti légtér szükségességének kérdése. A jelenlegi szabályok értelmében lakott terület feletti drónhasználatához eseti légtér kijelölése kötelező. Ugyanakkor az nem tisztázott, mi számít lakott területnek. Jelen tanulmány szerzője információt kért a pontos koordináták, a repülés tervezett magassága, illetve időpontjának megadása alapján, szükséges-e eseti légtér engedély igénylése. Erre a következő válasz érkezett a légtér.hu részéről: „Mivel a lakott terület fogalma jogszabályban nem tisztázott, ezért nem áll módunkban erre vonatkozó megállapításokat tenni.”

Továbbá, amennyiben légtér engedély szükséges, úgy azt 30 nappal a tervezett repülés előtt kell igényelni. Ez a hosszú időtartam problémás lehet, például az időjárás kiszámíthatatlansága, a pilóták ilyen időintervallumban

nem kiszámítható elfoglaltsága, illetve hobbicéltól történő repülés esetén a spontaneitás hiánya miatt.

Az eseti légtérigényléshez készült tájékoztató (URL22:1) szerint: „A minimálisan előírt 30 nap, illetve 5 munkanap helyett javasolt a kérelmet 45-60 nappal, illetve 10-15 munkanappal a tervezett igénybevétel előtt benyújtani. Az indokolatlanul korán benyújtott eseti légtér kérelmeket azonban a hatóság visszautasíthatja, ha a kérelmezett légtér-igénybevétel légiközlekedésre gyakorolt hatása nem állapítható meg.”

Ezek együttesen hozzájárulhatnak a nem szabálykövető magatartás, illetve az illegális repülések számának növekedéséhez, amely növeli a biztonsági kockázatot.

Műszaki ellenőrzés

Az előző alfejezetben kifejtett, kisebb súlyú drónokra vonatkozó műszaki ellenőrzés hiánya is problémákat vet fel.

A drónokra vonatkozó szabályozások jellemzően nem térnek ki érdemben a személyiségi jogok, az információbiztonság kérdéseire. Az elkészült fotók nem csak képeket, hanem láthatatlan információkat is tartalmaznak, beleértve a képinformációkat (gyártó, felbontás stb.), a kamerafelvételt (ISO, fohéregyensúly, telítettség, élesség stb.), GPS-t (felvételi hosszúság, szélesség, magasság) (Zhi et al. 2020).

Kötelező felelősségbiztosítás

A bizonyos esetekben kötelező drón felelősségbiztosítás is felülvizsgálatra szorul, tekintettel arra, hogy a biztosítás mértéke a felszálló tömegtől függően 3 és 10 millió forint között lehet. Ez indokolatlanul alacsony, hiszen például egy autónak nekirepülve is jóval nagyobb kárt okozhat az eszköz (Rottler 2018).

Összefoglalva:

- az engedélyezési folyamat nehézkes, mert a rendelkezésre álló humán erőforrás nem megfelelő a kérelmek elbírálásához
- a kérelem az érdekeltek számára nehezen érthető, ezért sok esetben kérelem benyújtása nélkül történik a drónhasználat
- jogszabályilag nem tisztázott a „lakott terület” fogalma, ami nem teszi egyértelművé, mikor szükséges eseti légtér engedély - így nem elég figyelemmel kezelt a lakott területek kérdése
- hiányoznak a garanciális feltételek a biztonságos drónhasználatához, így egy káresemény esetén annak megtérítése nehezen realizálható
- nincs kellő figyelemmel kezelve az adatbiztonság, valamint a személyiségi jogok kérdése.

A jövőbeli fejlesztési irányok bemutatása

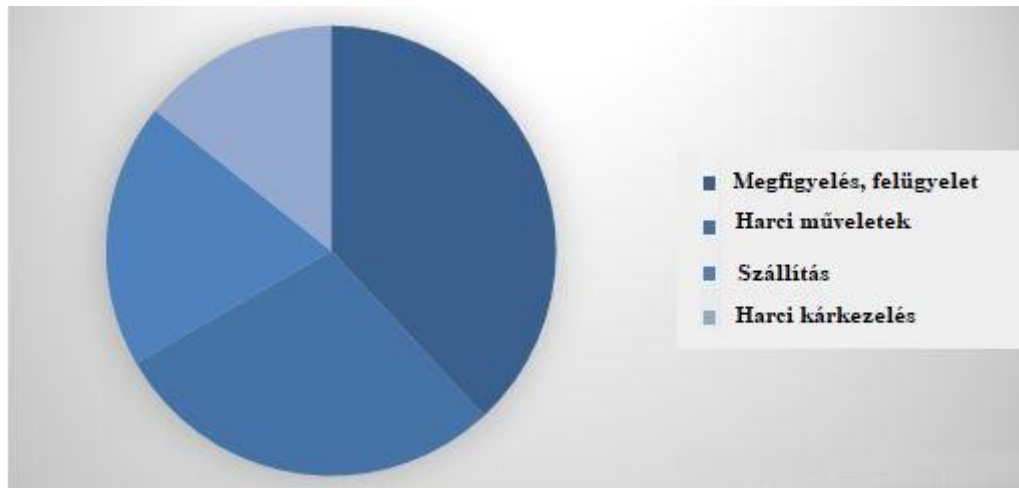
Az ideális, rendvédelemben alkalmazható drón

A rendvédelmi drónok általános tulajdonságai

Felhasználás szerinti speciális igények

A drónok egyik legnagyobb előnye sokféleségükben, sokoldalúságukban rejlik. Azonban éppen e tényből kifolyólag, az egyes alkalmazási területéhez leginkább megfelelő drón specifikációi eltérést mutatnak. Jelen fejezetben a rendvédelemben, rendfenntartásban használható drón műszaki jellemzői kerülnek ismertetésre.

A 8. sz. ábrán látható a katonai drónok alkalmazási terület szerinti megoszlása.



8. sz. ábra: Katonai drónok alkalmazási terület szerinti piaci megoszlása 2018-ban

Forrás: Military Drones Market

Megfigyelés, felderítés

A megfigyelő alkalmazások szegmense jelentős piaci részesedéssel járul hozzá a katonai drónok esetében. A megfigyelés és felderítés alapvető tevékenység mind a katonai, mind a polgári szervezetek számára számos célból, például tús- és túlélők mentése. A katonai megfigyelő drónok lehetővé teszik a változó környezeti és viselkedési tevékenységek nyomon követését azzal a céllal, hogy irányítsák, védjék vagy támogassák a katonai személyzetet.

A megfigyelés, hírszerzés esetében kiemelendő a „látni, de nem látszani” elv. Eben az esetben a cél a drón álcázása, illetve minél jobb képalkotó szenzorokkal történő felszerelése. A hatékonyságot javíthatja, ha a drónokat integrálják különféle berendezésekkel, beleértve a rejtett kamerákat, CCTV-ket és mikrofonokat (Military Drones Market).

A megfigyelés és reagálás automatizálása kulcsfontosságú fejlesztési terület. Ennek elsődleges oka az élőerő terhelésének csökkentése, valamint a hamis riasztások kiszűrése is. Az automatizálás és így az élőerő terhelésének csökkentése olyan helyzetben is előnyös, amikor a cél a figyelemelterelés, kifejezetten az élőerő figyelmének és kapacitásának lekötése, amíg a további

behatolók, határsértők vagy egyéb illegális cselekményt végrehajtók számára így az esélyek növelése.

A nagy védendő, felügyelni kívánt terület esetén célszerű lehet a területen érzékelők elhelyezése, mint például mozgás- és rezgésszenzorok telepítése. Az ezek által fogott jelek, azok elemzése után szükség szerint aktiválják a drónt. Ennek jelentősége egyrészt a drón élettartamának növelése a kevesebb üzemidő, illetve a szándékos megsemmisítés vagy véletlen megsemmisülés kockázatának csökkentése miatt. Jó példa e megoldásra a Sunflower Labs Bee rendszer. A szisztéma három alrendszerből áll. A közvetlen megfigyelést ütközés-elkerülő érzékelőkkel, precíziós GPS-szel és nagyfelbontású, infravörös fényvel ellátott, éjjel is látó kamerával felszerelt Bee (méhecske) végzi. A másfél kilós Bee automatikusan üzembe helyezi a bázisállomását, a The Hive nevű eszközt. Az időjárásálló, behúzható ajtó kaptár nemcsak a drón mechanikai védelmét, hanem energiaellátását is biztosítja. Fordított kúp alakot formáz, hogy a drónok minden alkalommal biztonságosan leszállhassanak. A rendszer biztosítja azt is, hogy a töltési pontok megfelelő helyzetben legyenek, biztosítandó a megfelelő áramutánpótlást. Harmadik szegmensként fontos

szerepet játszanak a Sunflowernek elnevezett érzékelők a mozgás- és rezgésszenzorokkal. Az ezek által fogott jelek – természetesen azok elemzése után – aktiválják a drónt (URL23).

Szállítás

Szállítás esetén a drón teherbírása, illetve a csomag felszereléséhez szükséges hely a mérvadó. A kereskedelmi drónok között a Phantom sorozat talpkialakítása alkalmassá teszi a drónt valamely eszköz vagy csomag szállítására. Szállítás esetén kiemelt kockázati tényező az embercsoportok, embertömeg

feletti átrepülés. Az esetleges zuhanás, így a testi épségben történő károkozás mérséklésére javasolható ejtőernyők felszerelése az ilyen drónokra (9. sz. ábra). Ez célszerű kritikus infrastruktúrák védelmét ellátó drónok esetében is, amikor a drón becsapódása miatt veszélyhelyzet állhat elő. Ilyen lehet például az erőművek védelme, amikor komoly gazdasági hatása lehet a létesítmény funkciókiesésének. Az atomerőművek vagy vegyszergyárak esetén bekövetkező balesetek közvetlen egészség- és természetkárosodással járhatnak.



9. sz. ábra: Forgósárnyas és merevsárnyú drón ejtőernyővel

Forrás: Seidenberger 2022; UAV Parachute Recovery Systems Market Size, Share, Development by 2024-2019 (URL37)

Időjárás

A polgári felhasználású drónműveletek jellemzően szabadidős jellegűek, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy csak ideális helyzetben, ideális időjárási, látási körülmények között történik repülés. Kedvezőtlen körülmények esetén a repülés vagy el sem kezdődik, vagy megszakítja a műveletet a pilóta. Ez azonban a rendvédelmi, illetve katonai drónok esetén nem megengedhető, alapvető igény, hogy bárhol, bármikor bevetethetők legyenek.

Az időjárásstűrés során az alábbi paraméterekre kell figyelni:

- hőmérséklettartomány
- szélellenállás
- csapadéktűrés.

Itt fontos kiemelni, hogy ezen paraméterek konkrét értékének igazodnia kell a helyi sajátosságokhoz, továbbá a drón kezelőjének tisztában kell lennie az általa működtetett eszközre vonatkozó értékekkel. A jelenlegi, kereskedelmi forgalomban kapható drónok esetén elenyésző esetben tüntetik fel a gyártók ezeket a

paramétereket, ami pedig nélkülözhetetlen a repülésbiztonság és a küldetés sikerének megteremtése érdekében. Javasolható a drón valamely meteorológiai adatbázissal történő kapcsolattartása. A kezelőfelületen így megjelenhetnének az adott értékek, szükség esetén figyelmeztetések. Érdemes megfontolni, hogy a szoftver indokolt esetben letiltsa a drón felszállását, legalábbis bizonyos kategóriák esetén.

A kutatás-mentés akciók során, illetve katasztrófaelhárításnál kulcsfontosságú az időjárásstűrés. Példaként említhetők a tüzesetek, árvizek-viharok.

Egy 2021-es cikk az időjárásálló drónok esetében a következő paramétereket határozta meg: hőmérséklettolerancia -20 és 46 °C között; csapadéktűrés 50 mm/h; széltolerancia 50 km/h (Gao et al. 2021). Ezek a tartományok valóban stabil, biztonságos működést tesznek lehetővé, így minden rendvédelmi drón esetében kívánatos fejlesztési irány ezek elérése, sok esetben a tartomány növelése. A hőmérséklet nem csupán az eszköz lehűlése vagy túlmelegedése miatt probléma. Az akkumulátorral működő drónok esetében

a szélsőséges hőmérsékleti értékek a drón üzemidejét jelentősen csökkentik, amint a szél is. Az akkumulátorok esetében már kezdetét vette egy irány, mely során speciális akkumulátorokkal az üzemidő széles hőmérsékleti spektrumban megtartható. Ennélfogva az akkumulátorok gyártása során is javasolható fejlesztési irány a hőmérsékleti tolerancia növelése. A jövőbeni fejlesztések tekintetében kiemelten fontos a drónok szél, illetve vízállóságának növelése, valamint a hőmérséklettolerancia kiterjesztése. Ezenkívül olyan esetekben, amikor nem maga a bejárando útvonal és annak ellenőrzése a cél, hanem az adott helyszínre jutás, az időjárási paramétereket célszerű megvizsgálni a küldetések megtervezésekor figyelembe veendő VPR (Vehicle Routing Problem - Járműútválasztási probléma) vizsgálata során. Mivel az időjárás természeténél fogva bizonytalan, ezt a bizonytalanságot a küldetések megtervezésével, az időjárási viszonyok figyelembevételével kell kezelni, adott esetben az útvonal többszöri, különböző időjárási viszonyok közötti lerepülésével (Thibbotuwawa 2022).

Műszaki megfelelés

Repülés előtti ellenőrzés

A műszaki megfelelés biztosításához nagyban hozzájárulhatna a repülés előtti biztonsági ellenőrzés végrehajtása. A drón kezelőszoftverébe beépítve repülés előtt megjelenne az ellenőrzőlista (például: akkumulátor sértetlenségének ellenőrzése, a propellerek sértetlensége).

A forgószárnyas drónok esetén minden esetben javasolható propellervédő alkalmazása. Ez csökkenti a propeller sérülésének, így lezuhanásnak esélyét. A legtöbb esetben a jelenleg kapható propellervédők kizárólag a propellereket védik, ugyanakkor a DJI Trello drónhoz létezik például egy propellervédő ketrecnek nevezett megoldás, amely az egész drónt körbeveszi. Ez hatékony megoldás a mechanikai sérülések elkerülése érdekében (10. sz. ábra).



10. sz. ábra: Propellervédő ketrec (PGY TECH Tello Propellervédő-ketrec)

Forrás: dji Budapest Authorized Retail Store (<https://www.djiars.hu/termek/pgytech-tello-propellervedo-ketrec>)
[Letöltve: 2023. 06. 01.]

Akadályelkerülő rendszer

Az objektumok valós idejű érzékelésének és a közvetlen ütközések elkerülésének képessége kulcsfontosságú az autonóm drónok bonyolult környezetekben történő működéséhez. A drónok akadályelkerülése erősen kontextusfüggő – ezért intelligens algoritmusokra és jól megtervezett munkafolyamatokra van szükség –, amelyeket robusztus szoftverben valósítanak meg.

A rendvédelmi drónok esetén különösen fontos a fejlett akadályelkerülő rendszer. Az elmúlt években számos lehetőség is létrejött, a leggyakoribbak

geometriai viszonyokon, elmosódott halmazok logikáján (fuzzy logic), potenciálmezőkön és neurális hálózatokon alapulnak. Legtöbbjük azonban csak a statikus tárgyak elkerülésére képes, azt is szabadtéri környezetben. A beltéri műveletek meglehetősen nagy kihívást jelentenek számos akadály jelenléte miatt, amelyek megnehezítik az analitikai eszközök és a mély tanulási technikák használatát. Továbbá a neurális hálózatok használatát egyértelműen korlátozza a képzési adatok és az elkerülési protokollok hiánya. Emellett egy másik zavaró szempont a mozgó akadályok, például személyek, járművek, állatok jelenléte. Az

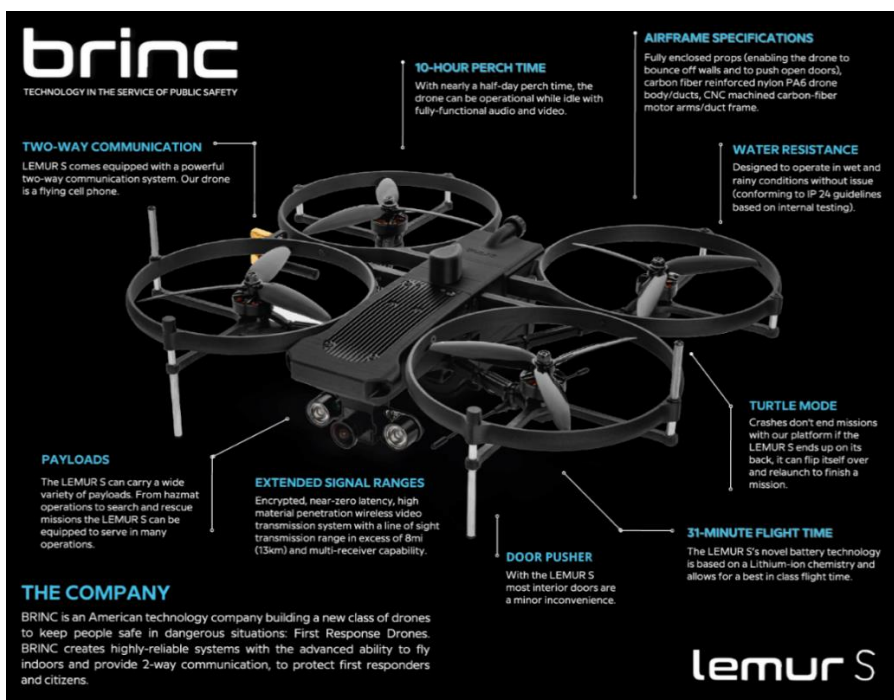
elkerülő algoritmusnak képesnek kell lennie a mozgások előrejelzésére, hogy olyan útvonalat hozzon létre, amely maximalizálja a biztonságot és a hatékonyságot (Aldao et al. 2022).

Az akadályelkerülő rendszer jelenleg általában infravörös szenzorok segítségével valósul meg, melyek a drónon elöl, hátul, alul és oldalt elhelyezett szenzorokkal valósul meg. Azonban jelenleg alig van olyan drón, amely minden irányban rendelkezik az akadályelkerülést biztosító szenzorokkal.

A jövőbeli fejlesztési irány tehát a mozgó akadályok elkerülése, illetve a beltéri működés-javítás, valamint a teljes térben megvalósuló akadályelkerülő rendszer.

Speciális képességek

A drón útjában lévő esetleges akadályok leküzdésénél hasznos képesség lehet, ha a drón képes betörni egy üveget, bejutni egy épületbe, kinyitni egy ajtót, eligazodni a zéró-fényű környezetben és ledobni a hasznos terhet. E tulajdonságokkal rendelkezik például a Brinc Lemur S drón (II. sz. ábra). Ez a drón az úgynevezett „teknőc módra” is képes, ami azt jelenti, hogy tetejére esve képes megfordulni és folytatni a küldetést (Aldao et al. 2022). Más, rendvédelemben kívánatos tulajdonságok is megfigyelhetők a Lemur S drónon, mint például a vízállóság és a propellervédők.



II. sz. ábra: Brinc Lemur S drón (BRINC Lemur S) (URL38)

Forrás: <https://volatusdrones.com/products/brinc-lemur-s> [Letöltve: 2022.11.02.].

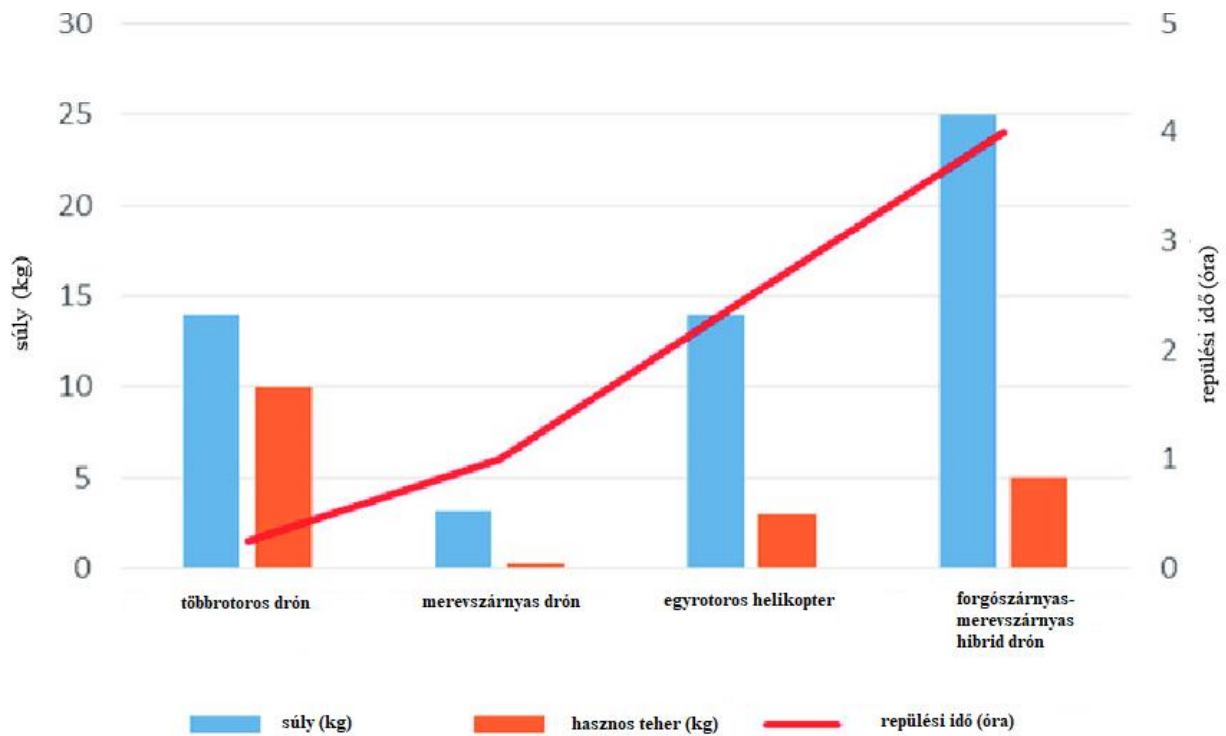
Biometrikus azonosítás

A drón rendfenntartásra, objektumvédelemre, keresés-kutatásra történő alkalmazása esetén a biometrikus azonosítás képessége rendkívüli fontosságú. Amennyiben a drón képes például arc vagy hangfelismerésre, nagyban hozzájárul a hatékonysághoz. Ezzel kiszűrhetők lennének a felesleges riasztások, mivel a drón a belépési/tartózkodási engedéllyel rendelkező személyeket azonosítva, nem azonosítaná behatolóként. Amennyiben a körözött személyek listájával össze tudná hasonlítani az arcot, általános ellenőrzési, járőrözési feladatokat is elláthatna.

A biometrikus azonosítás alkalmas lehet arra is, hogy a drón kezelőjét azonosítsa. Ez hozzájárulhat ahhoz, hogy az adott drónt illetéktelenek ne irányíthassák. Ugyanakkor ez hightech adatfeldolgozási technológiát igényel, valamint időbeni késleltetéssel és tárolási többletköltséggel párosul (Patel et al. 2020).

Szárnytípus

A szárnytípus kiválasztásánál a hasznos teher, illetve a repülés időtartamára vonatkozó adatokat érdemes figyelembe venni, az aktuális küldetés céljának megfelelően (12. sz. ábra).



12. sz. ábra: Drón tömeg és hasznos teher, repülési idő függvényében

Forrás: Yinka-Banjo–Ajayi 2019

Az ábrán látható, hogy a leghosszabb repülési időt a forgószárnyas-merevszárnyas hibridek biztosítják, ugyanakkor a legnagyobb tömegű hasznos terhet a többrotoros drónok képesek szállítani. Tehát jelenleg a hosszú repülési idejű műveletekhez merevszárnyas vagy hibrid drón, míg szállításhoz a többrotoros drónok alkalmasak.

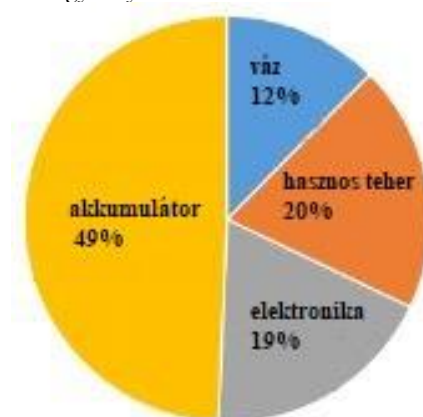
A határőrizetben jellemzően merevszárnyú, nagy hatótávolságú drónokat alkalmaznak, amelyek önállóan nagy távolságot képesek ellenőrzés alatt tartani. Magyarországon határőrizetre forgószárnyas, négyrotoros eszközöket alkalmaznak (Kovács 2022).

A forgószárnyas drónok esetében nagy stabilitást biztosít az úgynevezett X8 elrendezés. Ez egy olyan

oktokopter, melynek négy karján 2-2 motor helyezkedik el egymás alatt. Ez az elrendezés nagyobb teherbírást és kisebb szélérzékenységet biztosít. A forgószárnyas drónoknál motorhibánál nem minden esetben következik be zuhanás, és propellervédői csökkentik a propeller sérülésének, így lezuhanásnak esélyét (Elliot 2017).

Energiaforrás, energiafogyasztás

Az energiaforrás kiválasztásához, illetve az energiafogyasztás érdekében szükséges fejlesztések meghatározásához jó támpontot nyújt a 13. sz. ábra.



13. sz. ábra: A drón komponenseinek tömeg szerinti eloszlása

Forrás: Thielicke 2021

Az ábrán látható, hogy az akkumulátorral rendelkező drónok súlyának körülbelül felét az akkumulátor teszi ki. Mivel a tömeg növekedése az energiaigény növekedését és így az üzemidő csökkenését vonja maga után, a fejlesztésnek olyan energiaforrásra kell irányulnia, mely az akkumulátor súlyának csökkentését eredményezi anélkül, hogy a tárolt energia mennyisége csökkenne.

Egy lehetséges alternatíva a tanulmányban már említett grafén akkumulátorok alkalmazása. Egy négyzetméter grafén súlya kevesebb, mint 1 gramm, ami következésképpen befolyásolja az egész akkumulátor súlyát (URL24).

Amennyiben a drónnak kisebb területet kell ellenőriznie, a tanulmányban már korábban említett kábeles drónok alkalmazása javasolható. Ebben az esetben a drónnak nincs akkumulátora, hanem a földről kapja az áramellátást akkumulátorból, amellyel kábellel van összekötve. A rendszer földi állomása tápellátást biztosít a drónnak és a rakományoknak a hálózati elektromos csatlakozásról vagy a generátorról.

A lekötött quadcopterek legáltalánosabb felhasználási módja az állandó megfigyelés biztosítása. A kábeles drónokat felderítésre, megfigyelésre és felderítésre alkalmazzák, valamint forgalomfigyelésre. Az optikai kábelen keresztül továbbított adatok előnye, hogy nagyobb biztonságban vannak, mivel kevésbé érzékenyek az interferenciára, mint a vezeték nélküli adattovábbítás során, és nem zavarhatók, mint a rádiófrekvenciás jelek (URL25).

Szenzorok, egyéb kiegészítő eszközök és technológiák

Kamerák (vizuális és hőkamera, multi- és hiperspektrális kamerák)

A rendvédelmi drónok esetében a katasztrófaelhárításnál a hőkamera kiemelt szerepet kap, különösen rossz látási viszonyok között. Ezen kívül 2021-ben az Amerikai Akusztikai Társaság

kifejlesztett egy rendszert, amely lehetővé teszi mentők számára, hogy drónokat repítsenek a katasztrófa sújtotta területek felett, és észleljék a csapdába esett emberek segítségért kiáltók hangjait. E technológia fejlesztése növelné a kutatási-mentés küldetések sikerességét (URL26).

Nem csupán a hőkamera, hanem a vizuális kamera esetében is kiemelt fontosságú a kamera szabadsági foka. A klasszikus PTZ kamerák (Pan, Tilt és Zoom) esetében a kamera képes függőleges és vízszintes mozgásra, valamint zoom funkcióra. Ez esetben csak a kamerának vannak mozgó alkatrészei, azonban drónok esetében ez kiterjeszthető az úgynevezett gimbal repülési módokra is (Throttle, Pitch, Roll, Yaw). Az adott területen

szabadon mozgó légi jármű szabadsági fokai jobb lehetőségeket biztosítanak a célnak leginkább megfelelő adatgyűjtés számára (Abate et al. 2021).

A multispektrális vagy hiperspektrális kamerák, valamint a LIDAR szkennerek lehetővé teszik például a háromdimenziós modellezést egy területről, épületről. A hiperspektrális érzékelők képesek érzékelni több száz nagyon szűk spektrális csatornán, amelyek rendkívül hasznos információkat szolgáltatnak.

Moduláris felépítés, multiszenzoros UAV

A drónok, és különösen a rendvédelmi drónok esetében egyre nagyobb az igény a felszerelt szenzorok, eszközök számának növekedésére.

Erre egy lehetőség a moduláris felépítés. Ennek megvalósítására jó példa a kereskedelmi forgalomban is kapható DJI Mavic 2 Enterprise Thermal Dual drón. Ezt a drónt kifejezetten kutatás-mentési feladatok végrehajtására tervezték. Különlegessége a beépített hőkamera, valamint a drón tetejére felszerelhető eszközök: a hangszóró, a jelzőfény és fényszóró. Egyetlen hátránya, hogy az utóbbi három kiegészítő esetén egyszerre csak az egyik kerülhet felhelyezésre. Tehát kirajzolódott egy irány, melyben az adott feladatra alkalmas drón moduláris szerkezetű, és az adott helyzetnek megfelelő eszköz kerül felszerelésre.

A moduláris felépítés egy jó megoldást jelenthet egy drón sokoldalú alkalmazására. Ugyanakkor szükséges lehet a szenzorok, eszközök egyszerre történő felhelyezése és használata a drónon. Ezzel kapcsolatban két probléma lép fel. Az eszközök felszerelésére rendelkezésre álló terület korlátozottsága, valamint a platform teherbírása. Ígéretes megoldás lehet a nanotechnológia fejlődése, mellyel csökken mind a térfogat, mind a súly. Éppen ezért célszerű a folyamatosan alkalmazott szenzorok és eszközök gyári beépítése, ugyanakkor a "plug and play" lehetőség biztosítása is. Ez a két opció együtt több érzékelő alkalmazására biztosít lehetőséget.

Nyomkövetés

Határőrizeti feladatok esetén a forgószárnyas drónokat egyes tulajdonságaik alkalmasabbá tehetnék a határőrizeti feladatokra, amennyiben az üzemidő növekedése elérhető lenne. Ilyen tulajdonság például a lebegés képessége. Ez, a néhány kereskedelmi drónnál létező úgynevezett „ActiveTrack” funkcióval párosítva az észlelt behatoló követését tenné lehetővé. Ezen funkciókkal egy kijelölt élőlény vagy akár mozgó tárgy bejelölhető, majd a drón folyamatosan követi, ráirányítva a kamerát. Az „ActiveTrack” lehetővé teszi a drón számára, hogy autonóm módon kövessen személyeket, élőlényeket, mozgó tárgyakat. Az ActiveTrack egyesíti a vizuális felismerést, a GPS-t, az

akadályérzékelést és az ütközés elkerülését szolgáló rendszert (URL27). Azonban ezen funkciók esetén érdemes lenne hőkamerával történő felismerést is alkalmazni. Ez lehetővé tenné a személy követését olyan esetekben is, amikor a vizuális felismerés nem működik, például éjszakai viszonyok, a keresett személy elrejtőzése. Ezt a nyomkövetés technológiát jól kiegészítheti a DJI Matrice 300-nál létező úgynevezett „dual control” vagy másképpen két-operátoros vezérlési lehetőség funkció. Ez lehetővé teszi, hogy bármelyik üzemeltető egyetlen érintéssel átvehesse az irányítást a drón felett. Ez új lehetőségeket teremt a küldetési stratégiák számára, valamint nagyobb rugalmasságot biztosít a műveletek során (URL28). Összetett, kritikus műveletek esetében különösen fontos, hogy ne egyetlen drónpilótát terhelje valamennyi feladat, és ez a funkció lehetővé teszi, hogy önálló operátor foglalkozzon a repülés, illetve az érzékelők vezérlésével. Ez a megosztott irányítás különösen fontos lehet mentési, kutatási, vagy üldözési feladatok során (Kovács 2022).

Speciális szenzorok

A drónok esetében a műveletet hatékonyan támogatnák a robbanóanyag-érzékelő szenzorok. Ez segíthetne egy adott terület biztonságossá tételében, valamint egy behatoló drón esetében segítené a döntéshozatalt (Chopade et al. 2021; URL29).

A gáزدetektálás szintén kiemelten hasznos lehet. Az optikai gázképképzés (optical gas imaging - OGI) egy eszköz a gázok kimutatására, melyek képesek nagy terület gyors átvizsgálására. Az UAS kompatibilis magnetométerére, szélmérőkre szintén (Crawford). A ToF (time-of-flight) érzékelők alkalmazása segíti a távolság, illetve a sebesség mérését, ami a drón

navigációját segíti. A ToF kamera képén a kék szín a távoli, a piros pedig a közeli pontokat jelenti. A kamera párhuzamosan normál 2D képet is készít, a két információ összeolvasztható, amivel egy 3D kép jön létre (URL30).

A rendvédelmi drónok esetén kiemelten fontos a precíz helymeghatározás. Ehhez járul hozzá a valós idejű kinematikus helymeghatározás (Real Time Kinematic - RTK), amely centiméteres pontosságot tesz lehetővé.

Adattovábbítás, adatbiztonság-hatótávolság

Az adatbiztonság, illetve az adattovábbítás biztonsága kiemelten fontos a rendvédelemben alkalmazandó drónoknál. Az irányító és a drón közötti kapcsolatot úgy kell kialakítani, hogy azt kívülről ne lehessen megzavarni, „lehallgatni” (cyber tapping) vagy felülről.

A rögzített adatokat, felvételeket a mindenkori adatvédelmi törvényeknek és iparági szabályzóknak megfelelően kell kezelni, ezen felül, mint nem nyílt hozzáférésű információt kiemelt intézkedésekkel kell kezelni (Kovács–Viplak 2017).

Az alábbiakban a kommunikációs technológiák kerülnek összehasonlításra különböző szempontok szerint.

Adatátviteli sebesség

- A valós idejű kommunikációhoz minimálisan 2,5 MB/s átviteli sebességre van szükség (3. sz. táblázat).

Technológia	Jellemző érték	Alkalmas
Bluetooth	1-3 MB/s	nem
WLAN (WiFi)	20-30 MB/s	igen
Lightbridge	30 MB/s	igen
OcuSync	40 MB/s	igen
4G	37,5 MB/s	igen
5G	75 MB/s	igen

3. sz. táblázat: Kommunikációs technológiák adatátviteli sebessége

Forrás: DJI transmission systems (URL₃₁); DJI Lightbridge 2Specs (URL₃₂); What Is DJI OcuSync And How Does It Work? (URL₃₃); Hell 2022; Neji–Mostfa 2019

Érdeemes megfigyelni a fenti táblázatban az 5G esetén fellépő szignifikáns adatátviteli sebesség-emelkedést.

Hálózatbiztonság

Technológia	titkosítási protokoll	Alkalmas
Bluetooth	AES ₆₄ , AES ₁₂₈	igen
WLAN (WiFi)	WEP, WPA ₂ , AES ₁₂₈	igen
Lightbridge	AES ₁₂₈ , AES ₂₅₆	igen
OcuSync	AES ₁₂₈ , AES ₂₅₆	igen
4G	AES ₂₅₆ A _{5/3}	igen
5G	NA	igen

4. sz. táblázat: Kommunikációs technológiák titkosítási protokolljai

Forrás: Hell 2022; System Security – A DJI technology white paper (URL₃₉)

A fejlettebb titkosítási szabványt (például AES – Advanced Encryption Standard) használó technológiák ellenállóbbak a támadásokkal szemben, mint a WEP vagy a WLAN WPA protokollokat használók (4. sz. táblázat). A 4G, 5G hálózatok biztonsági szintje a technológiák legmagasabb szintű titkosításával rendelkeznek.

Adatkésleltetés

A késleltetési idő elfogadhatósága a szakirodalom tanulmányozása után (Zhu et al. 2022; Hell 2022) 50 ms idő alapján került meghatározásra (5. sz. táblázat)

Technológia	Jellemző érték	Alkalmas
Bluetooth	30 ms	nem
WLAN (WiFi)	50 ms	igen
Lightbridge	50 ms	igen
OcuSync	30 ms	igen
4G	50 ms	igen
5G	5 ms	igen

5. sz. táblázat: Kommunikációs technológiák titkosítási protokolljai

Forrás: Zhu et al. 2022; Hell 2022

Ebben a táblázatban is érdemes megfigyelni az 5G szignifikánsan kevesebb késleltetési idejét.

Hatótávolság (Hell 2022; Lonsetta et al. 2018; URL₃₁; URL₃₂; URL₃₃)

A szükséges hatótávolságot célszerű minimum 3 kilométeresre meghatározni (6. sz. táblázat).

Technológia	Jellemző érték	Alkalmas
Bluetooth	10-50 méter	nem
WLAN (WiFi)	500-2000 méter	nem
Lightbridge	5000 méter	igen
OcuSync	7000-10000 méter	igen
4G	1 km „∞”	igen
5G	100 m „∞”	igen

6. sz. táblázat: Kommunikációs technológiák átlagos hatótávolsága

Forrás: Hell 2022; Lonsetta et al. 2018; DJI transmission systems (URL₃₁); DJI Lightbridge 2Specs (URL₃₂); What Is DJI OcuSync And How Does It Work? (URL₃₃)

Az alfejezet táblázatai alapján egyértelműen elmondható, hogy a legmegfelelőbb értékeket az 5G hálózat biztosítja, ennek használata preferálható.

Az interferencia a kommunikáció, valamint a drónok esetében a rádiós adatátvitel során fellépő vételi zavar. A zavaró jelek hatásainak csökkentése érdekében, az interferencia forrásának azonosításához a

rádiófrekvenciás spektrum feltérképezése rendkívül fontos. Az interferencia forrása szerint megkülönböztethető külső, illetve belső interferencia. A belső interferencia (például motor- vagy 55 tápegységzaj) a drón által keltett forrásból származnak. Ezt fel lehet térképezni, és az egyedi jellegzetességek alapján lehetséges a megfelelő zavaró jel-csökkentés

(legegyszerűbb lehetőség az elektromágneses árnyékolás).

Külső forrásból származó zavaró jelek, interferenziazavarások jellemzően olyan területeken, helyeken fordulnak elő, ahol az elektronikai eszközök tömeges számban fordulnak elő. Az interferencia akkor okozhat gondot, ha a rádiós egységek hullámhossza összemérhető, illetve a jelszintkülönbség nagyságrendekkel magasabb. Éppen ezért a biztonságtechnikában alkalmazott drónok esetén kiemelten fontos, hogy olyan hullámhosszon történjen a kommunikáció, amelynél a lehető legkisebb az interferencia jelensége.

Fontos fejlesztési irány az adattovábbításra egy olyan megoldás, mely automatikusan feltérképezi az elektromágneses környezetet a legjobb vezeték nélküli csatorna megtalálása érdekében, és szükség esetén azonnal csatornát vált. A DJI Transmission nevű rendszere ezen az elven működik, 23 lehetséges csatornán képes biztosítani a kommunikációt (Singh 2022).

Autonóm repülés

Általános feltételek

Automata üzemmódban működő UAV-k esetén a drónnak érzékelnie kell az akkumulátor töltöttségének merülését és ez esetben a töltő állomására kell, hogy visszarepüljön, olyan útvonalon, hogy ha a tervezettnél hamarabb merülne le, akkor ne eshessen rá sem személyre, sem pedig kritikus rendszerre vagy rendszerelemre (Kovács 2017).

Jelenleg és a közeljövőben a részben autonóm működés jellemzi a katonai drónokat. Ennek oka a teljes autonóm működéshez szükséges technológiai fejlettség hiánya.

Ugyanakkor bár az e célú fejlesztések kívánatosak, mindenképpen szem előtt kell tartani az autonómia jelentette kockázatokat és intézkedéseket tenni azok kezelésére.

Az autonómia és a szoftvermegbízhatóság javítása a legígéretesebb kutatási terület a drónok hasznosságának és elfogadottságának növelése a közbiztonság területén (Kapustina et al. 2021).

Itt megemlítenéd az automatikus hazatérés funkció, amellyel több magasabb kategóriát képviselő drón is rendelkezik. Ennek során a drón automatikusan visszatér a felszállási pontra jelzésítés vagy kis akkumulátortöltöttség esetén. Ugyan az akadályelkerülő rendszer működik, e funkció használata közben, de az optikai érzékelők csak a tisztán kivehető szerkezetű és jól megvilágított környezetben lévő akadályokat képesek felismerni, valamint nagy az interferencia veszélye, és a mágneses terek, magas feszültségű kábelek, fémből készült építmények megzavarhatják a drón beépített iránytűjét. Éppen ezért fontos fejlesztési terület az akadályelkerülő rendszer fejlesztése a biztonságos autonóm repülés biztosításához.

Drónrajok

A drónrajok alkalmazása sokrétű, vagy nagy területet magában foglaló küldetés esetén alkalmazhatóak. Az eddigiekből is látszik, hogy egy feladatra leginkább alkalmas drónnak valamelyest speciális kompetenciákkal is rendelkeznie kell. Ilyen esetben lehet megoldás a különböző kompetenciákkal rendelkező drónok együttes alkalmazása. A drónfészek vagy drónkaptár drónrajokat képes befogadni, tárolni, tulajdonképpen egy önállóan működő drónhangár (14. sz. ábra). Ez hozzájárul a rendvédelmi drónok minél gyorsabban történő bevetettségének megteremtéséhez, továbbá logisztikailag egyszerűsíti a drónraj kezelését, tárolását.



14. sz. ábra: Drónfészek

Forrás: The Hive: Drone Skyscraper 2016 (URL₄₀)

A drónrajok egy speciális formája lehet, amennyiben egy nagyobb drón hordoz több kisebb drónt, és a célterületen azok megkezdhetik működésüket, leválva a hordozó drónról. Ez lehetővé tenné, hogy a hasznos üzemidő növekedjen, mivel a kisebb drónok célbaéréskor kezdenék használni saját energiaforrásukat. Amennyiben a nagyobb drónból energiát nyerhetnének, a szállító drón egyfajta hordozható energiaforrásként is szolgálhatna.

A NASA már tesztelt egy rovarok által ihletett drónrajt – egy gazda "kaptár" drónt, amelyek mindegyike 25 kisebb drónt hordoz, amelyek leválnak, és az időjárási és légköri viszonyokat jellemző adatokat gyűjtenek. Minden kis drón légnomás-, szélsébség- és hőmérséklet-érzékelőkkel van felszerelve, amelyek aktiválódnak, amikor az apró drónok konfettiként siklanak a földre. Ezt az alapötletet továbbfejlesztve a rendvédelemben alkalmazható megoldás lenne (Robitzski 2019).

A londoni Imperial College csapata ihletet merített a méhekből, és megtervezte az autonóm drónok csoportját, amelyek 3D-ben nyomtatnak bármilyen tervezett szerkezetet. Ez jó példa arra, hogy egy rajon belül a különböző képességű drónok együttműködve milyen komplex feladatok végrehajtására képesek (Shelley 2022). Ez alátámasztja, hogy célszerű komplex küldetések esetén egy drónrajon belül különböző kompetenciákkal rendelkező drónokat alkalmazni.

Az ideális jogszabályi környezet megteremtése

A drónok ideális jogszabályi környezetének megteremtése két alappilléren nyugszik:

- A drónokban rejlő lehetőségek kihasználhatóságának maximalizálása
- A drónok által jelentett kockázatok minimalizálása.

Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az ideális jogszabályi környezetnek biztosítania kell, hogy a drónokkal történő repülések, az egyes küldetések és funkciók hatékonyan szolgálhassák a társadalmat, az ipart, a gazdaságot és a tudományos kutatásokat, és főként a közbiztonságot.

A drónokkal kapcsolatos jogszabályi környezet a következőkre terjed ki: a drónok gyártásával kapcsolatos jogszabályok; a drónműveletekkel kapcsolatos jogszabályok; adatbiztonsági és adatvédelmi szabályok; valamint egyéb jogszabályok.

Ugyanakkor, bár a drónok alkalmazása számos területen megoldást nyújt, egyúttal biztonságtechnikai kockázatokat is felvet. Ezek a kockázatok és a kapcsolódó jogszabályi feladatok a következők:

- **Információbiztonság**
 - személyiségi jogok sértetlenségének biztosítása
 - ipari kémkedés megelőzése
 - biztonságtechnikai információk sértetlenségének biztosítása
- **Véletlen vagy szándékos balesetek, cselekmények által okozott egészségkárosítás vagy anyagi károkozás**

- megfelelő műszaki követelmények meghatározása, azok betartatásának biztosítása

A műszaki követelmények esetében az vizsgálendő, vannak-e olyan követelmények a rendvédelmi drónok esetében, amelyek minimumként előírhatók a biztonságos és hatékony küldetésteljesítéshez. Például az időjárásra, a hatótávolságra, a repülési magasságra, az üzemidőre, az autonóm repülési képességre, a szárnytípusra vagy az akadályelkerülő rendszerre vonatkozó előírások.

Amint az a jelen tanulmányból eddig látható volt, az egyes feladatokra, küldetésekre specializálódott drónok szükségesek. Éppen ezért javasolható inkább egyes kategóriák meghatározása, és azokhoz meghatározni a szükséges kompetenciákat. A javasolt kategóriák a következők:

- kutató-mentő drón
- katasztrófaelhárításban alkalmazott drón
- információszerzésre, felügyeletre használható drón
- előerős egységek támogatására alkalmazott drón
- tömegrendezvények, illetve városi rendfenntartás biztosítására specializálódott vagy leginkább alkalmas drón.

Ezen kategóriák esetén meghatározandó a minimális üzemidő, a minimális sebesség, a minimális hatótávolság, a szükséges szenzorok és a speciális képességek.

- megfelelő pilótaképzés, továbbképzés előírása
- A pilótaképzések során a jogszabályi ismeretek átadása mellett fontos annak tudatosítása a felhasználókban, hogy lezuhanva egy apró, könnyű drón is milyen komoly egészségügyi, illetve anyagi károkat okozhat. Ugyanis a köztudatban a drónok kapcsán sokaknak

a szabadidős tevékenység, játékszer jut eszközbe, ennél fogva nem is igen veszik komolyan a kockázatokat. A képzés során célként kell kitűzni, hogy ne csupán elméleti ismeretekre tegyenek szert a pilóták, hanem valóban biztonsággal, megfelelően legyenek képesek kezelni az eszközt (Csengeri 2019; Zhi et al. 2020).

- szükség esetén megfelelő drónelhárító rendszer
- kötelező biztosítás

A jelenleg is kötelező drón felelősségbiztosítás is felülvizsgálatra szorul, ugyanis ezen biztosítás mértéke felszálló tömegtől függően 3-10 millió forint között van. Ez indokolatlanul alacsony, hiszen egy autónak nekirepülve is jóval nagyobb kárt okozhat az eszköz.

• Logisztikai kérdések

A drónrepülések kezelésében lehetséges átfogó megoldások a különböző adminisztratív szabályozások. Ennek megnevezése lehet az úgynevezett távirányított repülések kezelőrendszere, az Unmanned (aircraft system) Traffic Management (UTM). Ez a rendszer magában foglalja a megfelelő légtérszerkezet és légi folyosók kialakítását; dinamikus GeoFencinget, a drónrepülésekre veszélyes időjárási jelenségek és erős szél kerültetését; a földdel való ütközés megelőzését; útvonaltervezést és újratervezést; elkülönítés alkalmazását; és a vészhelyzetek kezelését.

Kulcsfontosságú az automatizálás. Az emberi tevékenység a rendszer üzemben tartásához szükséges, maga a légiforgalom-irányítás automatikus lenne. A védett létesítmények biztonságának említésekor mindenképp megemlítendő a GeoFencinget és GeoCaginget. A GeoFencing tulajdonképpen egyfajta „virtuális „kerítés” az adott objektumok vagy területek körül, amelyet a megfelelő berendezéssel ellátott drónok nem lépnek át, illetve a feladattervező szoftvereken láthatók ezek a lezárt légtérrészek. A GeoCaging esetében, az előzőekkel ellentétesen a drón „be van zárva” egy adott légtérrészbe, és ebből nem képes kirepülni, legalábbis figyelmeztetést kap, ha belép egy tiltott

légtérbe, vagy kilép a számára kijelölt légtérből. Ezek a szoftveres korlátozások a drónok kezelőprogramjába is beépíthetők. Ugyanakkor ez sem garantál teljes biztonságot, e védelmi rendszereket meg lehet kerülni.

A magyarországi fejlesztések közül kiemelendő a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. mobilapplikációja, a MyDroneSpace, amely alkalmazással egyszerűsödik a Magyarországon jelenleg hatályos, a drónhasználatra vonatkozó jogszabályok betarthatósága. Az applikáció a felhasználó, a drón és az eseti légtér megigényelhetőségével a legális repüléshez szükséges folyamatok leegyszerűsödnek. Jelentős szerepe van a balesetek, ütközések elkerülésében, ugyanis figyelmeztet a légtérszerkezet egyéb elemével való összeférhetlenségre, és nem teszi lehetővé az eseti légtér megigénylését ilyen esetben, valamint megjeleníti a közelben más felhasználó által létrehozott eseti légtereket. Azonban más légi járművek (pl. helikopterek) berepülését és általuk való láthatóságát nem teszi lehetővé.

Az online elérhető NetBriefing rendszer, mely az alkalmazás motorjaként szolgál, a különböző állami szervek által létrehozott drónmentes zónákra is figyelmeztet az applikáció, továbbá folyamatos a hazai UTM-rendszer fejlesztése, kialakítása. A jövőbeli fejlesztések tekintetében e rendszert érdemes lenne úgy továbbfejlesztetni, hogy teljesen kiváltható legyen vele az eseti légtér igénylésének Ügyfélkapun történő benyújtásának szükségessége. Ez nagyban növelné a legális repülések számát, mivel az Ügyfélkapun történő igénylést a legtöbb felhasználó túlságosan körülményesnek tartja, illetve a 30 nappal a repülés előtti igénybenyújtási kötelezettség miatt nehéznek tartják, hogy saját elfoglaltságuk, illetve az időjárás kiszámíthatatlansága mellett ennyi idővel előre lehessen tervezni.

Jelenleg a látótávolságon túli küldetések végrehajtásához előírt követelmények nagyon magasak, nehezen teljesíthetők. Bizonyos

rendvédelmi feladatok során (pl. kutatás, háztömbök közötti megfigyelés) óhatatlanul is előfordulhat, hogy a pilóta látótávolságon belüli (VLOS) repülésből, látótávolságon kívüli (BVLOS) repülésbe kényszerül, mely felveti a küldetés fontossága és a biztonság között feszülő ellentmondást. Ezen változtathat a kiterjesztett valóság (augmented reality - AR) technológia, amely kitérít a pilóta látómezejét. A tárgyi világról szóló információk interaktívak lesznek és digitalizálódnak, ilyen módon tárolhatóvá és könnyebben hozzáférhetővé válnak, miközben a való világra információs réteggé rakódnak.

Mindezeket túl a vonatkozó jogszabályok megváltoztatásával és egyidőben a pilóták képzésének magasabb szintre emelésével és a biztonsági technikai eszközök beszerzésével is csökkenthető az említett ellentmondás. Az irányítástechnika fejlesztése is szükséges a BVLOS repülések biztonságosságának érdekében. Az irányítás során javasolható egy komplex rendszer létrehozása a hibák, pontatlanságok kiküszöbölése érdekében. Például a korábban már említett elektroencefalográfia, de megemlíthető egy szemmozgáson alapuló irányítás lehetősége is. Ebben az esetben a szem maga szolgálna egyfajta joystick-ként. A szemmozgás precíz követésének technikáját már alkalmazzák például lézeres szemműtétek esetén, ahol a szemmozgás követésének célja, hogy a lézersugár biztosan a megfelelő pontra essen. Az úgynevezett 7D lézerek esetén ez azt takarja, hogy képes a rendszer követni a szem hat térbeli mozgásirányát, emellett hetedik tényezőként az időfaktort, vagyis a lézer algoritmus is, megpróbálja kiszámolni minden pont jövőbeli helyét. A drónok szemmozgással történő irányítása jelenleg még igen kezdetleges stádiumban van, de létezik például a Tobii Pro Glasses 2, amely egy könnyű, nem invazív, hordható szemkövető rendszer, amely IMU-t és HD kamerát is tartalmaz. Ez szemmozgás követésére és így a drónirányításra szolgáló szemüveg remekül összehangolható az ER

technológiával. A szemüveg mellett a felhasználónak csak rá kell néznie a drónra, a szemüvegen lévő kamera pedig egy mély neurális hálózat segítségével érzékeli, majd a látszólagos mérete alapján kiszámítja, milyen messze van (URL34; Balasubramanyam et al. 2020).

Drónok elleni védelmi rendszerek, biztonságtechnikai protokoll

A légvédelem törekszik a behatoló légi járművek és rakéták lehető legkorábbi és leggyorsabb elfogására. Törekszik az ellenséges légi járművek és rakéták felderítésére, azonosítására, elfogására, semlegesítésére vagy még inkább megsemmisítésére, amelyek behatolnak a saját légtérbe, vagy megtámadják a saját légi képességeket. A számszerű erőforrás ellenére, a feladatok prioritizálása és a megfelelő kockázatelemzés mellett hatékony lehet az ellentétevényesség. Következésképpen a hatásos reagálás átfogó infrastruktúra kiépítése, és részletes tervezés által megvalósítható (Csengeri 2019).

A legtöbb radar azonban az ellenség által is nyomon követhető sugárzási jele révén megsemmisíthető. Ennek megkerülésére a katonai szektorban egyre gyakrabban alkalmaznak passzív radarrendszereket, amelyek jobb álcázásuk mellett olcsóbbak és műszakilag is kevésbé igényesek. A kutatók olyan technikát fejlesztettek ki, amellyel még a jól álcázott és árnyékolt radarokat is meg lehet találni. Az ilyen passzív eszközök nem adnak ki saját jelet, hanem úgy stimulálhatók, hogy vevőantennájuk egy nem kívánt válasz adójává válik. A módszer a passzív radar észlelése mellett a jövőben lopakodó repülő vagy árnyékolt drónok felkutatására is használható lesz (URL35).

A drónok autonómiafokának növekedésével, illetve a mestereségs intelligencia dróntechnológiában történő alkalmazásával új kockázatok merültek fel. A következők javasolhatók a katonai, rendvédelmi drónok esetén:

- A drón legyen képes kezelője/kezelői, illetve adott esetben az egység beazonosítására.
- A drónrajok esetében minden drón legyen képes a kötelékhez tartozó többi drón felismerésére, egy drón rendellenes működése esetén annak akár megsemmisítésére, vagyis a drónraj tagjai felügyeljék egymást.
- A dróntechnológia jelenleg nem válthatja fel az emberi erőt, hanem kiegészítője, támogatója annak.

A drónmonitoring rendszerekkel szemben elvárás, hogy képes legyen:

- a drón detektálására
- a drón azonosítására/besorolására

- a drón helymeghatározására és nyomkövetésére
- detektált drón esetén figyelmeztetés küldésére.

Detektálási metódus	Előny	Fejlesztési irány	Példa
radar	nagy hatótávolságú, állandó követés; rendkívül pontos lokalizáció; több száz célpontot képes kezelni; egyidejűleg minden drónt képes követni az autonóm repüléstől és a vizuális körülményektől függetlenül;	az érzékelési tartomány a drón méretétől függ; a legtöbb nem különbözteti meg a madarakat a drónoktól; átviteli engedély és frekvencia-ellenőrzés szükséges az interferencia elkerülése érdekében;	Blighter
akusztika	érezkelem az összes drónt a földközeli területen, beleértve azokat is, amelyek autonóm módon (RF-kibocsátás nélkül) működnek; egyszerű hiánypótló a más érzékelők hatótávolságán kívül eső területeken; mobil és gyorsan telepíthető; teljesen passzív;	zajos környezetben nem minden esetben megfelelően hatékony; nagyon rövid hatótávolság (maximum 300-500 m);	DroneShield
rádiófrekvencia	alacsony költségű; több drónt és vezérlőt észlel (és néha azonosít); passzív, így nincs szükség engedélyre; egyesek képesek háromszögletűen a drón és a vezérlő pozícióját;	nem mindig lokalizálja és követi a drónokat; nem tudja észlelni az autonóm drónokat; kevésbé hatékony rádiófrekvenciás sugárzással terhelt területeken; jellemzően rövid hatótávolságból érzékel;	DJI Aeroscope
optika	képet biztosít a drónról; képeket rögzíthet igazságügyi bizonyítékként az esetleges vádemelésekhez;	nehezen használható önmagában történő észlelésre; magas a téves riasztási arány; többnyire gyenge teljesítmény sötétben, ködben stb.;	Dedrone
zavaró jel	a behatoló drón adott területre történő megakadályozása;	a zavaró jel hatására a behatoló drón lezuhanhat, ütközhet, és így nem használható esetleges metaadatok kinyerésére; az irányításhoz szükséges csatorna változtatásának képessége adott esetben akadályt képez;	DroneDefender
komplex rendszer	a komplex rendszerek előnye, hogy a meghatározást több adat alapján végzik, így a hatékonyság növekszik	a különböző adatok integrálásának, adatkezelésnek a problematikája	Henshold Xpeller

7. sz. táblázat: A különböző drónelhárító rendszerek fejlesztési irányai

Forrás: 10 Counter-Drone Technologies To Detect And Stop Drones Today (URL41); Bebesi–Tóth 2021

A 7. sz. táblázatból is látható, hogy a drónelhárító rendszerek esetén a komplex rendszerek preferálhatóak. A különböző technológiák integrálása biztosítja a

megfelelő hatékonyságot és a felesleges riasztások elkerülését.

Összefoglalás

A 8. sz. táblázatban összefoglalásra kerülnek a tanulmány következtetései. A tanulmányból levonható következtetés, hogy bár vannak olyan általános

kompetenciák, melyek minden rendvédelmi drón esetén kívánatosak, azonban az egyes feladatokra speciális tulajdonságok is szükségesek.

Általános kompetenciák	
Műszaki kompetenciák	
Időjárás	Az adott felhasználási területhez igazodva. A jellemző átlagértékek (például szélereősség, csapadék, hőmérséklet) minimumkövetelményként szolgálhatnak. Minden drón időjárásrűrésre vonatkozó értékeit ismertesse a gyártó. Minden felhasználó ismerje drónja működési tartományát. A drón legyen összekötve meteorológia adatbázissal, az értékek jelenjenek meg a drón kezelőfelületén, riasztási rendszerrel kiegészítve.
Hatótávolság	Minimálisan 3 km.
Üzemidő	Az adott művelet végrehajtásához tartozó igényhez igazodva. Az üzemidő növelése érdekében preferált a hibrid energiaforrás valamely formájának alkalmazása.
Autonóm repülési képesség	A drón legyen képes felismerni kezelőjét. A drónraj tagjai felügyeljék egymást. A tér teljes irányában akadályelkerülő rendszer.
Szárnytípus	Az adott művelet végrehajtásához tartozó igényhez igazodva. Nagy terület vizsgálata, felügyelete esetén javasolhatóak a merevszárnyas drónok. A hosszabb ideig tartó megfigyelést igénylő műveletek esetén a forgószárnyas drónok javasolhatóak, ahol lehetőség van az adott területet/személyt hosszabb ideig megfigyelni.
Akadályelkerülő rendszerre vonatkozó előírások	A tér teljes irányában akadályelkerülő rendszer. Az akadályelkerülő rendszerek megfelelő hatékonysága (például vezetékek, gyorsan mozgó tárgyak/élőlények, beltéri környezet esetén is biztosítani kell az akadályelkerülés működését).
Szenzorok, egyéb eszközök	Ráközelítésre képes „zoom” kamera. Hőkamera. Infravörös érzékelők. LIDAR lézeres távérzékelők. Multi- vagy hiperspektrális kamera. Speciális szenzorok és eszközök, például valamely gáz, robbanószer detektálása céljából, vagy kutatás-mentés esetén hangszóró, reflektor. Gyári beépítés és „plug and play” módon történő felszerelhetőség biztosítása a szenzorok, eszközök számának növelése érdekében.
Adatbiztonság, adattovábbítás	A valós idejű adattovábbítás megközelítése, minimum 2,5 MB/s. Maximális késleltetési idő: 50 ms. Öninterferencia feltérképezése és elhárítása. Nagyszámú lehetséges kommunikációs csatorna biztosítása, az elektromágneses környezet vizsgálata, automatikus csatornaválasztás az interferencia elkerülésére.
Speciális képességek	Ejtőernyő a zuhanás elkerülésére. A személy/mozgó tárgy követésének képessége. A repülés útjában lévő akadályok elhárításának képessége (például ablaküveg betörése). Két-operátoros vezérelhetőség: önálló operátor foglalkozhat a repülés, illetve az érzékelők vezérlésével. Kiterjesztett valóság technológia alkalmazása. Valós idejű kinematikus helymeghatározás.

Jogszabályi környezet	
Szabályozás	Műszaki ellenőrzési kötelezettség kiterjesztése. Mesterséges intelligencia: etikai szempontok figyelembevétele. A drón azonosíthatósága. A pilóta azonosíthatósága. Kötelező felelősségbiztosítás összegének felülvizsgálata. A lakott terület fogalmának pontosítása. Az eseti légtérrendély igénylésének egyszerűsítése. My Drone Space adatainak láthatósága más nem UAV légtérhasználó által is. BVLOS repülés jogszabályi biztosítás.
Drónok elleni védelem, drónelhárítás	
Drónok elleni védelem	Komplex rendszerek a hatékonyság növelése érdekében. Preferáltan nem megsemmisítő, hanem elfogásra, irányításátvételtre alkalmas rendszerek.

8. sz. táblázat: Összefoglaló táblázat

Forrás: Saját szerkesztés

Irodalomjegyzék

- Abate, A. F.–De Maio, L.–Distasi, R.–Narducci, F. (2021) Remote 3D face reconstruction by means of autonomous unmanned aerial vehicles. *Pattern Recognition Letters*, 147. pp. 48-54.
- Adams, S. M.–Friedland, C. J. (2011) A survey of unmanned aerial vehicle (UAV) usage for imagery collection in disaster research and management. In: *9th International workshop on remote sensing for disaster response*, Vol. 8. pp. 1-8.
- Afman, J. P.–Ciarletta, L.–Feron, E.–Franklin, J.–Gurriet, T.–Johnson, E. N. (2018) *Towards a new paradigm of UAV safety*. arXiv preprint, arXiv:1803.09026.
- Ágoston, R. (2017) A drónok közszolgálati alkalmazásának lehetőségei. *Új Magyar Közigazgatás*, 10 (3). pp. 48-62.
- Aldao, E.–González-deSantos, L. M.–Michinel, H.–González-Jorge, H. (2022) UAV Obstacle Avoidance Algorithm to Navigate in Dynamic Building Environments. *Drones*, 6 (1). 16.
- Bebesi, Z.–Tóth, V. Z. (2021) A pilóta nélküli járművek biztonságtechnikai kockázata. *Biztonságtudományi Szemle*, 3. pp. 93-104.
- Beck, A. (2015) Az UAV-k polgári alkalmazásának kockázatai, és kezelésük lehetséges módszerei terrorelhárítási és személyvédelmi szempontból. (*Terror&elhárítás*, 2015/2. pp. 46-90.
- Bier, D. J.–Feeney, M. (2018) Drones on the border: Efficacy and privacy implications. Cato Institute.
- BN, P. K.–Balasubramanyam, A.–Patil, A. K.–Chai, Y. H. (2020) GazeGuide: An eye-gaze-guided active immersive UAV camera. *Applied Sciences*, 10 (5). 1668.
- Bucknell, A.–Bassindale, T. (2017) An investigation into the effect of surveillance drones on textile evidence at crime scenes. *Science & Justice*, 57 (5). pp. 373-375.
- Caldwell, J. A. (2005) Fatigue in aviation. *Travel medicine and infectious disease*, 3 (2). pp. 85-96.
- Chaurasia, R.–Mohindru, V. (2021) Unmanned aerial vehicle (UAV): A comprehensive survey. *Unmanned Aerial Vehicles for Internet of Things (IoT). Concepts, Techniques, and Applications*, pp. 1-27.
- Chen, W.–Liu, J.–Guo, H.–Kato, N. (2020) Toward robust and intelligent drone swarm: Challenges and future directions. *IEEE Network*, 34 (4). pp. 278-283.
- Chopade, J. V.–Ganvir, K. D.–Tiwari, H. U. (2021) Detection of an Explosive Material In Landmine, Aqueous And Air Medium Through Sensor Operated Unmanned Guided Vehicle. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 1012. No. 1 pp. 012026. IOP Publishing.
- Csengeri, J. (2019) A drónforgalom és a drónfenyegetések rendszerszintű kezelésének lehetőségei. *Repüléstudományi Közlemények*, 31 (3). pp. 169-186.
- Dayoub, M.–Birech, R. J.–Haghbayan, M. H.–Angombe, S.–Sutinen, E. (2020) Co-design in bird scaring drone systems: potentials and challenges in agriculture. In: *International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics*. Springer, Cham. pp. 598-607.
- Elliot, A. (2017) *Drónok kézikönyve*. Cser Kiadó.
- Ericksen, K. (2019) *Policing with Eyes in Sky: Analysis of Drone Programs in Law Enforcement*. Graduate Capstone, Rochester Institute of Technology, RIT Scholar Works, Rochester, NY.
- Fuentes, R. W. C.–Chung, C. (2021) Military, civil and international regulations to decrease human factor errors in aviation. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing.
- Gajdác, L.–Major, G. (2018) Az UAV alkalmazásának kockázatai a biztonságtechnika területén. *Repüléstudományi Közlemények*, 30 (2). pp. 101-112.
- Gao, M.–Hugenholtz, C. H.–Fox, T. A.–Kucharczyk, M.–Barchyn, T. E.–Nesbit, P. R. (2021) Weather constraints on global drone flyability. *Scientific reports*, 11 (1). pp. 1-13.
- Harkai, P.–Felföldi, D. (2020) A pilóta nélküli légi járművek alkalmazási lehetőségei a közszolgálatban. In: Marton, Zs. – Németh, K.–Pelesz, P.–Péter, E. (szerk.) *IV. Turizmus és biztonság Nemzetközi Tudományos Konferencia*,

- Tanulmánykötet*. Pannon Egyetem, Nagykanizsai Kampusz. pp. 130-143.
- Hell, P. (2022) A drónok alkalmazásának vizsgálata a katasztrófavédelem tevékenységében. Doktori értekezés-tervezet.
- Kapustina, L.–Izakova, N.–Makovkina, E.–Khmelkov, M. (2021) The global drone market: main development trends. In: *SHS Web of Conferences*, Vol. 129. pp. 11004. EDP Sciences.
- Kovács, T.–Viplak, A. M. (2017) Drónok a biztonságtechnikában. *Military Engineer/Hadmérnök*, 12 (2). pp. 7-13.
- Lee, C.–Kim, S.–Chu, B. (2021) A survey: flight mechanism and mechanical structure of the UAV. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 22 (4). pp. 719-743.
- Lega, M.– Ferrara, C.–Persechino, G.–Bishop, P. (2014) Remote Sensing In Environmental Police Investigations: Aerial Platforms And An Innovative Application Of Thermography To Detect Several Illegal Activities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186 (12). pp. 8291-8301.
- Lele, A.–Mishra, A. (2009) Aerial terrorism and the threat from unmanned aerial vehicles. *Journal of Defence Studies*, 3 (3). pp. 54-65.
- Lonzetta, A. M.–Cope, P.–Campbell, J.–Mohd, B. J.–Hayajneh, T. (2018) Security vulnerabilities in Bluetooth technology as used in IoT. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 7 (3). 28.
- Martinez-Alpiste, I.–Golcarenenji, G.–Wang, Q.–Alcaraz-Calero, J. M. (2021) Search and rescue operation using UAVs: a case study. *Expert Systems with Applications*, 178. 114937.
- Miasnikov, E. (2005) *Threat of terrorism using unmanned aerial vehicles: technical aspects*. Moscow, Russia: Center for Arms Control, Energy, and Environmental Studies, Moscow Institute of Physics and Technology.
- Naik, C.–Arbaz, N. M.–Pandit, R.–Ghugre, S. (2019) Underwater drone. *IRJET*, Volume 06. Issue 04.
- Neji, N.–Mostfa, T. (2019). Communication technology for Unmanned Aerial Vehicles: a qualitative assessment and application to Precision Agriculture. In: *2019 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*. IEEE. pp. 848-855.
- Nikhil, N.–Shreyas, S. M.–Vyshnavi, G.–Yadav, S. (2020) Unmanned aerial vehicles (UAV) in disaster management applications. In: *2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*. IEEE. pp. 140-148.
- Park, S.–Kim, H. T.–Lee, S.–Joo, H.–Kim, H. (2021) Survey on anti-drone systems: Components, designs, and challenges. *IEEE Access*, 9. pp. 42635-42659.
- Patel, S. B.–Kheruwala, H. A.–Alazab, M.–Patel, N.–Damani, R.–Bhattacharya, P. et al. (2020) BioUAV: blockchain-envisioned framework for digital identification to secure access in next-generation UAVs. In: *Proceedings of the 2nd ACM MobiCom Workshop on Drone Assisted Wireless Communications for 5G and Beyond*. pp. 43-48.
- Pednekar, A.–Patole, R. (2020) Camouflaging Drone with Enemy Tracker. *IRJET*, Volume 07. Issue 05.
- Polat, G.–Kiliç, D. (2018) Study on the Development of Aircrafts and Problems of Drone Taxis. *Social & Legal Studies*, Vol. 4. 2. pp. 119-140.
- Popescu, L. R. (2021) The existing technologies on anti-drone systems. In: *International conference knowledge-based organization*, Vol. 27. No. 3. pp. 83-91.
- Rottler, V. (2018) A drónhasználat jogi szabályozásának nemzetközi trendjei és hazai helyzete= Increased and Even More Tighter Regulations on Using Drones. *Magyar Rendészet*, 18 (4). pp. 157-171.
- Rupasinghe, N.–Ibrahim, A. S.–Guvenc, I. (2016) Optimum hovering locations with angular domain user separation for cooperative UAV networks. In: *2016 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*. IEEE. pp. 1-6.
- Sándor, Zs.–Pusztai, M. (2021) A hazai pilóta nélküli léggépjármű-rendszerekre vonatkozó szabályozás EU-s jogszabályoktól való eltéréseinek bemutatása. *Repüléstudományi Közlemények*, 33 (1). pp. 27-37.
- Stöcker, C.–Bennett, R.–Nex, F.–Gerke, M.–Zevenbergen, J. (2017) Review of the current state of UAV regulations. *Remote sensing*, 9 (5). pp. 459.
- Thibbotuwawa, A.–Bocewicz, G.–Radzki, G.–Nielsen, P.–Banaszak, Z. (2020) UAV mission planning resistant to weather uncertainty. *Sensors*, 20 (2). pp. 515.
- Thibbotuwawa, A.–Nielsen, P.–Zbigniew, B.–Bocewicz, G. (2018) Energy consumption in unmanned aerial vehicles: A review of energy consumption models and their relation to the UAV routing. In: *International Conference on Information Systems Architecture and Technology*. Springer, Cham. pp. 173-184.
- Thielicke, W.–Hübert, W.–Müller, U.–Eggert, M.–Wilhelm, P. (2021) Towards accurate and practical drone-based wind measurements with an ultrasonic anemometer. *Atmospheric Measurement Techniques*, 14 (2). pp. 1303-1318.
- Tóth, V. Zs. (2021) Drónok és más eszközök közötti interakciók, valamint a képi interakciók, valamint a képi adattovábbítás fejlesztésére adattovábbítás fejlesztésére vonatkozó kompetenciák. *Magyar Rendészet*, 2021/4. pp. 197-210.
- van Benthem, R. C.–de Boer, A. I.–Vorst, J.–van Doorn, W. B. (2020) *Hydrogen Drone Research Aircraft*. Royal Netherlands Aerospace Centre.
- Vigh, A. (2018) A drónok rendészeti alkalmazási lehetőségei. *Belügyi Szemle*, 66 (10). pp. 88-107.
- Xu, C.–Liao, X.–Tan, J.–Ye, H.–Lu, H. (2020) Recent research progress of unmanned aerial vehicle regulation policies and technologies in urban low altitude. *IEEE Access*, 8. pp. 74175-74194.
- Yao, J. (2021) The practice and problems of UAVs regulation and legislation in local China from the perspective of public safety. *Open Journal of Social Sciences*, 9 (04). 54.
- Yinka-Banjo, C.–Ajayi, O. (2019) Sky-farmers: Applications of unmanned aerial vehicles (UAV) in agriculture. *Autonomous vehicles*, pp. 107-128.

Internetes hivatkozás

Brinc lemur tactical drone s kit
<https://iupdrones.com/product/brinc-lemur-tactical-drone-s-kit/> [Letöltve: 2022.11.02.].

- Crawford, M. (2021) 5 Popular Sensors Used by Drone Professionals Today.
<https://www.commercialuavnews.com/5-popular-drone-sensors-used-by-drone-professionals-today> [Letöltve: 2022.11.09].
- Hambling, D. (2020) U.S. Army's New Drone Swarm May Be A Weapon Of Mass Destruction.
<https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2020/06/01/why-new-us-armys-tank-killing-drone-swarm-may-be-a-weapon-of-mass-destruction/?sh=45838dcece8> [Letöltve: 2022.10.21].
- Fan, S. (2022) Like a Swarm of Bees, These Drones Can 3D Print Structures While in Flight
<https://singularityhub.com/2022/09/27/like-a-swarm-of-bees-these-drones-can-3d-print-structures-while-in-flight/> [Letöltve: 2023.03.23].
- Greksa, Zs. (2022) Drónnal figyelték a kalocsai rendőrök a városban közlekedőket.
<https://www.koronafm100.hu/dronnal-figyeltek-a-kalocsai-rendorok-a-varosban-kozlekedeket/> [Letöltve: 2022.10.14].
- Gyömbér, B. (2020) Drónt rendszeresített a Rendőrség.
<https://jogalappal.hu/dront-rendszerezitett-a-rendorseg/> [Letöltve: 2022.10.14].
- Hibrid drónt készít a Kawasaki a mezőgazdaságnak (2020).
<https://mezohir.hu/2020/11/18/hibrid-dront-keszit-a-kawasaki-a-mezogazdasagnak/> [Letöltve: 2022.10.14].
- Hybrid Drones, UAV, UAS (2022).
<https://www.howwssystemstechnology.com/expo/hybrid-drones/> [Letöltve: 2022.10.13].
- Kehoe, A.–Cecotti, M. (2022) Drone Swarms That Harassed Navy Ships Off California Demystified In New Documents.
<https://www.thedrive.com/the-war-zone/drone-swarms-that-harassed-navy-ships-demystified-in-new-documents> [Letöltve: 2022.10.27].
- Kovács, L. (2022) Minden, amit a rendvédelmi drónok vásárlásakor mérlegelni szükséges.
<https://dron.hrp.hu/minden-amit-a-rendvedelmi-dronok-vasarlasakor-merlegelni-szukseges/> [Letöltve: 2022.11.13].
- Palotai, N. (2022) Tökéletesen lemásolta a madarak szárnycsapásait a spanyol kutatók autonóm ornitoptere.
<https://raketa.hu/tokeletesen-lemasolta-a-madarak-szarnycsapasait-a-spanyol-kutato-k-autonom-ornitoptere> [Letöltve: 2022.10.27].
- PGY TECH Tello Propellervédő-ketrec
<https://www.djiars.hu/termek/pgytech-tello-propellervedo-ketrec> [Letöltve: 2022.11.06].
- Rendőrség
<https://www.police.hu/> [Letöltve: 2022.11.19].
- Seidenberger, A. (2022) Drone Parachutes: A Reasonable Safety Feature?
<https://www.global-aero.com/drone-parachutes-a-reasonable-safety-feature/> [Letöltve: 2022.11.05].
- Singh, I. (2022) All you need to know about the new DJI Transmission system.
<https://dronedj.com/2022/06/17/dji-transmission-wireless-video/> [Letöltve: 2022.11.20].
- Szabó, Z. (2019) Vízalatti drónokkal is kutattak a Hableány roncsánál.
<https://hajozas.hu/magazin/itthon/vizalatti-dronokkal-is-kutattak-a-hableany-roncsanal/> [Letöltve: 2022.10.14].
- The 4 Ds Of Robotization: Dull, Dirty, Dangerous And Dear (2017).
<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/10/16/the-4-ds-of-robotization-dull-dirty-dangerous-and-dear/#4e1f81e63e0d> [Letöltve: 2022.10.04].
- Winkler, C. (2022) How Many Sensors are in a Drone, And What do they Do?
<https://www.fierceelectronics.com/components/how-many-sensors-are-a-drone-and-what-do-they-do> [Letöltve: 2022.10.27].
- URL1: 2010. évi XLIII. törvény a központi államigazgatási szervekről, valamint a Kormány tagjai és az államtitkárok jogállásáról.
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1000043.tv> [Letöltve: 2022.10.14].
- URL2: Rendőrség: az egyre terheltebb légtér igényli a drónhasználat szabályozását (2022).
<https://www.feol.hu/orszag-vilag/2022/06/rendorseg-az-egyre-terheltebb-legter-igenyli-a-dronhasznalat-szabalyozasat> [Letöltve: 2022.10.14].
- URL3: A jelenlegi drónos helyzetről beszélt a Magyar Rendőrség (2020).
<https://dronerz.hu/cikk/a-jelenlegi-dronos-helyzetről-beszelt-a-magyar-rendorseg> [Letöltve: 2022.10.14].
- URL4: A 42-es főút felett videózott a rendőrségi drón (2022).
<https://www.haon.hu/helyi-kek-hirek/2022/06/a-42-es-fout-felett-videozott-a-rendorsegi-dron> [Letöltve: 2022.10.14].
- URL5: Drón is segítette a rendőrök munkáját Siófokon (2022).
<https://balaton.hu/dron-is-segitette-a-rendorok-munkajat-siofokon/> [Letöltve: 2022.10.14].
- URL6: Drónokkal figyelte az autósokat a rendőrség (2022).
<https://hang.hu/belfold/dronokkal-figyelte-az-autosokat-a-rendorseg-144554> [Letöltve: 2022.10.14].
- URL7: Drónflottát vetnek be a vízimentők, hogy még biztonságosabb legyen a Balatonban fürdeni (2019).
<https://forbes.hu/a-jo-elet/dronflottat-vizimentok-balaton-2019/> [Letöltve: 2022.10.14].
- URL8: How Firefighters Can Better Manage Emergency Situations Using Drones (2021).
<https://www.flytnow.com/blog/drone-fire-fighting> [Letöltve: 2022.11.23].
- URL9: Hogyan reagálhatnak a vállalkozások az EU mesterséges intelligenciáról szóló törvényére? (2022).
<https://csrhungary.eu/meg-tobb/technologia/hogyan-reagalhatnak-a-vallalkozasok-az-eu-mestersleges-intelligenciarol-szolo-torvenyere/> [Letöltve: 2022.11.13].
- URL10: Regenold, S. Drone Patrol: Rogue Aerial Vehicles Chased, Caught In Nets (2015).
<https://gearjunkie.com/technology/illegal-drones-caught-in-nets-patrol> [Letöltve: 2022.10.18].
- URL11: Drónvadászat (2019).
https://lazaribibi.blog.hu/2019/02/15/dron_vadaszat [Letöltve: 2022.10.18].
- URL12: Skylock: Anti drone solutions.
https://www.skylock.com/anti-drone-solutions/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=skylock&utm_content=undefined&utm_term=skylock&gclid=CjwKCAjwiOv7BRBREiwAXHbv3Lk4IV

- [47BvuQqb3r4Levsbs7NcAxVE2sx7vaR2FreGsJ86rTI-O9YBoC6k4QAvD_BwE](https://www.unmannedsystemstechnology.com/expo/tethered-drones-uavs/) [Letöltve: 2022.10.19].
- URL13: Ahogy nő a drónok száma az égen, úgy válik egyre kockázatosabbá a repülés (2021).
<https://hirado.hu/tudomany-high-tech/high-tech/cikk/2021/03/30/ahogy-no-a-dronok-szama-az-egen-ugy-valik-egyre-kockazatosabba-a-repules#> [Letöltve: 2022.10.2.].
- URL14: A következő két évben megtízszereződhet a drónrepülések száma (2022).
<https://novekedes.hu/hirek/a-kovetkezo-ke-t-evben-megtizszerezodhet-a-dronrepulesek-szama> [Letöltve: 2022.10.21.].
- URL15: Új amerikai tömegpusztító fegyverek! Olyan halálos, mint a biológiai, de megengedett! (2020).
<https://hu.koshachek.com/articles/uj-amerikai-tomegpustito-fegyverek-olyan-halalos.html> [Letöltve: 2022.10.21.].
- URL16: Ornithopter Drone/UAV Advantages+Disadvantages Explained.
<https://www.thecoronawire.com/ornithopter-drone-uav-advantages-disadvantages-explained/> [Letöltve: 2022.10.27.].
- URL 17: EDF France: (2014) Inquiry after drones buzz nuclear sites.
<https://www.bbc.com/news/world-europe-29831897> [Letöltve: 2022.10.30.].
- URL18: Drónok miatt bénult meg a légiforgalom a London-Gatwick repülőtéren (2018).
<https://airportal.hu/dronok-miatt-benult-meg-a-legiforgalom-a-london-gatwick-repuloteren/> [Letöltve: 2022.10.30.].
- URL19: Dróntámadás érte a világ legnagyobb olajfinomítóját (2019).
<https://index.hu/kulfold/2019/09/15/drontamadas-erte-a-vilag-legnagyobb-olajfinomitojat/> [Letöltve: 2020.10.20.].
- URL20: 38/2021. (II. 2.) Korm. rendelet a pilóta nélküli állami légi járművek repüléséről.
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A2100038.KOR> [Letöltve: 2022.10.06.].nikhil8/2021.
- URL21: Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0947> [Letöltve: 2023.03.23.].
- URL22: Tájékoztató eseti légtér igényléséhez.
[https://www.ket.hm.gov.hu/hmalf/Megosztott%20dokumentumok/Eseti%20%C3%A9gt%C3%A9r%20ig%C3%A9nyl%C3%A9s/T%C3%A1j%C3%A9koztat%C3%B3%20eseti%20%C3%A9gt%C3%A9r%20ig%C3%A9nyl%C3%A9s%C3%A9hez%20\(2021.02.18.\).pdf](https://www.ket.hm.gov.hu/hmalf/Megosztott%20dokumentumok/Eseti%20%C3%A9gt%C3%A9r%20ig%C3%A9nyl%C3%A9s/T%C3%A1j%C3%A9koztat%C3%B3%20eseti%20%C3%A9gt%C3%A9r%20ig%C3%A9nyl%C3%A9s%C3%A9hez%20(2021.02.18.).pdf) [Letöltve: 2022.10.30.].
- URL23: Biztonsági drónok otthon (2021).
<https://dev.hufbau.hu/magazin/biztonsagi-dronok/> [Letöltve: 2022.11.02.].
- URL24: Grafén akkumulátor és előnyei (2022).
<https://sciencealpha.com/hu/graphene-battery-and-its-benefits/> [Letöltve: 2022.10.31.].
- URL25: Tethered Drones & UAV Tether Systems.
<https://www.unmannedsystemstechnology.com/expo/tethered-drones-uavs/> [Letöltve: 2022.10.31.].
- URL26: Katasztrófavédelem – Drón amelyik a túlélők segélykiáltásait hallja (2021).
<https://infostart.hu/tudomany/2010/11/04/mar-ilyen-is-van-nanotechnologian-alapulo-robbanoanyag-erzekelo-390860#> [Letöltve: 2022.10.31.].
- URL27: Follow Me and ActiveTrack on DJI Drones.
<https://www.droneblog.com/dji-follow-me-and-activetrack/> [Letöltve: 2022.11.01.].
- URL28: Matrice 300 RTK
<https://www.dji.com/hu/matrice-300> [Letöltve: 2022.11.02.].
- URL29: Már ilyen is van: nanotechnológián alapuló robbanóanyag-érzékelő (2010).
<https://infostart.hu/tudomany/2010/11/04/mar-ilyen-is-van-nanotechnologian-alapulo-robbanoanyag-erzekelo-390860#> [Letöltve: 2022.11.09.].
- URL30: Time of Flight – Az ipari 3D jövője (2016).
<https://gepilatas.wordpress.com/2016/10/03/time-of-flight-az-ipari-3d-jovoje/> [Letöltve: 2022.11.13.].
- URL31: DJI transmission systems – Wi-Fi, Ocusync & Lightbridge.
<https://www.heliguy.com/blogs/posts/dji-transmission-systems-wi-fi-ocusync-lightbridge> [Letöltve: 2022.09.20.].
- URL32: DJI Lightbridge 2Specs
<https://www.dji.com/hu/lightbridge-2/info> [Letöltve: 2022.09.30.].
- URL33: What Is DJI OcuSync And How Does It Work?
<https://store.dji.bg/en/blog/what-is-dji-ocusync-and-how-does-it-work> [Letöltve: 2022.09.30.].
- URL34: How to Fly a Drone Exclusively with Your Eye Movement? (2018).
<https://i-hls.com/archives/85678> [Letöltve: 2022.11.27.].
- URL35: Az álcázás ellenére is felfedezhetik a radarokat (2022).
<https://computerworld.hu/tech/az-alczas-ellenere-is-felfedezhetik-a-radarokat-315071.html> [Letöltve: 2022.10.31.].
- URL36: Small Drone Market Size, Share, Trends Industry Report, 2028.
<https://www.fortunebusinessinsights.com/small-drones-market-102227> [Letöltve: 2022.10.25.].
- URL37: UAV Parachute Recovery Systems Market Size, Share, Development by 2024 (2019).
<https://www.openpr.com/news/1820820/uav-parachute-recovery-systems-market-size-share-development> [Letöltve: 2022.11.05.].
- URL38: BRINC Lemur S
<https://volatusdrones.com/products/brinc-lemur-s> [Letöltve: 2022.11.02.].
- URL39: System Security-A DJI technology white paper (2020).
<https://security.dji.com/data/resources/> [Letöltve: 2022.11.20.].
- URL40: The Hive: Drone Skyscraper (2016).
<https://www.evolo.us/the-hive-drone-skyscraper/> [Letöltve: 2022.11.02.].
- URL41: 10 Counter-Drone Technologies To Detect And Stop Drones Today.
<https://www.robinradar.com/press/blog/10-counter-drone-technologies-to-detect-and-stop-drones-today> [Letöltve: 2022.11.27.].