

36. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Had- és Rendészettudományi Szekció
Budapest, 2023. április 18-20.
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Rendészettudományi Kar

A pilóta nélküli légijárművek szerepe a repülőterek biztonságának szavatolásában

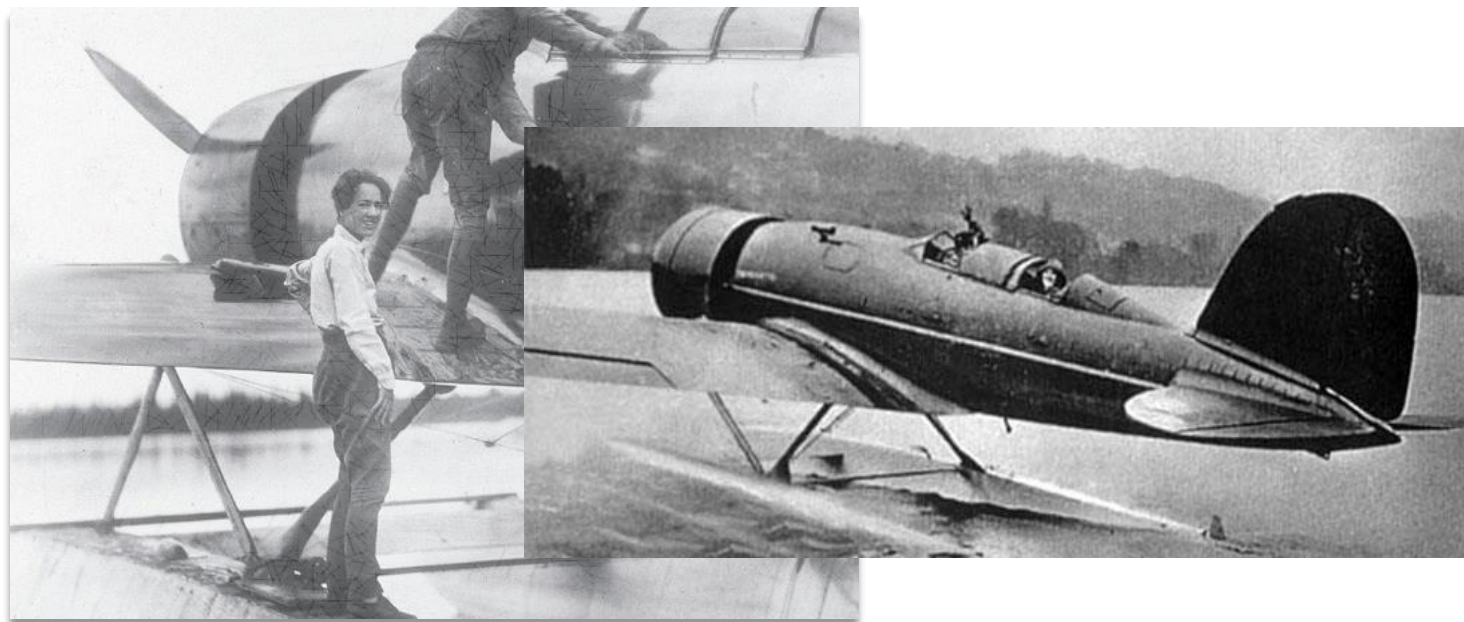
Jelige: *TangoZulu*

Pályamunka lezárásának időpontja: 2023. Január

2023.

„Talán különös dolog ilyet mondani, de egyedül a fejlődésben, az átalakulásban és a változásban találhatjuk meg az igazi biztonságot.”

(Anne Morrow Lindbergh¹)



¹ **Anne Spencer Morrow Lindbergh** (1906. június 22. – 2001. február 7.) amerikai író és pilóta. Charles Lindbergh kitüntetett „úttörőrepülő” felesége volt, akivel számos felfedező repülést tett, amint az a képeken is látható.

Tartalomjegyzék

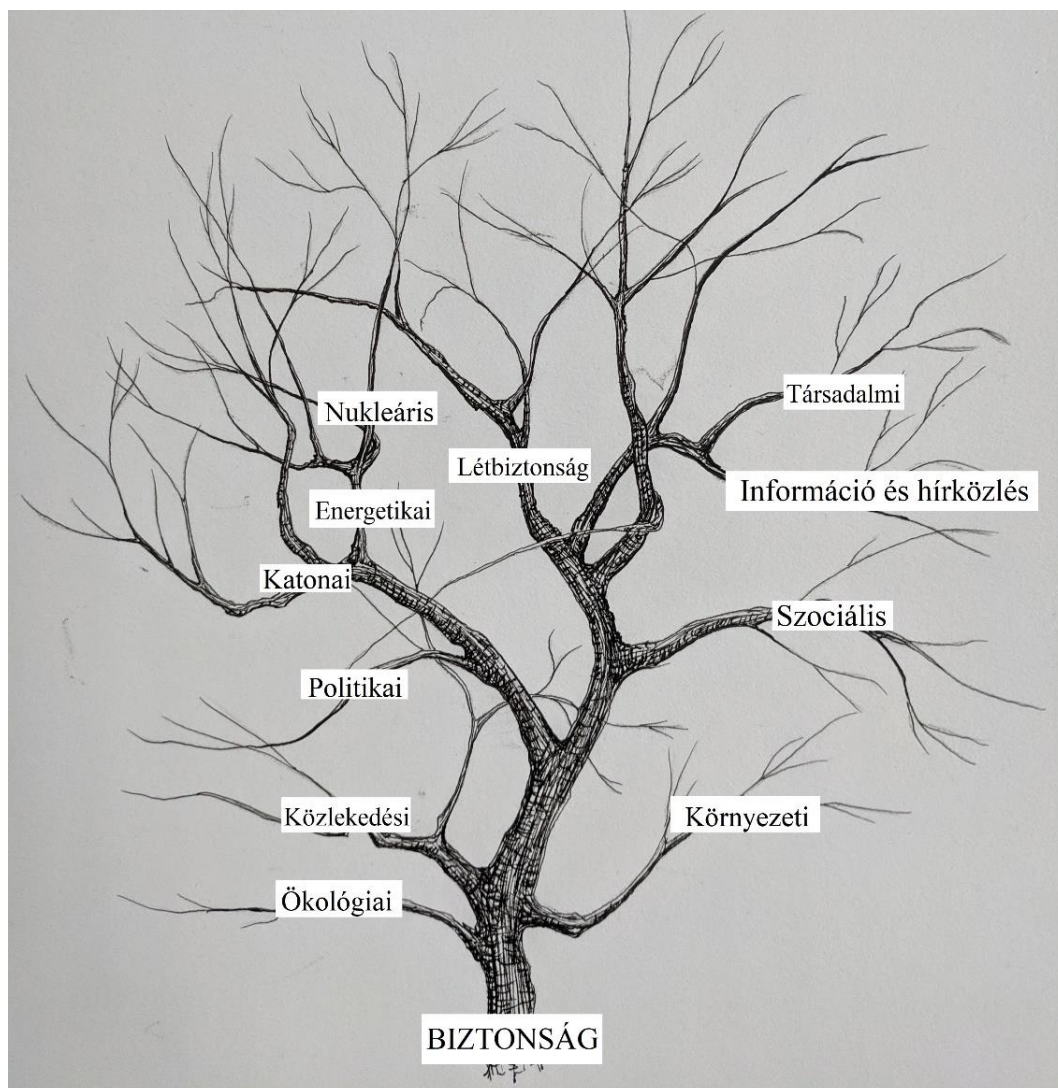
1. Bevezető	4
1.1. A biztonság fogalma	4
1.2. A repülőterek bemutatása	6
2. Repülőterek lehetséges biztonsági kockázatai	9
3. Drónok szerepe a biztonság fenntartásában	14
3.1. A drónok előnyei a biztonság területén	18
3.2. A drónok alkalmazása a biztonság szavatolásában	19
3.3. Járőrözések végrehajtása a levegőből	20
4. Reptérkarbantartás drónokkal (FOD)	24
5. Konklúzió	30
6. Ábrajegyzék	32
7. Felhasznált irodalom	33

1. Bevezető

A biztonság és a repülés kéz a kézben járó fogalmak, amióta az ember „elsajátította” a levegőbe emelkedés „képességét”. A címben megfogalmazott témát azért választottam, mert meglátásom szerint ebben a szimbiózisban ez egy kiemelkedően fontos, folyamatos innovációra szoruló terület. Az egyre jobban növekedő légiforgalom egyre több alkalmazottat igényel, viszont a repülés magasan képzett szakembereket követel meg minden téren. A humán erőforrásokkal szembeni magas elvárásoknak köszönhetően korlátozott a foglalkoztatható egyének száma, amelynek felkutatása, felkészítése, képzése, majd ennek folyamatos szinten tartása nem egyszerű feladat, így a „megfelelő dolgozó” biztosítása a repülőterek számára sok-sok fejtörést okoz. Ennek a problémának a megoldása a megfelelő, feladatspecifikus drónok alkalmazása lehet. Az elmúlt években számos kutatás bizonyította már azt, hogy a drónok/ (lég/földi) robotok igen sok téren képesek helyettesíteni (vagy csupán a feladatukat könnyebbé, egyszerűbbé tenni) az embereket, és akár sokkal jobb minőségű munkát is tudnak végezni. A drónok repülőtéri használata nagyon érzékeny téma, amely a repülésbiztonsági szempontoktól a jogellenes beavatkozások elleni védelemig terjed. Ez azonban nem változtat azon a tényen, hogy a drónok nagyon hatékony eszközök; sőt, egyesek szerint az utóbbi idők egyik legnagyobb technológiai forradalmának részét képezik.

1.1. A biztonság fogalma

A biztonság egy nagyon nehezen megfogható, értelmezhető fogalom. Talán az összes magyar szó közül a legnehezebben értelmezhetőek között van, mivel nagyon sokféleképpen lehet magyarázni, nagyon szerteágazó a gondolati kapcsolatainak környezete. Ide lehet sorolni például a személyi-, a vagyon-, az ágazati-, vagy akár a nemzetbiztonság fogalomkörét, de ezeken kívül jóval többet lehet találni, amit az egy ágrajz formában az 1. ábrán látható. Általában, ha az ember meghallja a biztonság szót, nem más jut az eszébe, mint hogy semmilyen fenyegetés nem veszélyezteti a közvetlen környezetét, nyugodtan élheti a mindennapjait, viszont ahogy fentebb említettem, ez egy jóval tágabb fogalom.



1. ábra

A biztonság értelmezésének egy módja (szerkesztette a szerző a [32] p.5 alapján)

A biztonság, mint fogalom már az időben is messzire nyúló gyökerekkel rendelkezik. Már Szun Ce² is i.e. 5. század körül megemlítette *A háború művészete* című művében. Ebben a műben a keresett fogalom kiter a következőkre: *biztonságban leszel, ha a titkaidat megtartod, a sereg biztonságban visszavonulhat, ha gyorsabb, mint az ellenség, az ország biztonsága az uralkodó józan gondolkodásán alapul, és a lovakat biztonságos helyen kell tartani, mert ha bajuk esik, nehéz lesz nélkülük háborúzni* [1]. Ebből is jól látható, hogy már az ókori gondolkodásban is meghatározó jelentőségű volt ennek a gondolati körnek, „érzelmi világnak” az ismerete és használata.

² Ókori kínai író, filozófus és hadvezér (kb. i. e. 544 – i. e. 496.) *A háború művészete* című műve nem csupán a hagyományos kínai műveltség egyik alapkönyve, hanem egyben a világ klasszikus hadtudományának egyik legkiemelkedőbb alkotása is.

1.2. A repülőterek bemutatása

A repülőtér olyan szárazföldön, vagy vízfelszínen kijelölt terület (beleértve bármely épületet, létesítményt és berendezést), amelyet egészében vagy részben a légi járművek érkezésére, indulására és felszíni mozgására használnak [2 p. 133]. Számomra ez a forrás, ez a megfogalmazás az, amelyik a leginkább érthető, hiteles és lényegretörő ennek a fogalomkörnek a leírására, hogy mi is az a reptér. A mindenki gondolatában először bepillanó repülőterek mellett, mint a nagy nemzetközi repülőterek, léteznek még kisebb civil repüléseket kiszolgáló légi kikötők, viszont nem szabad elfeledkezni a katonai repülőterekről sem. A világ számos pontján található olyan katonai repülőtér, amely infrastruktúrájának egy bizonyos részét átengedi, biztosítja a polgári repülés számára. Ezek az úgynevezett kettős felhasználású repülőterek, azaz egyszerre (egy helyen és akár egy időben is) történik a területén katonai és civil repülés egyaránt. Az előbbi állítás talán vethet fel kérdést az olvasóban, hogy katonai és civil reptér között van-e különbség. Erre a válasz pedig az, hogy alapjaiban véve nincs. A repülésben, a légiforgalom szervezésében és a repülőterek kiszolgálásában komoly szabályzók, szabályrendszerek, törvények iránymutatását kell követni, betartani. A repülőterek általában első látásra egy laikus szemnek nem különböznek egymástól sokban. Ezeken a helyeken megtalálható főbb objektumokról az alábbiakat érdemes tudni:

➤ **Futópálya** – „A futópálya egy szárazföldi repülőtéren meghatározott derékszögű terület, amelyet a légi járművek le- és felszállására alakítottak ki.” [2 p. 134]. A repülőterek egyik legkritikusabb és legköltségesebb része a futópálya (egy példa a 2. ábrán). Annyira fontos objektum, hogy például a repülőterek jellegét is meghatározza, mivel repülőgép típusonként változhat az, hogy milyen futópályára van szükségük. Ha egy futópálya nem felel meg egy adott repülőgép típus előírásainak, akkor az értelemszerűen nem szállhat le ott. Egy futópályának nagyon jó szilárdságtani tulajdonságokkal kell rendelkeznie, mint például a teherbírás (hirtelen nagy tömeg „esik” rá nagy sebességgel, amit deformálódás, anyagtörés nélkül kell elviselnie). Ehhez kapcsolódik az, hogy jó minőségű anyagból kell önteni és az alapozásnak is meg kell felelnie a tervezett terhelési kategóriának.

A futópálya tervezését több szempont is befolyásolja. Például az üzemeltetés típusa (nappal, éjszaka, normál, vagy műszeres repülések). Következő szempont az az, hogy égtáj alapján milyen irányban célszerű a tájolása, mivel a fel-, és leszállást szembeszélben kell végezni

(szembeszél esetén termelődik a legnagyobb felhajtóerő a szárnyakon, amik megkönnyítik a fel- és leszállást), ezért úgy érdemes kijelölni a futópályát, hogy az irány egybeessen az uralkodó széliránnyal.



2. ábra
Egy Kelet-Nyugat tájolású, 27-es számozású futópálya³ [12]

➤ **Gurulóút** – „A gurulóút egy szárazföldi repülőtéren a légijárművek gurulására kialakított út, amelynek feladata a repülőtér egyes részei közötti összeköttetés biztosítása.” [2 p. 135]. Ezen az úton (mint a 3. ábrán látható) gurulnak a repülőgépek (általában önerőből) az állóhelyről a futópályára, vagy leszállást követően fordítva, illetve a reptéren belül mozgás vagy mozgatás közben. A gurulóutak rendeltetése az, hogy összekössék a repterek egyes pontjait egymással a légijárművek számára. A gurulóutak forgalmát a repülésirányítók szabályozzák.

³ az északi (0°-os referencia) iránnyal 270°-os szöget zár be a pálya iránya, ezért „27” jelölésű



3. ábra
Egy téli, havas gurulóút [13]

➤ ***A forgalmi előtér*** – „*A forgalmi előtér szárazföldi repülőtereken kijelölt terület, amely az utasok ki- és beszállására, a teher- vagy más szállítmány ki- és berakodására, valamint a légijármű várakozására, karbantartására vagy üzemanyaggal való feltöltésére szolgál.*” [2 p. 136]. Ahogy a fenti mondat definiálja, itt történik mondhatni a legtöbb földi külső tevékenység, ami a repülőgépekkel kapcsolatos (mint ahogyan az a 4. ábrán is látható). Nagyobb műszaki munkálatokat, karbantartásokat viszont nem ott helyben az állóhelyen végeznek, hanem a hangárban.



*4. ábra
Forgalmi előtér, állóhely, apron [14]*

2. Repülőterek lehetséges biztonsági kockázatai

A légi közlekedést fenyegető veszélyek folyamatosan változnak, ezért a légitársaságok, repülőterek, kormányok, nemzetközi ügynökségek és független légiközlekedési érdekeltek a légiközlekedés-védelmi képességek fokozására és fejlesztésére törekcszenek. Bár a világjárvány idején és azt követően a biztonsági kihívások és fenyegetések másképp alakulhatnak ki, a hagyományos fenyegetések továbbra is fennállnak. Továbbá nem szabad megfedeledkezni a biztonságot kockáztató események kezeléséről, a biztonsági szervekkel való együttműködésről és a biztonság biztosításának fontosságáról. Mindemellert a biztonsági ágazatnak folyamatosan alkalmazkodnia kell az állandóan változó szabályozásokhoz és a globális biztonsági környezet által támasztott kihívásokhoz, miközben bővíteni és fejleszteni kívánja tevékenységét. Az éberség mindig előnyös, és mindezek mellett javíthatja a szervezeten belüli működési hatékonyságot, javíthatja a repülőterek, légitársaságok és légügyi hatóságok közötti kapcsolatot, valamint növelheti az ügyfelek elégedettségét. A COVID-19 világjárvány nagy mértékben csökkentette a légi közlekedést, és jelentősen befolyásolta a légiközlekedési ágazatok bevételeit. A folyamatban lévő válság ellenére az iparág érdekelt felei nem veszíthetik el a biztonságra való összpontosítást.



5. ábra
Az ICAO logója [28]

A légiközlekedés biztonságosságának alapja a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (5. ábrán az ICAO⁴ logója látható) Chicagói Egyezményének 17. melléklete. Ez a széles körű dokumentum szabványos eljárásokat és útmutatást nyújt a polgári légiközlekedési ágazat számára a jogellenes beavatkozásokkal szembeni védelemre vonatkozóan. A 17. mellékletet rendszeresen módosítják a változó fenyegetések kezelésének érdekében. Ez öt kulcsfontosságú szakaszból áll, amelyek a következők:

- Definíciók;
- Általános elvek;
- Szervezet;
- Megelőző biztonsági intézkedések;
- A jogellenes beavatkozásokra adott válaszlépések irányítása.

Annak ellenére, hogy a 17. melléklet az ICAO fő melléklete, amely a védelmi előírásokat és ajánlott gyakorlatokat határozza meg, számos más melléklet is szabályozza a légitársaságok vagy repülőterek védelmi tevékenységét. A legtöbb ilyen dokumentum a biztonságért, a környezetvédelemért és az utasok pontról pontra történő mozgásának megkönnyítéséért íródtak. A melléklet a biztonságot elősegítő programokban részt vevők tevékenységének

⁴ ICAO: International Civil Aviation Organization – Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet

összehangolására is törekszik. Általánosságban ezek a dokumentumok elismerik, hogy a légitársaságoknak üzemeltetőknek elsődleges felelőssége az utasok, az eszközök és a technika védelme. Az résztvevő országoknak biztosítaniuk kell, hogy a légitársaságok kiegészítő programokat dolgozzanak ki és azokat alkalmazzák, továbbá ezeknek a programoknak összeegyeztethetőnek kell lennie azon tagországok programjaival, amelyek ugyanazon alapelvek alapján működnek. Fontos azonban megjegyezni azt, hogy a biztonság nem csak a felső szintű vezetés vagy a biztonsági vezető felelőssége. A biztonság mindenkit érint, és a pozitív biztonsági kultúra alapvető fontosságú a biztonságos környezet előmozdításában és fenntartásában. A helyes biztonsági intézkedések pozitív megerősítése az egész szervezetben azt az üzenetet közvetíti, hogy a vezetés a biztonságot prioritásnak tekinti. A végső cél a globális biztonság fokozása azáltal, hogy világszerte egységes biztonsági intézkedéseket vezetnek be, viszont ez a cél sajnálatos módon nem érhető el az összes érintett tag szilárd elkötelezettsége nélkül.

A légiközlekedésbiztonsági kockázatok és fenyegetések gyorsan fejlődnek és különböző formában jelentkeznek. A legfontosabb fenyegetések közé tartozhatnak a következők:

- ismert, bennfentes fenyegetések, amelyek potenciális belső kockázatot jelentenek a légitársaságok számára, viszont fel vannak készítve rájuk valamilyen szinten;
- polgári zavargások, amelyek zavarhatják, illetve akadályozhatják a repülőgép személyzetét és az összes többi a reptéren dolgozók munkáját;
- konfliktusövezetek légterének közelében közlekedő járatok;
- terrortámadások minden értelemben;
- az emberkereskedelem, a nem megfelelően dokumentált utasok, továbbá a csempészáruk jelenléte.

Nyilvánvaló, hogy a kockázatokat nem lehet teljesen elkerülni vagy kiküszöbölni. A cél azonban az, hogy amennyire csak lehetséges és ésszerű, csökkenteni kell annak a lehetőségét, hogy bármi rosszul süljön el, továbbá minimalizálni az ebből eredő esetleges negatív fogakat. Mindig lesznek sajnos olyan negatív tényezők, amelyekre nincs ráhatásunk, vagy amelyekről nem tudunk, mint például a terrortámadások legújabb módszerei. Ennek eredményeképpen mindenkinek szembe kell néznie azzal az elkerülhetetlen kihívással, hogy a kockázatkezelési jelenségeket egyensúlyba hozza, hogy a korlátozott időt, erőforrásokat, személyzetet és finanszírozást a lehető legjobban kihasználja. A biztonsági menedzsment az

incidensek megelőzéséről, valamint az emberek és a vagyon biztonságáról szól. Ehhez meg kell értenünk a kapcsolódó kockázatokat és azt, hogy mi romolhat el, és ha valami elromlik, milyen súlyos lesz annak a következménye, és milyen valószínűséggel következik az be. A kockázatértékelés ezért segít a biztonsági szervezeteknek azonosítani a kockázatokat és fenyegetéseket, segít megérteni, hogy melyek a legjelentősebbek, és azáltal, hogy képes azonosítani a kockázat különböző szintjeit, segít a szervezetnek rangsorolni ezeket, mivel a szervezeti erőforrások esetleges korlátai miatt nem minden kockázatot lehet azonnal kezelni ott helyben. Ennek eredményeként a vezetésnek el kell döntenie, hogy elfogadja-e az adott kockázatokat, vagy további intézkedéseket tesz a kockázat elfogadható szintre csökkentésének érdekében.

A kockázat kezdetben egy valós, vagy vélt fenyegetés következményéből ered és jellemzően két tényező kombinációja:

- **szándék:** az a vágy, hogy valaki támadást indítson.
- **képesség:** a szándékolt cselekmény elkövetésének képessége.

A fenyegetés, amikor egy sebezhetőséggel kombinálódik, amely például egy olyan gyenge pont, amelyet a támadó ki tud használni, például egy rossz biztonsági tényező, valamint a sikeres támadás esetén bekövetkező ésszerű következményekkel együtt, egyenlő a kockázattal. Ebből a számításból kiindulva figyelembe kell venni a jelenleg meglévő kockázatcsökkentés mértékét a következők tekintetében:

- **Irányelvek:** A biztonsági tevékenységek és követelmények dokumentáltságának mértéke.
- **Gyakorlat:** A biztonsági tevékenységek és funkciók operatív megvalósításának mértéke a dokumentált követelményekkel vagy szabványokkal összhangban.

A nyomon követésnek és az időszakos felülvizsgálatnak a kockázatkezelési folyamat tervezett részének kell lennie, azzal a céllal, hogy figyelemmel kísérjék a kockázatot és a kockázatcsökkentő intézkedések előrehaladását. A rendszeres felülvizsgálat mellett a környezetben vagy a szervezetben bekövetkezett változás indokolhatja a kockázatok felülvizsgálatát.

Ezért bármilyen intézkedést is teszünk a kockázatok ellenőrzésére, azt nyomon kell követni, hogy meg lehessen arról bizonyosodni, hogy az hatékonyan működik.

Az IATA⁵ frissített Integrált Kockázat- és Ellenálló képesség-kezelési kézikönyve (amely szervezet logója a 6. ábrán látható) lépésről lépésre útmutatót nyújt a kockázatoknak való kitettség intelligens és átfogó kezeléséhez, ami kifejezetten a légiközlekedési ágazat számára készült. A kézikönyv a kezdve az adott helyzet gyors felmérésével megmutatja, hogyan lehet a szervezet igényeihez igazított gyakorlati tervet kidolgozni és végrehajtani [3], [30].



6. ábra
Az IATA szervezet logója [29]

Azok az utasok, akik minden évben a légi közlekedést választják, számíthatnak arra, hogy légitársaságok biztosítják őt abban, hogy biztonságosan eljussanak az úticéljaikhoz. Az utasok biztonságos utazása az iparágban érdekelték fáradhatatlan erőfeszítéseinek köszönhető. Az vállalatok közös összefogásával a légi közlekedés a legbiztonságosabb utazási formává vált az évek során. Világos azonban, hogy a kockázatokat nem lehet teljesen elkerülni vagy kiküszöbölni, és hogy annak ellenére, hogy a légiközlekedés mondhatni teljesen biztonságos, még mindig ki van téve valószínűtlen eseményeknek. Ha egy repülőgép elterelődik az útvonalától, megszakad a földi irányítással a kapcsolata vagy eltűnik, akkor ezen esetekben nagy szükség van a megelőző és a helyreállítás kezelésére szolgáló megoldásokra. Ezért egy naprakész vészhelyzeti intézkedési terv segítheti és irányíthatja a szervezeteket az ilyen események kezelésében és a helyreállításban. Ez kívül esik a biztonsági irányítási rendszeren, azonban a szervezet struktúrájának és eljárásainak kritikus eleme. Az Integrált kockázat- és ellenálló képesség-kezelési kézikönyv egyablakos rendszer, amely minden választ tartalmaz a vészhelyzetre való felkészültség minden aspektusának kezelésére. A kézikönyvet az IATA vészhelyzetre való reagálást tervező munkacsoportja dolgozta ki az IATA tag légitársaságokkal együttműködve. Ez az útmutató anyag rengeteg kritikus információval látja el a szervezeteket az eseményekre való helyes reagálással kapcsolatban [3].

⁵ IATA: International Air Transport Association – Nemzetközi Légi Szállítási Szövetség

3. Drónok szerepe a biztonság fenntartásában

A biztonsági kockázatok jelentős aggodalomra adnak okot a repülőterek számára. Akár az emberek, akár a helyszínen lévő berendezések és anyagok védelméről van szó, a létesítmények biztonságban tartása nem könnyű feladat. Egyes repülőterek még saját rendvédelmi és mentőszolgálattal is rendelkeznek ennek az összetett problémának a kezelésének érdekében. Mivel sok repülőtér hatalmas méretű, a területét gyalogosan vagy akár járművel is túl nagy kihívás felügyelni. Egyes repülőterek, még azzal a további nehézséggel is küzdenek, hogy a területükön belül mocsaras terület található.



*7. ábra
Járőrözési feladat végrehajtása drónnal [15]*

A drónok használata esetén azonban a nehéz terep nem jelent akadályt. Gyorsaságuknak köszönhetően pedig még a legnagyobb területeket is percek alatt le lehet fedni (a 7. ábrán járőrözési munka közben egy drón), sokkal gyorsabban, mint a biztonsági személyzet egyedül. A drónok alkalmazása a repülőtereken nagyon érzékeny téma, amely a repülésbiztonsági szempontoktól a jogellenes beavatkozásokkal szembeni védelemig (biztonság) terjed. Ez azonban nem változtat azon a tényen, hogy a drónok nagyon hatékony eszközök; sőt, egyesek szerint az utóbbi idők egyik legnagyobb technológiai forradalmának részét képezik. A pilóta nélküli légi járművek használata számos területen lehetőséggé vált, többek között az építőiparban, a topográfiaiban, a katonai alkalmazásokban és a sportban. A repülőterek esetében azonban ezek a gépek elég nagy kockázatot és problémát is tudnak okozni. Erre a problémára egyszerű a válasz: ma már bárki hozzáférhet drónokhoz, és ezek a berendezések, bár látszólag kicsik és ártalmatlanok, igen komoly katasztrófákat tudnak okozni. Erre nagyon jó példa az,

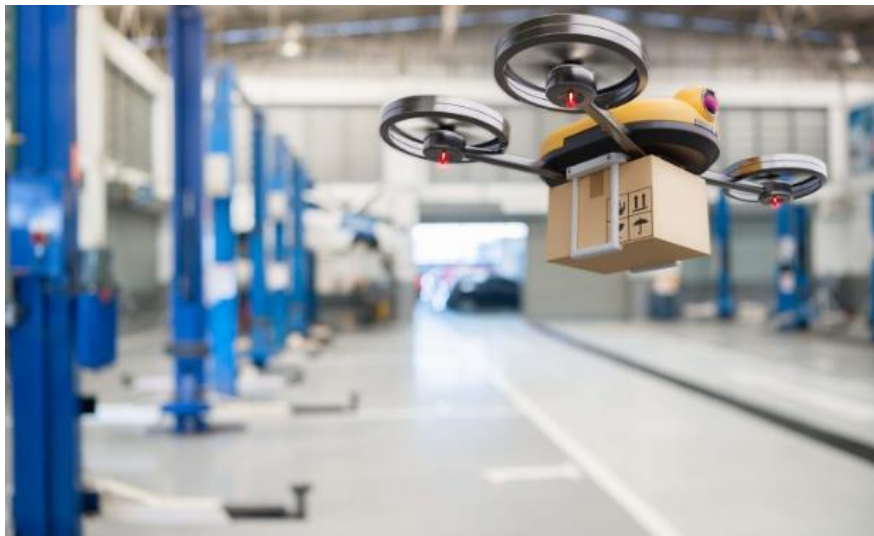
hogy ha beszív a hajtómű egy drónt, már annak a repeseménynek is halálos kimenetele lehet. Ezen okok miatt a főbb dróngyártók például letiltják a szenzitívebb területek (kormányzati, rendvédelmi szervek objektumai, repterek) felett a repülést GPS alapon. Az előbbiek a fő okai annak, hogy a repülőterek még mindig óvatosan járnak el, és nem is gondolkodnak a drónok használatán. Viszont, ha a drónokat megfelelő eljárásokkal és koordinációval alkalmazzák, és szakképzett személyzet üzemelteti őket, nagyon nagy mértékben tudnák a repülőterek hatékonysági mutatóját fentebb tolni. A drónok használata közvetlen veszélyt jelent egy repülőtéren elég sok szempontból, de a kutatások során hamarosan világossá vált, hogy a légiforgalmi irányító engedélyének birtokában, valamint a biztonsági és védelmi eljárások alkalmazásával a végrehajtásra szánt műveletek kockázatai jelentősen csökkennek továbbá az előnyök exponenciálisan meghaladták a kockázatokat. A drónok használata jobba teheti a repülőterek működési rutinját. Lehetővé válhat ezentúl az is, hogy olyan helyekre is be lehessen jutni, amelyek eddig a növényzet, az árvíz vagy más fizikai tényezők miatt nem voltak elérhetők a repülőtér közelében és kerítései között. Ennek eredményeképpen a veszélyeztetett területek most már könnyen felderíthetőek és ellenőrizhetőek. Továbbá érdemes adatbázist létrehozni az infrastruktúra felderítése során szerzett információkból és képekből, amik alapján a frissen beérkezett dokumentumokat össze lehet hasonlítani a korábbi ellenőrzések eredményeivel. Ez nagyban hozzájárulna ahhoz, hogy az esetleges anomáliák felderítésre kerüljenek, mivel a különbségeket egyből észre lehetne venni. A drónok alkalmazásával a futópálya foglaltsági ideje is csökkenhet, így nőhet a repülőtér névleges működési kapacitása- azaz több repülőgépet tud fogadni és útba indítani. A futópálya- és gurulóút-hálózat drónokkal történő teljes ellenőrzése (mint például a 8. ábrán látható légi felderítés) sokkal rövidebb időt vesz igénybe. Ugyanezeket az ellenőrzést legalább kétszer annyi idő alatt lehet elvégezni az üzemeltető alegységek járműveinek használatával, mivel azok a hagyományos járművek sokkal lassabbak, továbbá az ember sokkal nagyobb valószínűséggel nem vehet észre bármit, mint egy autonóm módon repülő drón. Emellett a légi járműveken dolgozó alkalmazottaknak nem kell ezzel a munkával foglalkozniuk, így több idejük marad más üzemeltetési feladatok végrehajtására. Az ellenőrzéseket továbbá gyakrabban lehet elvégezni, mivel költséghatékonyabbá válnak ezen megoldásoknak köszönhetően. A drónok egyes feladatokban a járművek használatát is felválthatják, ami lehetőséget nyújt az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére [4], [5].



8. ábra
Felderítő feladatot végrehajtó drón [16]

A fent említett okokból a reptereknek sikerülhet nagy arányban csökkentenie a karbantartó járművek működési költségeit az drónok alkalmazásával. A drónok eljuthatnak az emberek vagy járművek számára nehezen megközelíthető területekre, ahol akár a repülőtér állatvilágát is lehet tanulmányozni, és ezeket az adatokat tanulmányozva stratégiákat is ki lehet dolgozni a vadveszélyek ellen. A repülőterek által elfoglalt hatalmas területeket tekintve nem meglepő, hogy sok létesítményt érint a vadon élő állatok térhódítása. A futópályákon átfutó szarvasok, a hangárokból és raktárakból rekedt állatok, valamint a repülési műveleteket zavaró madarak meglepően gyakoriak. A drónok felhasználhatók a vadon élő állatok követésére és a személyzet figyelmeztetésére. Egyes dróngyártók még olyan speciális UAV-kat is terveztek, amelyek úgy néznek ki és úgy viselkednek, mint a madarak. Ezek a csapkodó szárnyú repülőgépek segítenek elkergetni a veszélyes területeken összegyűlő madarakat. Amikor elkezdtek megjelenni a piacon a modern drónok a fogyasztói társadalom számára, gyorsan szárnyra keltek a repülőgépek biztonságával és a levegőben történő ütközések lehetőségével kapcsolatos félelmek. A repülésirányítók különösen aggódtak, mivel a leszállás és felszállás alatt álló repülőgépek különösen nagy veszélynek vannak kitéve a jelen lévő UAV-k által. Legalábbis akkor, ha azokat a légtér szabályokat megszegő felelőtlen pilóták repülik. Ez olyan környezetet teremtett, ahol a drónok és a repülőterek egyszerűen nem illettek össze. Talán a legjobb példa a lehetséges problémákra 2018 decemberében történt, az angliai London mellett található Gatwick repülőtéren. Két napon keresztül kisméretű drónokat láttak repülni a repülőtéren és környékén. A potenciális veszélyre reagálva a repülőtér felső vezetése lezárta a futópályát és felfüggesztette az összes járatot. A kétnapos esemény következtében a légitársaságok mintegy 50 millió fontot veszítettek. Sajnos a drónpilótákat soha nem kapták el. Szerencsére ez a

félelemről szóló narratíva kezd megváltozni. Mivel az UAV-innovációk mindenhol, ahol alkalmazzák őket, tovább csökkentik a költségeket és javítják a hatékonyságot, nehéz elvitatni a drónok előnyeit. Ahogy az idő- és pénzmegtakarítás, valamint a biztonság növelése érdekében egyre nagyobb a nyomás, ennek hatására a repülőterek gyorsan adaptálják a drónokat. Ahogy a szabályozókat létrehozó hatóságok világszerte kezdik integrálni a drónokat nemzeti légterükbe, a drónalapú kiszállítások lehetőségei is egyre jobban előtérbe kerülnek. A repülőterek ideális jelöltek az UAV-alkalmazás előnyeinek kihasználására. Az ellátmányok, alkatrészek, poggyászok és bármi egyéb dolog szállításának szükségessége miatt a repülőtereknek minden nap kihívást jelent, hogy ezeket a tárgyakat eljuttassák időben oda, ahová kell. Az ilyen helyzetekben a drónok jelentősen növelik egy repülőtér logisztikai képességeit (egy példa a 9. ábrán). Egy repülőgép esetében például az idő pénz, azaz amíg áll, nem tud munkát végezni, az egy nagyon veszteséges folyamat. A vészhelyzeti alkatrészek hangárba repülése sokkal kevesebb időt vesz igénybe, mint azok mozgatása egy modern repülőtér amúgy is zsúfolt útjain és szervizalagútjain keresztül.



9. ábra
Drónok alkalmazása a logisztikában [17]

A repülőterek alapvetően minivárosok. Néhány a világ legnagyobb repülőterei közül saját postai irányítószámmal is rendelkezik. Ezek az óriások minden olyan infrastruktúrát és közműkezelést igényelnek, mint bármelyik modern nagyváros. Ezeknek az épületeknek, futópályáknak, áramellátása, vízellátása, csatornáinak és egyéb szolgáltatásainak a fenntartása teljes munkaidős feladat. Szerencsére a drónokkal ezeket a feladatokat sokkal könnyebben kezelhetővé lehet tenni. A drónok például képesek az épületeken az elhasználódás jeleinek

vizsgálatára a megfelelő optikai eszközökkel, továbbá akár a kommunikációs tornyok biztonságos ellenőrzésére - mindezt anélkül, hogy a szakembereknek veszélyes magasságokba kellene felmászniuk. Annak ellenére, hogy a drónok számos más felhasználási módja a repülőtereken még kutatás/ fejlesztés alatt áll, úgy tűnik, hogy ezen járművek és a repülőterek közti feszültség kezd elég erősen gyengülni. Ahogy telik az idő, a fejlesztéseknek köszönhetően az UAV-technológia olyannyira előnyössé és megbízhatóvá kezd válni, hogy a repülőtereken lévő drónokkal kapcsolatos aggodalmak kezdenek megszűnni. Ahogy ezek a félelmek átadják helyüket a jobb technológiának és a nyitottabb gondolkodásnak, valószínű, hogy a jövőben sokkal gyakrabban láthatunk drónokat a repülőtereken. A drónok és más UAV-k biztonsági ágazatban történő felhasználásáról az elmúlt években széles körű viták folytak. Az alkalmazás szabályozásával, a biztonsággal, a magánélet védelmével és a technikai kérdésekkel kapcsolatos bizonytalanságok aggodalomra adtak okot. Mindazonáltal a dróntechnológia az elkövetkező években csak növekedni fog biztosan. Az iparágak világszerte egyre inkább átveszik a dróntechnológiát a biztonság javítása, a hatékonyság növelése és az adatgyűjtés/ felderítés érdekében. A tisztán látható masszív növekedése a drónoknak a számos innovatív felhasználási lehetőségének tulajdonítható a biztonsági iparágban, ideértve az ezen eszközökkel történő megfigyelést, a fenyegetések felderítését, a vészhelyzetekre való reagálást és az adatgyűjtést a hasznosítható üzleti meglátások érdekében. Emellett a drónok iránt nagy a kereslet, mivel képesek potenciálisan veszélyes és megközelíthetetlen helyeken dolgozni. A drónok számos lehetőséget nyújthatnak a fizikai biztonságtechnológia eszközeként [5], [31].

3.1. A drónok előnyei a biztonság területén

Az autonóm üzemmód a legfontosabb előny, amelyet a mesterséges intelligenciával felvértezett drónok a fizikai biztonság számára biztosíthatnak. A drónokkal szemben az emberek lehetnek fáradtak, hajlamosak lehetnek a hibázásra, elveszíthetik a koncentrációjukat és elszalaszthatják a fenyegetéseket. Az autonóm UAV biztonsági rendszereket úgy lehet programozni, hogy megbízhatóan és folyamatosan működjenek, és gyorsan bevetethetők nagy területeken. Emellett autonóm fenyegetésekre való reagálást is tudnak biztosítani, például drónt küldhetnek a riasztás helyszínére, élő videót közvetíthetnek a biztonsági csapatnak, követhetik a menekülő gyanúsítottakat, és valós idejű nyomkövetési információkkal láthatják el a rendőrséget. Az automatikus akadályfelismerés, az ütközésselkerülés és a precíziós leszállási képességek tovább bővítik a drónok felhasználási eseteit ebben az összefüggésben. A drónok nagyon hatékonyan és gyorsan elvégezhetik a nagy esetenként veszélyes területek megfigyelésének fárasztó és

monoton feladatait, továbbá felderíthetik a nehezen hozzáférhető helyeket, és összegyűjthetik ott a potenciálisan veszélyes helyzetek értékeléséhez szükséges adatokat. Mivel a drónok a terepviszonyoktól függetlenül hatalmas területeket képesek lefedni, közelebb juthatnak a kritikus gócpontokhoz, anélkül, hogy az embereket veszélynek tennék ki, így mindezek által lehetővé teszik a kedvezőtlen események során a megalapozottabb döntések meghozatalát. Egy drón gyorsan átrepülhet a vitatott terület felett, észlelheti az ott megjelenő veszélyeket, és légi felvételeket, valamint valós idejű felvételeket készíthet. Ez lehetővé teszi a biztonsági személyzet számára, hogy felmérje a veszély szintjét és meghatározza a megfelelő válaszlépéseket. A drónok a bűncselekmény helyszínének átfogó lefedettségét is biztosítják, hogy a rendvédelmi szervek teljeskörűen tájékozódhassanak a helyzetről és felmérhessék a kockázatot, mielőtt bemenéskednének az incidens kezelésére. A sebesség egy másik előny. A drónok sokkal gyorsabbak, mint egy járőrkecsi vagy egy biztonsági tiszt, ami lehetővé teszi számukra, hogy nagyságrendekkel gyorsabban érjenek az incidens helyszínére, így mielőbb végre tudják hajtani a feladataikat.

3.2. A drónok alkalmazása a biztonság szavatolásában

A 24/7 felügyelet drónokkal nem újkeletű. A videós megfigyelésre használt biztonsági drónok praktikus és szükséges funkciókat láthatnak el az effektív munkavégzés aspektusából. A drónok az őrség kiegészítésére szolgálhatnak azáltal, hogy járőröznek a munkaterületeken és légi felvételeket készítenek az eszközökről, biztosítják az objektum határait és megakadályozzák a betöréseket. A mesterséges intelligencia dróntechnológiával integrálva a nap 24 órájában valós idejű adatfolyamot biztosíthatnak a biztonsági szolgálat számára. Az AI segítségével a drónok intelligensebbé válnak, és automatikusan képesek azonosítani a fenyegetést jelentő objektumokat, személyeket, ezzel figyelmeztetve a biztonságiakat a veszélyre. Emellett úgy is konfigurálhatók, hogy valós időben konkrét lépéseket kezdeményezzenek, ha veszélyes tárgyakat, fegyvereket, a területbe való behatolást vagy rendellenes viselkedést észlelnek. Az okos égi szemekkel a biztonsági személyzet bővítheti valós idejű helyzetfelismerését, miközben hatékonyabbá teheti emberi erőforrásainak felhasználását. Az AI videóelemzés lehetővé teszi számukra, hogy gyorsabb döntéseket hozzanak az incidensekre való reagáláshoz és távoli biztonsági műveletek végrehajtásához. A hatalmas területek lefedésére és a hasznos adatok begyűjtésére való képesség alkalmassá teszi az UAV-kat arra, hogy mindenhol felderítsék a fenyegetéseket, biztosítsák a terület védelmét, és akár nagy tömegek megfigyelésére is alkalmasak legyenek. A drónok a barátságtalan elemek elrettentésére is szolgálhatnak. A

repülőtéri parkolók biztosítása során a drónok össze tudják hasonlítani a rendszámtáblákat a nyilvántartásban szereplő rendszámtáblákkal, így segítve a biztonsági személyzetet a lopott autók kiszűrésében vagy az illetéktelen járművek azonosításában.

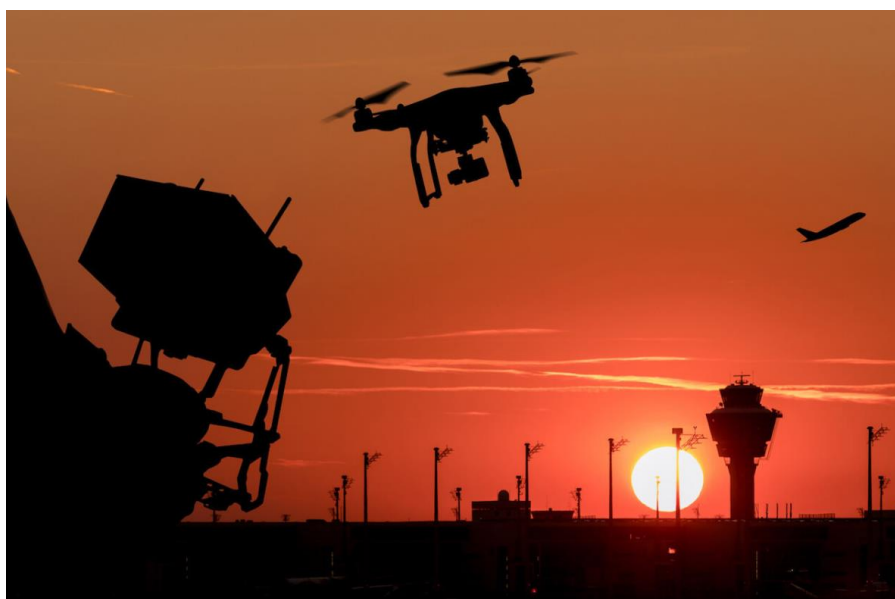
3.3. Járőrözések végrehajtása a levegőből

A drónok a fejlett biztonsági módszerek fontos részévé válhatnak a távoli őrzékek elvégzéséhez. Ez kritikus fontosságú az olyan helyszíneken, mint repülőterek, amelyek általában korlátozott távfelügyeleti rendszerrel rendelkeznek a nagy kiterjedésük miatt. A drónos járőrözések ütemezhetőek, hogy szemmel tartsák az objektumot, lehetővé téve a fenyegetés gyors észlelését és azonosítását. A biztonság megsértése esetén az autonóm, mesterséges intelligenciával működő drónok azonosítják a fenyegetéseket, és automatikusan riasztást küldenek, hogy a biztonságiak előkészülhessenek a mielőbbi beavatkozásra. A biztonsági csapatok élőben is követhetik a drónokat, és távoli felületükön elemezhetik a videós visszajelzéseket. Az AI megkönnyíti és automatizálja az adatgyűjtés folyamatát. Az AI-technológiával integrált drónok jobban megértik a környezetüket, pontosan feltérképezik a területeket, és pontos elemző visszacsatolást biztosítanak. Jó példa erre a folyamatos emberáramlás nyomon követése és annak számolása, nyilvántartása, hogy hányan lépnek be és hagynak el egy adott területet. Ez biztosítja, hogy a korlátozott kapacitású területek soha ne váljanak zsúfolttá és veszélyessé. Ez egy nagyon hasznos funkció tud lenni a repülőtéren. Környezeti veszélyek észlelésére is érdemes gondolni. A drón alkalmas az olyan környezeti veszélyek, mint a füst és a tűz messziről történő felismerésére. Olyan veszélyt is képes felismerni, amelyet egy személyzettel rendelkező biztonsági járőr aligha látott volna meg. Magasan repülve észrevehet egy füstfoszlányt, amely például a reptér egy távoli és nehezen megközelíthető területéről érkezhet. A drónok azonnal a kérdéses területre is küldhetőek, hogy tovább vizsgálják az esetet, és azonnal jelentést tegyenek az illetékeseknek [5].



*10. ábra
Tűzeset felderítése drónnal [18]*

Egy komolyabb esemény során, mint például egy olajszivárgás, vegyi szivárgás, vagy tűz esetén (lásd a 10. ábra) a drónok manuálisan is kiküldhetők a kibontakozó események megfigyelésére, és a biztonsági csapatnak felbecsülhetetlenül értékes helyzetfelismerést biztosítanak a veszélyes és dinamikusan kibontakozó eseményekről.



*11. ábra
Biztonsági drón feladatot hajt végre a reptér felett [19]*

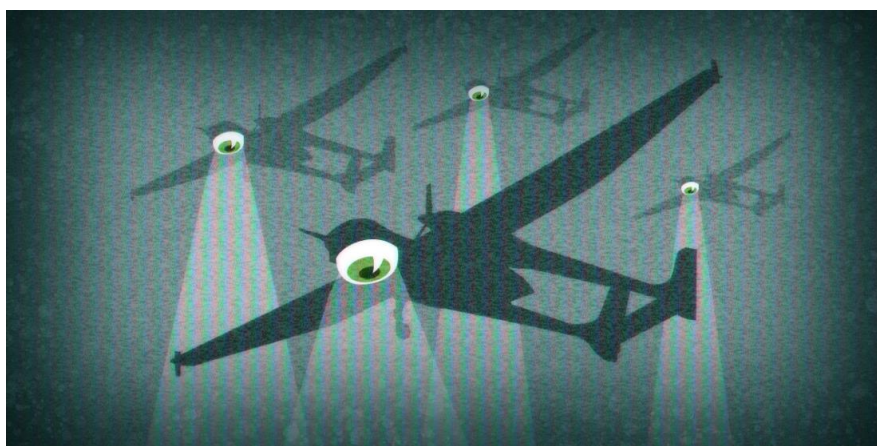
Egy személy, embercsoport, viselkedés, tevékenység, infrastruktúra, épület stb. szoros megfigyelése (11. ábra) irányítás, befolyásolás, irányítás vagy védelem céljából manapság kulcsfontosságú. A megfigyelésnek többféle módszere is létezik. A módszerek közé tartozik a GPS-követés, a kamerás megfigyelés és a fizikális megfigyelések.

A hagyományos megfigyelési módszereket jellemzően a kamera helyhez kötött jellege korlátozza. A kamerát ezért általában kézzel kezelik, vagy állványra, vagy más szerkezetre rögzítik. A helikopterrel végzett légi megfigyeléssel elérhető a kívánt eredmény, de nagyon költséges is és kevésbé rejtett. A pilóta nélküli légi járművek ideális megoldást jelentenek a más megfigyelési módszerek problémáira és korlátaira. A drónos megfigyelés rejtettebb, egyszerűbb, gyorsabb és olcsóbb adatgyűjtési módszert jelent. Következésképpen számos más kulcsfontosságú előnye is van. A drónok szűk és zárt terekbe is be tudnak jutni, minimális zajt keltenek, és éjjellátó kamerákkal és hőérzékelőkkel (ahogyan a 12. ábrán látható) is fel lehetnek szerelve. Ezeknek köszönhetően olyan képeket is alkalmasak szolgáltatni, amelyeket az emberi szemmel érzékelni nem lehetne, vagy csak nagyon nehezen. Az UAV-k gyorsan lefedhetnek nagy és nehezen megközelíthető területeket, csökkentve ezzel az illetékes biztonsági személyzet létszámát és költségeit. Ráadásul nem igényelnek sok helyet a kezelőik számára. Az UAV-k gyors reagálást és gyors „szemmel tartást” biztosítanak a célterület felett. Az operátorok élő adást is biztosítanak, miközben a célparaméterek, például a célpont hőjeleit monitorozzák és ez alapján aktív útpontkövetést végezhetnek. Az UAV egyik legfontosabb előnye a képgyűjtési képesség. A képek ideálisak felderítésre vagy gyors helyzetfelismerésre. Alkalmazása a biztonsági személyzet számára a potenciális fenyegetések biztonságos távolságból történő észlelésére és megfigyelésére szolgál. Az UAV-k a repülőtereken csökkentik a biztonsági őrök gyalogos járőrözésének szükségességét. További felügyeletet is biztosítanak olyan esetekben, amikor a kiküldött biztonsági őröknek cselekedniük kell a szabálysértők ellen [6].



12. ábra
Hőkamerával megfigyelt személy [20]

A sebesség, a méret, a manőverezhetőség és a rájuk szerelhető technológiák az UAV-kat a földi biztonság tökéletes részévé, alkotóelemévé avatják. Lehetővé teszik a biztonsági csapatok számára, hogy gyorsabban és hatékonyabban végezzék el a felügyeleti feladatokat. Emiatt a drónok versenyelőnyben vannak a helyhez kötött kamerákkal szemben, mivel a behatolók nem tudnak könnyen kilépni a látókörükből. Könnyedén lefedhetnek olyan területeket, amelyek általában elérhetetlenek (konceptiórajz látható a 13. ábrán).



13. ábra
Vázlat a drónnal történő megfigyelésről [21]

Az UAV-k fontos szerepet játszanak a biztonság és a védelem kritikus aspektusainak kezelésében a nagyszabású eseményeken. Például a rendezvények biztonsági infrastruktúrája, a nézők és a tömeg ellenőrzése, valamint a biztonság az általános egészségügyi és biztonsági

tervezéshez. Ez magában foglalja a kezdeti biztonsági kockázatértékelések elvégzését a testre szabott biztonsági infrastrukturális megoldások kidolgozásáig. A lefedett területek közé tartozik az általános biztonság, például a járművek megközelítése. A tereprendezés, a tűzoltási evakuálási eljárás és az eredeti épülettervezés kiigazítása szintén a tárgykörbe tartozik. A megfigyelés és a gyors reagálás mellett az UAV-k a helyszínek részletes vizuális dokumentálását is lehetővé teszik. Ez lehetővé teszi a hatékony elemzést, a kockázatkezelést és a biztonsági tervezést [6], [7].

4. Reptérkarbantartás drónokkal (FOD)

A repülőtereken jelentős problémákat okozhatnak az idegen tárgyak (FOD)⁶ – akár a legkisebb törmelékdarab is komoly veszélyt jelenthet a biztonságos repülőtéri működésre. Bár az intenzív nyomon követési és eltávolítási stratégiákat már végrehajtottak, számos az FOD-okkal kapcsolatos káresetet évente sok esetben regisztrálnak (egy kapcsolódó kampány logója a 14. ábrán látható). Lényeges a jobb megelőző intézkedések feltárása a következők érdekében a pénzügyi kockázatok csökkentése és a biztonságosabb légi közlekedés biztosítása érdekében.



*14. ábra
FOD kampány kép [22]*

⁶ Field Object Debris – a repülőgépekből/ repülőtéri eszközökből kiesett alkatrészek, tárgyak, objektumok, melyek repülésbiztonsági kockázatot jelentenek.

Az idegen tárgyak jelentős aggodalomra adnak okot mindazok számára, akik repülőgépeket üzemeltetnek. A futópálya törmelékei beszívódhatnak a repülőgépek hajtóműveibe, károsíthatják a külső felületeket, és évente több millió dollár értékű kárért felelősek. A legszélsőségesebb esetekben az FOD még olyan meghibásodásokhoz is vezet, amelyek az emberek életét veszélyeztetik. Az Egyesült Államok haditengerészete nemrégiben feltalált egy drónalapú rendszert a futópályákon található FOD azonosítására. A rendszer egy drón segítségével működik, amely képeket készít a futópályáról, amelyeket aztán összehasonlítanak a referenciaképekkel. A számítógép ezután azonosítja az esetlegesen törmeléknek minősülő eltéréseket, és személyzetet küldenek a veszély eltávolítására (egy takarítás „emlékei” a 15. ábrán). Ez a szabadalomra váró technológia egy napon minden repülőtér normál működésének részévé válhat guruloutak, futópályák állóhelyek tisztaságának az ellenőrzése [8].



15. ábra
Egy takarítás során előkerült nagy mennyiségű FOD [23]

Az FOD-hoz köthető egyik legtragikusabb baleset a Concorde katasztrófája (a 16. ábrán egy felvétel a tragikus katasztrófáról). 2000-ben az Air France Concorde-jának történelmi balesetében mind a 109 ember meghalt a fedélzeten, 4 fő pedig ott, ahol a becsapódás történt. A katasztrófa okozója egy másik repülőgépből kiesett alkatrész volt, ami felszállás közben

kilyukasztotta a repülőgép futóművét. A leszakadt gumidarab beszakította a tüzelőanyagtartályt és az így kiömlő kerozin begyulladt majd felrobbant.



16. ábra
Concorde légikatasztrófáját megörökítő fotó [24]

Ezt a tragikus eseményt követően, a repülőtéri főnökségek világszerte törekedtek a törmelékfelismerő és -eltávolító rendszerek fejlesztésére, hogy elkerüljék a hasonló tragikus eseményeket a futópályán. Idegen tárgyakból származó törmeléknek (FOD) minősül minden olyan tárgy, akár élő, akár nem élő, amely a repülőtér környezetében nem megfelelő helyen található, amely alkalmas arra, hogy a repülőtéren vagy a légiközlekedésben bármilyen kárt, sérülést okozzon. A jelenleg a repülőtereken előforduló gyakori törmelékek forrásai a következők: a repülőtéri infrastruktúra megrongálódott részei (felszakadt betondarab) különféle repülőgépből kizuhant tárgyak. A repülőgépről kiesett tárgyak, például poggyászcímkék, vagy véletlenszerű tárgyak, például műanyag és polietilén. anyagok, amelyek a szél vagy a környezeti jelenségek (szél) hatására a futópályára kerültek. A törmelék változhat méretben és típusban, a kis golflabdától akár a repülőgép egy nagyobb darabjáig. A Boeing becslése szerint az FOD-k jelenléte a futópályán évente körülbelül 4 milliárd dollár kárköltséget eredményez. Egyetlen sérült hajtómű megjavítása 250 ezer dollártól 10 millió dollárig terjedhet a hajtómű típusától függően. Ezen adatokból tisztán látszik az, hogy egy FOD által okozott káresemény milyen komoly összeggel terhelheti a légitársaságokat, nem beszélve arról, hogy ez a jelenség emberéleteket is veszélyeztet, nem is keveset. Az FOD-k továbbá nem csak a repülőgépekben, de a repülőterek infrastruktúrájában is komoly károkat tud okozni, amiknek a helyreállítása

szintén nagyon költséges feladat. A futópályák biztonságának javítása érdekében a repülőterek intenzív FOD-megelőző programokat terveztek meg és hajtottak végre [9], [10].

A drónok egyre nagyobb figyelmet kapnak a repülőtéri munkálatokban történő jövőbeni széleskörű használatra. Jelenleg jelentős előrelépések történnek ezen a területen, amelyek lehetővé teszik, hogy a drónokat könnyebben lehessen használni egy innovatív FOD-eltávolító rendszer elemeként. Mivel a futópályák felülete sík, nincsenek akadályok és bőséges szabad tér veszi körül őket ezen körülményeknek köszönhetően a drónok nagymértékben alkalmazhatóak a törmelék kiterjedt azonosításában. A drónok és az operátorok közötti valós idejű hálózati kommunikációt lehetővé téve ezeknek az eszközöknek képesnek kell lenniük a futópályán lévő idegen tárgy pontos helyének meghatározására. A drónok maguk is képesek lehetnek kifinomult módon lokalizálni ezeket a tárgyakat. Továbbá a drónok mechanikai tulajdonságainak fejlődése is ígéretes kilátásokkal kecsegtet. Ezeknek a drónoknak nagyon megbízhatónak kell lenniük, mivel elég kellemetlen szituációkat alkotna az, ha a FOD eltávolítására szánt drónok maguk is FOD-vá válnának munka közben. A megbízhatóságra jó példa lehet svájci székhelyű Flyability vállalat a „Gimball” nevű típusa (a 17. ábrán), amely az első ütközést tűrő drón, ami egy gömb alakú külső ketrecbe van szerelve, így a drón fő elemei nem sérülnek egy esetleges zuhanás során.



*17. ábra
Flyability Gimball típusú drónja [25]*

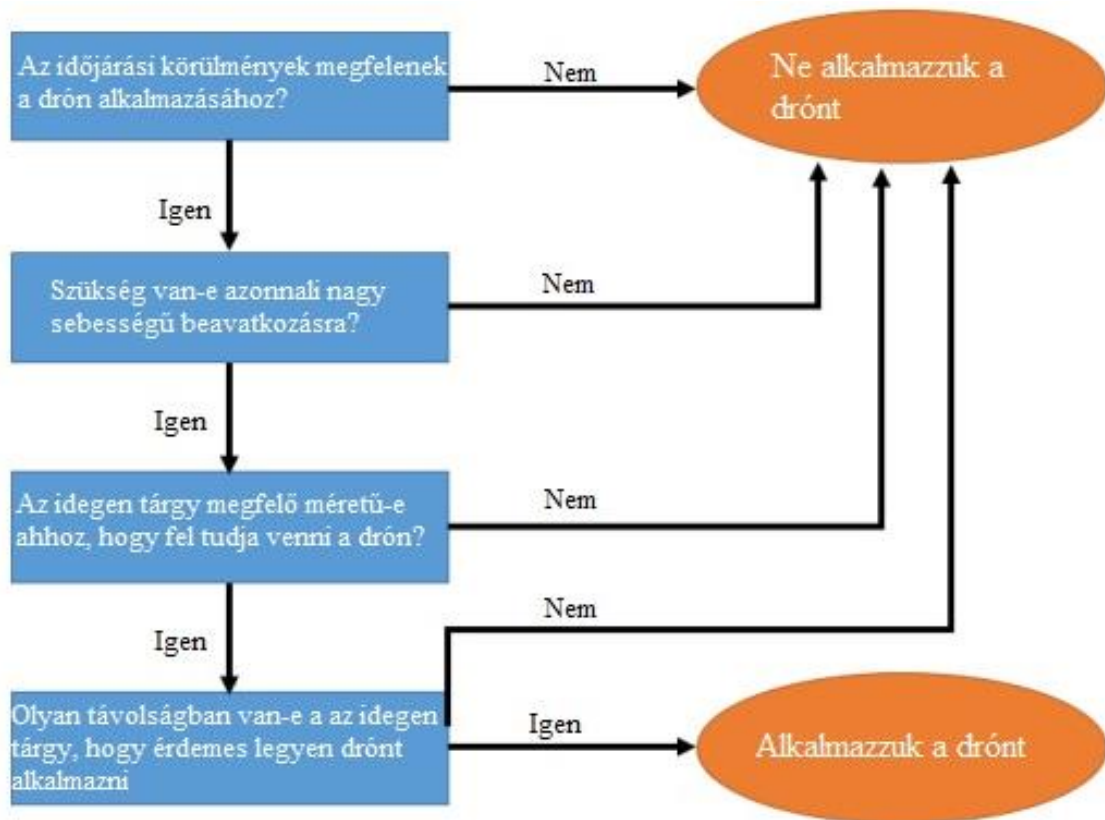
Fejlesztenek továbbá olyan típust is, ami mozgás közben történő (akár nagysebességű) pontos teherfelvételre is alkalmas. Ezt úgy kell elképzelni, hogy az FOD felett lebegve, vagy menet közben egy robotkar segítségével a drón felkapja az idegen tárgyat és eltávolítja az érzékeny területről. Ebből adódóan ígéretes ötletnek tűnik egy saskarom drónra történő felszerelése, amely nagy sebességgel képes a „hasznos terhet” (FOD) felvenni. A mechanizmus a ragadozómadarak karmának mozgását imitálja (ezt alátámasztó képsorozat a 18. ábrán), az alapján működik. A kutatások továbbá inkább elmennek abba az irányba, hogy menet közben szedjék fel ezek a drónok az idegen tárgyat, mivel ezzel időt és repülési időt spórolnak, amik hasznosak minden szempontból a repülőtér számára.



18. ábra
Ragadozómadarak karmának mozgását imitáló drón tesztelése [26]

E koncepciók ötvözése jelentős lehet mind a pontosság, mind a hatékonyság elérésében a futópálya törmelékeinek drónok általi eltávolítása során. Annak ellenére, hogy a fejlett szenzorok és az UAV-technológiák már léteznek, ez egy olyan kutatási terület, amelyet tovább kell fejleszteni, mert még kiforratlan és nagyon sok lehetőség rejlik bennük. A drónok amint a törmelékdarabot megtalálták és azonosították, a FOD-eltávolító csapat részlege meghatározza a következő lépéseket. A meglévő javaslatoktól eltérően, amelyek minden esetben robot kiküldését feltételezik, dönteni kell arról, hogy a törmeléket drónnal (új módszer) vagy földi járművel (hagyományos módszer) távolítják el. Az indoklás szerint irreális lenne, ha a légi járművekkel (vagy bármilyen automatizált robottal) minden egyes akadály elhárítása és a rendszeres karbantartási menetredek kiváltása nem lenne lehetséges: ehhez irreálisan nagy flottára lenne szükség ahhoz, hogy a lehetőség pénzügyileg és a megvalósíthatóság szempontjából életképes legyen. Bár az UAS-kutatás egy feltörekvő terület, amely az elmúlt

években sokat fejlődött, a drónok alkalmazása a FOD-eltávolításban még mindig feltérképezetlen terület. Az biztos, hogy a drónok hasznosak lesznek ad hoc helyzetű FOD eltávolításban.



19. ábra

Mentesítő drón alkalmazási lehetőségének vizsgálata (saját szerkesztés a [8] alapján)

A 19. ábra egy egyszerűsített folyamatábrát mutat be a konkrét eljárásról annak eldöntésére, hogy mikor lesz elfogadható a drón alkalmazása a feladatban. Az idegen tárgyak eltávolítására szánt drónokat olyan helyzetekben fogják bevetni, amikor ez a módszer előnyösebb, mint a már létező hagyományos módszerek (például a gépi söprés, amely végrehajtható a 20. ábrán látható gépjárművel és a kézi eltávolítás). A lehetséges forgatókönyvek közé tartoznak azok az esetek, amikor a törmelék kellően kicsi, sok van belőlük, vagy rejtett helyen van, törmelék túl messze van a karbantartó járműtől vagy állomástól, vagy amikor nagyon gyors beavatkozásra van szükség (például amikor egy futópályát nem lehet lezárni egy közeledő leszállás miatt). A drónokkal számos előnyt lehet biztosítani a FOD-ok ellen. Leginkább gyorsaságukat és az eltávolításhoz szükséges rövid általános időigényüket. A korlátok közé tartozik, hogy egy gép

egyszerre csak egy darab FOD-ot tud eltávolítani és hogy egyes törmelékek nem alkalmasak a felszedésre. (például méretük, tömegük, alakjuk miatt) ezekben az esetekben hagyományos járművekre van szükség azokat kell bevetni.

Az időjárás jelentős tényező: rossz látási viszonyok esetén (például eső, köd vagy hó) a drónok üzemeltetése nem biztos, hogy hatékony lesz, sőt, nagyon is valószínű, hogy további veszélyt jelenthetnek a repülőtér biztonságára. Továbbá a repülőtér zsúfolt időszakában, a drónok akadályozzák majd a légi járműveket a légi járművek „saját” útvonalán, viszont belegondolva ez mindkét eljárás esetén fennáll. Az akadályok eseteinél azt is figyelembe kell venni, hogy épp milyen időszak van a reptéren, mint például a csúcsidőszak [8].



*20. ábra
Futópályatakarító gépjármű [27]*

5. Konklúzió

Annak ellenére, hogy már fejlett technológiák léteznek, az emberi tényező fenntartását nem érdemes elvetni a mesterséges intelligencia mellett a takarítási folyamat közben. A tény, hogy a drón „mögött” van egy személy, aki felügyeli a tevékenységet, megnyugtató lehet a repülőtéri dolgozók, a pilóták és az utasok számára egyaránt. Sokan állítják, hogy a légiközlekedés a legbiztonságosabb közlekedési mód, talán ezért nem éri meg még jelenleg azt bevezetni, hogy ezek a tevékenységek teljesen autonóm módon legyenek végrehajtva. Ha ennek a tevékenységnek az összes követelménye teljesül, és a drónokkal végrehajtott eljárásokat

jóváhagyják, a drónpilóták feladata lesz az eljárás irányítása és ellenőrzése, a teljes felügyelet. A drónok irányítása "táv működtetési" folyamat: mivel a légi járművek a fedélzeten tartózkodó pilóta nélküliek, a manőverezési eljárásokat a helyszínen kívül, egy távoli irányítóteremben fogják végrehajtani. A drónok üzemeltetése egy nagyon emberigényes módszer. A jelenlegi követelmények szerint a légi járműveket két operátornak kell üzemeltetnie: a gépparancsnoknak, aki a manőverezési eljárásokat végzi, és a vizuális megfigyelőnek, aki a csatlakoztatott kamerát, kamera rendszert használja a környezet értelmezésére. A drónpilóták és a légiforgalmi irányító személyzetnek szorosan együtt kell majd működniük. Mivel a drónoknak biztonságosan kell közlekedniük a repülőtér légterében, a légiforgalmi irányítónak kell gondoskodnia az akadálymentes közlekedésről. A két egység közti folyamatos kommunikáció elengedhetetlen, a többi biztosító részleg tájékoztatása is létfontosságú.

A bevetendő drónok száma különböző tényezőktől függhet, mint például a repülőtér kapacitása, a futópályák mennyisége, hossza és elhelyezkedése, valamint az FOD gyakorisága. Feltételezhető, hogy minden drónállomásra kis számú drónt telepítenek. A drónállomások, amelyek azok a bázisok lesznek, ahonnan a drónok feladatvégrehajtásra indulnak és ahová visszatérnek, stratégiaileg a repülőtér körül lenne célszerű elhelyezni. Ezek az állomások úgy lesznek kialakítva, hogy innen a repülőtér minden területét ésszerű időn belül el lehessen érni. Az elhelyezés helyének kidolgozásakor figyelembe kell venni az eddig összegyűjtött, az összes FOD-előfordulásról szóló korábbi adatokat. Az összes ilyen esemény helyét egy adott pontban címkézni, és rögzíteni kell a térképen úgy, hogy tartalmazza a törmelék típusát is. Ezen információk felhasználásával egy pontos képet lehet arról kapni, hogy merre érdemes a drón bázist/ bázisokat létesíteni, telepíteni. Érdemes lehet több különböző típust is alkalmazni, ha az anyagi háttér megengedi, mivel nagy az esélye annak, hogy nem mindig ugyanakkora méretű tárgyak fognak a futópályára „pottyanni”, ebből adódóan a felszedési manővereknek is különbözniük kell. Például a meglévő technológia alapján egyes drónoknak saskarmos felszedési képességgel kell rendelkezniük, míg másoknak quadcopterrel támogatott függőleges felszedési képességgel. A különböző helyzetekre való reagálás érdekében minden drónállomás eltérő jellemzőkkel rendelkező légi járműveknek kell rendelkezniük, azaz az egyik bázison például a saskarmos, másikon a quadcopteres függésből működő típus legyen. Továbbá, hogy a légi járművek repülés közben láthatóak legyenek, a teljes flottát fel kell szerelni helyzetjelző lámpákkal és az azonosítást elősegítő transzponderrel, hogy a drónt a légiforgalmi irányítás és a földi mentesítő egység pontosan nyomon követhesse. Mint minden repülőgépet, a drónokat is rendszeres és megelőző karbantartásnak kell alávetni. Következésképpen a repülőtérnek új

részleget kell létrehoznia a drónok karbantartására. A fentiekén túlmenően az állomásozó drónok mellett további drónokkal kell bővíteni a flottát, amelyek "biztonsági készletként" működnek majd egy modern repülőtér mindennapjaiban [8], [11].

6. Ábrajegyzék

1. ábra	<i>A biztonság értelmezésének egy módja</i>	5
2. ábra	<i>Egy Kelet-Nyugat tájolású, 27-es számozású futópálya</i>	7
3. ábra	<i>Egy téli, havas gurulóút</i>	8
4. ábra	<i>Forgalmi előtér, állóhely, apron</i>	9
5. ábra	<i>Az ICAO logója</i>	10
6. ábra	<i>Az IATA szervezet logója</i>	13
7. ábra	<i>Járőrözési feladat végrehajtása drónnal</i>	14
8. ábra	<i>Felderítő feladatot végrehajtó drón</i>	16
9. ábra	<i>Drónok alkalmazása a logisztikában</i>	17
10. ábra	<i>Tűzeset felderítése drónnal</i>	21
11. ábra	<i>Biztonsági drón feladatot hajt végre a reptér felett</i>	21
12. ábra	<i>Hőkamerával megfigyelt személy</i>	23
13. ábra	<i>Vázlat a drónnal történő megfigyelésről</i>	23
14. ábra	<i>FOD kampány kép</i>	24
15. ábra	<i>Egy takarítás során előkerült nagy mennyiségű FOD</i>	25
16. ábra	<i>Concorde légikatasztrófáját megörökítő fotó</i>	26
17. ábra	<i>Flyability Gimbal típusú drónja</i>	27
18. ábra	<i>Ragadozómadarak karmának mozgását imitáló drón tesztelése</i>	28
19. ábra	<i>Mentesítő drón alkalmazási lehetőségének vizsgálata</i>	29
20. ábra	<i>Futópályatakarító gépjármű</i>	30

7. Felhasznált irodalom

- [1] Szun-Ce: A háború művészete, Budapest, Helikon kiadó kft, 2016.
- [2] Palik Mátyás, „A Repülésirányítás Alapjai” Dialog Campus Kiadó, Budapes, Elérhető: [https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/Palik%20M%C3%A1ty%C3%A1s%20\(szerk.\).pdf](https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/Palik%20M%C3%A1ty%C3%A1s%20(szerk.).pdf) (Letöltés dátuma: 2022. 07. 22.)
- [3] IATA, „What you Need to Know About Aviation Security?”, Elérhető: <https://www.iata.org/en/publications/newsletters/iata-knowledge-hub/what-you-need-to-know-about-aviation-security/> (Letöltés dátuma: 2022. 06. 05.)
- [4] Consortiq, „5 Major Ways Airports are Using Drones.”, Elérhető: <https://consortiq.com/uas-resources/5-major-ways-airports-are-using-drones> (Letöltés dátuma: 2022. 07. 08.)
- [5] Airborne Drones, „Surveillance & Security Drone.”, Elérhető: <https://www.airboredrones.co/surveillance-and-security/> (Letöltés dátuma: 2022. 07. 12.)
- [6] Scylla, „How Drones Are Used to Optimize Physical Security”, Elérhető: <https://www.scylla.ai/how-drones-are-used-to-optimize-physical-security/> (Letöltés dátuma: 2022. 07. 15.)
- [7] Fernando A. de Castro, Fabio M. da Silva, Kleyton M. Peixoto, „Drones: Allies in airport operations”, Elérhető: <https://www.internationalairportreview.com/article/162389/drones-allies-in-airport-operations/> (Letöltés dátuma: 2022. 07. 18.)
- [8] Hiromichi Yamamoto, Rana Abdel Sattar, Jessie Wang, Luis F. Mendez, „Drone-enabled Foreign Object Debris (FOD) Removal System in ad hoc Situations”, Elérhető: https://vsgc.odu.edu/acrpdesigncompetition/wp-content/uploads/sites/3/2018/11/Operation_2nd-Place_Rakas.pdf (Letöltés dátuma: 2022. 08. 08.)
- [9] CSATF, „RECOMMENDED GUIDELINES FOR SAFELY WORKING AROUND UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS (UAS)”, Elérhető: https://www.csatf.org/pdf/36ADDENDUM_A.pdf (Letöltés dátuma: 2022. 08. 10.)
- [10] FAA, „Foreign Object Debris Program”, Elérhető: https://www.faa.gov/airports/airport_safety/fod/ (Letöltés dátuma: 2022. 08. 18.)
- [11] ACRP, „Current Airport Inspection Practices Regarding FOD (Foreign Object Debris/Damage)”, Elérhető: http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp_syn_026.pdf (Letöltés dátuma: 2022. 08. 25.)

- [12] AVweb, „Runway Markings”, Elérhető: <https://www.avweb.com/flight-safety/proficiency/runway-markings/> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 02.)
- [13] MoD Russia, „Su-34 and MiG-31BM air battles took place in the Chelyabinsk Region”, Elérhető: https://eng.mil.ru/en/news_page/country/more.htm?id=12328902@egNews (Letöltés dátuma: 2022. 09. 10.)
- [14] VPK, „Su-34 bombers flew for the first time from the reconstructed Baltimore airfield in Voronezh”, Elérhető: https://vpk.name/en/562321_su-34-bombers-flew-for-the-first-time-from-the-reconstructed-baltimore-airfield-in-voronezh.html (Letöltés dátuma: 2022. 09. 11.)
- [15] Melaaha Featured 2, „Aerial Security Surveilling”, Elérhető: https://melaaha.ae/services_group/melaaha-featured-2/ (Letöltés dátuma: 2022. 09. 13.)
- [16] CAP Vertical, „TIMELAPSE SYSTEMS”, Elérhető: <https://www.capvertical.com/en/material/our-timelapse-systems/> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 15.)
- [17] Nordic Semiconductor, „How SMEs Can Get Started With Industrial IoT” Elérhető: <https://blog.nordicsemi.com/getconnected/industrial-iot-for-smes> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 16.)
- [18] FT, „Chinese drone maker DJI halts Russia and Ukraine operations”, [Online] Elérhető: <https://www.ft.com/content/789628ba-9277-4d54-be57-aed5b8459c99> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 16.)
- [19] ASSAURE, „Detect And Avoid”, Elérhető: <https://assureuas.org/capability/detect-and-avoid/> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 17.)
- [20] go2fly, „Hökamera”, Elérhető: <https://go2fly.hu/tag/hokamera/> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 20.)
- [21] ANDRÉS ARRIETA, „Over-the-Horizon Drones Line Up But Privacy Is Not In Sight”, Elérhető: <https://www.eff.org/deeplinks/2022/08/over-horizon-drones-lineup-privacy-not-sight> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 20.)
- [22] Containerresearch, „FOD” Elérhető: <http://containerresearch.blogspot.com/> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 21.)
- [23] Fodcontrol, „What Is FOD?”, Elérhető: <https://www.fodcontrol.com/what-is-fod/> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 22.)
- [24] Elaine Cobbe, „French Court Overturns Continental Airlines Conviction in Concorde Crash”, Elérhető: <https://www.voanews.com/a/french-court-overturns-continental-airlines-conviction-in-concorde-crash/1555691.html> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 22.)
- [25] Spehere Drones, „Flyability”, Elérhető: <https://spheredrones.com.au/collections/flyability> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 23.)

- [26] Nancy Owano, phys.org, „Eagle-eyeing researchers design swooping quadrotors with claws” Elérhető: <https://phys.org/news/2013-03-eagle-eyeing-swooping-quadrotors-claws-video.html> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 25.)
- [27] Tymco, „Industrial Sweeping”, [Online] Elérhető: <https://www.tymco.com/sweepers/industrial-sweeping> (Letöltés dátuma: 2022. 10. 01.)
- [28] ICAO logó, Elérhető: <https://www.icao.int/Pages/default.aspx> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 28.)
- [29] IATA logó, Elérhető: <https://www.iata.org/> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 10.)
- [30] ICAO, „Aviation Security Policy Section”, Elérhető: <https://www.icao.int/Security/SFP/Pages/default.aspx> (Letöltés dátuma: 2022. 09. 10.)
- [31] Adam Stone, „Drones as Security Tools”, Elérhető: <https://www.securitymagazine.com/articles/96562-drones-as-security-tools> (Letöltés dátuma: 2022. 10. 02.)
- [32] Dr. Hadnagy Imre József, „A biztonság korszerűértelmezése - avagy a biztonság ma már sokkal bizonytalanabb, mint korábban bármikor”, Elérhető: <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/135-a-biztonsag-korszeru-ertelmezese-avagy-a-biztonsag-ma.pdf> (Letöltés dátuma: 2022. 10. 20.)