

HORVÁTH TAMÁS\* – ÖRDÖGH ATTILA\*\* – BORKÓ MÁTÉ\*\*\*

# DRÓNDETEKTÁLÓ FEJLESZTÉS



1. ÁBRA.  
Drónraj szimulációs  
teszt, Budapest  
(A szerzők felvétele)

## AZ ELSŐ PILÓTA NÉLKÜLI JÁRMŰVEKET NAGY-BRITANNIÁBAN ÉS AZ USA-BAN TERVEZTÉK AZ I. VILÁGHÁBORÚ ALATT.

A brit gyártmányú Aerial Target egy kis méretű, rádióvezérelt légi jármű volt, amelyet 1917 márciusában teszteltek először. Ezzel párhuzamosan fejlesztették az amerikai Aerial Torpedo elgondolás alapján a Charles Kettering tervezte Kettering Bug elnevezésű eszközt, amely 1918 októberében repült először. A Bugot felszállás után robotpilóta irányította a kijelölt cél irányába, majd azt elérve a motor leállt, a szárnyak leváltak, és a robbanóanyaggal töltött test rázuhant a megsemmisítendő célra. (2. ábra) Annak ellenére, hogy mindkét eszköz ígéretes eredményeket produkált, végül egyiket sem vetették be a háború során.

A két világháború között elsősorban a britek folytattak érdemi fejlesztéseket a rádióvezérelt légi járművek terén. 1935-ben elsősorban céltárgyként használták az eszközöket légvédelmi lövészyakorlatokhoz, amelyekhez hasonlókat az USA-ban is gyártottak, és ugyanerre a célra alkalmazták.

**ÖSSZEFOGLALÁS:** Az utóbbi évtizedben a drónpiac robbanásszerű fejlődésnek és rendkívül széles elterjedésnek indult. Míg a drónok néhány évvel ezelőtt még a modellezők hobbi-célú játékaiként számítottak, addig napjainkban már széles körben alkalmazzák azokat (többek között távvezetékek vizsgálatára, légi fotózásra, videózásra, élő közvetítésekre, veszélyes helyek megközelítésére, áruszállításra stb.). A polgári felhasználás mellett a katonai műveletek során is jelentős szerepet kaptak az olcsón előállítható és könnyen üzemeltethető drónok. Az engedély nélküli felhasználásuk által okozott potenciális veszély mértéke is megnőtt. Tanulmányunkban ezen esetek preventív lehetőségeire, a rosszhaszemű használat visszaszorítására, illetve a védelmi ipari fejlesztésekre fókuszálunk, bemutatva a különböző drónelhárítási és detektálási lehetőségeket, kitérve a BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. által fejlesztett dróndetektáló rendszerre.

**KULCSSZAVAK:** UAV, VTOL, ISM, FPV, BVLOS, RF szenzor, aktív/passzív radar, mikro-Doppler, szenzorfüzió

**ABSTRACT:** Over the past decade, the drone market has exploded and spread widely. While a few years ago drones were considered as a hobby, nowadays they are widely used (e. g. inspection of power lines, aerial photography, videography, broadcasting, approaching dangerous places, transport of goods, etc.). In addition to civilian use, cheap to produce and operate drones also played a significant role in military operations. Furthermore, the potential danger caused intentionally or unintentionally by their unauthorised use increases. In this article, we focus on the preventive possibilities of these cases, the reduction of malicious use and defence industrial developments, presenting the various drone prevention and detection options, including the drone detection system developed by BHE Bonn Hungary Electronics Ltd.

**KEYWORDS:** UAV, VTOL, ISM, FPV, BVLOS, RF sensing, active/passive radars, micro-Doppler, sensor fusion

\* Hardvertervező mérnök, MSc., Aerospace and Defense Project Manager, BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. ORCID: 0009-0002-2590-2599

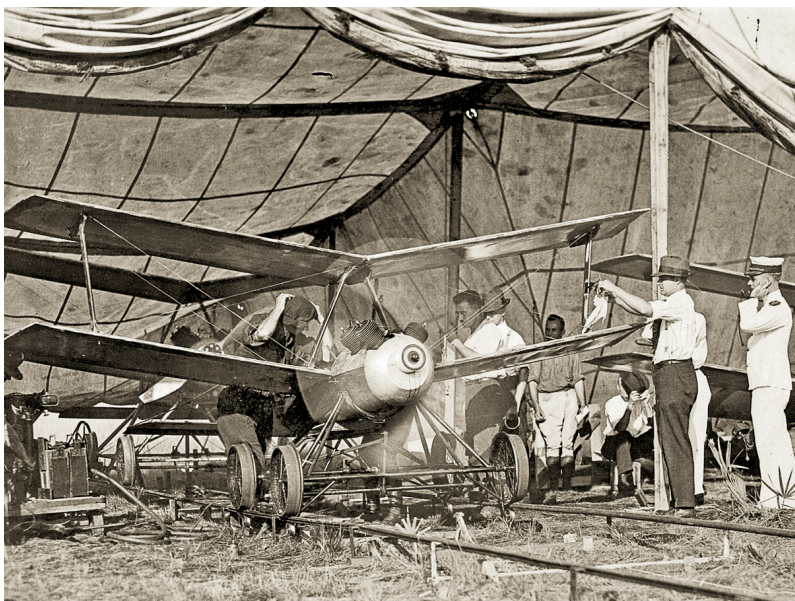
\*\* Távközlési mérnök, BSc., CUAS Projekt Manager, BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. ORCID: 0009-0004-6211-8247

\*\*\* Villamosmérnök, MSc., Project Manager, BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. ORCID: 0009-0005-0585-0551



2. ÁBRA.

A Charles F. Kettering amerikai mérnök tervei alapján épült Bug repülő torpedó [1]



A felderítő és megfigyelő drónok a vietnámi háború során jelentek meg először nagy mennyiségben. Ezek a járművek már sokkal fejlettebbek voltak elődeiknél: rakétatámadást tudtak indítani, illetve hosszabb repülési idővel és nagyobb repülési magassággal rendelkeztek. [1] [2]

Az UAV-k (Unmanned Aerial Vehicle – pilóta nélküli légi jármű) nem csak a katonai felhasználás szempontjából jelentenek értéket. Az utóbbi évtizedben egyre könnyebben érhető el bárki számára ez a technológia: a piacon sorra jelennek meg a különböző kis méretű, nagy hatótávolságú drónok, amelyeket bárki megvásárolhat.

A drónok egyre növekvő száma mellett a diverzitásuk is növekszik: a kívánt alkalmazásnak megfelelően számos típusú és méretű drón kapható a különféle forgószárnyú megoldástól (multikopterek) a merevszárnyú eszközöktől, a VTOL-képességűtől (Vertical Take-Off and Landing – függőleges fel- és leszállás) a hagyományos felszállásúig. Olcsó előállításuk, könnyű irányításuk és egyszerűbb üzemeltetésük miatt elsősorban a forgószárnyas drónok kerültek a figyelem középpontjába.

Az intelligens, önvezető technológiák napjainkban egyre nagyobb szerephez jutnak. Az önvezető autók mellett a légi forgalom (áruszállítás,<sup>1</sup>

anyagmozgatás, személyszállítás, utazás) is egyre hangsúlyosabb.

2016-ban jelent meg az első önvezető személyszállító UAV-konceptió, amely jól mutatja a szektor fejlődésének potenciálját és irányát. Az egyre növekvő számú drónok a legális és jóhiszemű használat mellett a rossz szándékú, sőt kifejezetten károkozó célú felhasználás is tapasztalható, amelynek hatására a drónok napjaink egyik kiemelt veszélyforrásává váltak. [3]

Ez utóbbiak eklatáns példái a háborús- és válságövezetek mellett a közelmúltban történt incidensek, amelyeket a közszereplők ellen átépített, de üzletek polcairól beszerezhető drónokkal indítottak. [4]

Figyelembe véve a drónok egyre növekvő számát, egyre könnyebb kezelhetőségét, egyre nagyobb hatótávolságát, repülési idejét és teherbíró képességét, az egyre csökkenő árakat, valamint az interneten terjedő oktatási anyagokat, továbbá a nemzetközileg egységes szabályozás hiányát – könnyen belátható, hogy a drónok által képviselt potenciális veszély rohamos arányban növekszik.

Ahhoz, hogy a rosszindulatú alkalmazások ellen védekezni tudjunk, először azonosítanunk kell ezen felhasználások kategóriáit. A veszély többféle módon jelentkezhet a csempészet

különböző irányzataitól (határon átnyúló, börtönbe, zárt létesítményekbe irányuló) a veszélyeztetésen át a szándékos pusztításig.

Veszélyeztetett területek a teljeség igénye nélkül (a kritikus infrastruktúrák): [5]

- repülőterek,
- erőművek,
- védett intézmények (pl. határátkelőhelyek, bankszféra, energetikai ellátórendszerek, távközlési csomópontok, gáz és olajfinomítók stb.),
- tömegrendezvények.

A rádióengedély nélkül használható frekvenciasávokban működő különféle vezeték nélküli átvitelt használó eszközök (pl. a PMR-rádiók [Personal Mobile Radio – személyi mobil rádió], UAV-k) alkalmazása nem kötődik engedélyhez vagy regisztrációhoz,<sup>2</sup> ezért a rosszindulatú felhasználók, valamint a bűnözői körök is széles körben használják ezen megoldásokat. Megfelelő detektáló eszköz hiányában a védelmi feladattal megbízott szervek nem, vagy csak túl későn szereznek tudomást az illegális cselekményről (egy átlagos drón sebessége 20 m/s, de a DJI FPV közel 40 m/s sebességre is képes lehet [6]), így nincs módjuk a szükséges intézkedések megtételére.

Az érintett területek közelében naponta tapasztalható illegális drónhasználat, ennek ellenére válaszlépések általában csak akkor születnek, ha incidens történik. Jó példa a 2018. decemberi gatwicki eset [7], ahol a repteret ért incidenst követően mindkét londoni reptéren drónfelderítő és -elhárító rendszert telepítettek. Figyelembe véve, hogy napjainkban a drón-detektálás még jelentős fejlődés előtt álló, fiatal szakterület, a publikusan elérhető információk korlátozottak.

Mint említettük, a legnagyobb problémát a kis méretű, kis bekerülési költségű drónok használata jelenti szabotázs és veszélyes helyzet előidézésére. Egy néhány százezer forintos drón is képes lehet 400–500 g robbanószert szállítani, és a cél felett megfelelő pontossággal ledobni. Külön veszélyt jelent a „házi készítésű” drónok alkal-

<sup>1</sup> <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/amazon-prime-air-delivery-drone-reveal-photos> (Letöltve: 2023. 10. 24.)

<sup>2</sup> A frekvenciahasználatuk tipikusan a szabad felhasználású ISM-sávban (Industrial, Scientific and Medical – ipari, kutatási és egészségügyi elektronikus berendezések, illetve alkalmazások számára jelölték ki) történik.

mazása, amelyek adott esetben nem a standard, szabványosított rádiófrekvenciákat használják, vagy a megnövelt kommunikációs hatótávolság miatt magasabb adóteljesítményt alkalmaznak.

Belátható tehát, hogy a drónok rosszindulatú felhasználása elleni védekezés kritikus fontosságú. A légtérfigyelés, illetve a légi járművek detektálása már a II. világháborúban megkezdődött: az első lokátorokat először a britek alkalmazták légvédelmi feladatokra. [8] Azóta a rádiolokátorok, illetve a radarok széles körben elterjedtek civil és katonai alkalmazásra egyaránt.

Az aktív radarokon felül, az 1930-as években elindultak az első kísérletek a passzív radarokkal kapcsolatban is. Ezek az eszközök nem bocsátanak ki elektromágneses hullámokat, hogy azok visszaverődéséből állapítsanak meg a céltárgyra vonatkozó következtetéseket, hanem oly módon képesek objektumokat észlelni és nyomon követni, hogy a környezetben előforduló forrásoktól (pl. analóg-digitális műsorszórás) származó reflexiókat vizsgálják. Ezen rendszerek óriási előnye, hogy nem kötöttek rádióengedélyhez, ezáltal bárhol és bármikor telepíthetők és üzemeltethetők. Katonai szempontból még nagyobb előnyük, hogy a kisugárzás alapján nem felderíthetők és nem támadhatók.

Mind az aktív, mind a passzív radarok alkalmasak nagy méretű földi és légi járművek, továbbá kis méretű drónok vagy akár emberek detektálására és klasszifikálására, de az alkalmazásuk módja szerint kompromisszumokat kell kötni.

A passzív detektálásnak egyéb módja is létezik, ugyanis a drónok kommunikációra és videókép-sugárzására használt frekvenciatartománya bemérhető, majd iránymérő algoritmusok segítségével a forrás iránya meghatározható. A pontos pozíció ismeretéhez három mérőeszköz szükséges: a három mérési eredmény alapján a céltárgy(ak) pontos (GPS-pozíció) helyzete egyértelműen meghatározható. Ez a legelterjedtebb drón-detektálási

megoldás, a piacon előforduló berendezések zöme ily módon működik.

A BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. munkatársai egy ilyen iránymérő detektort fejlesztettek ki,<sup>3</sup> a későbbiekben ezt részletesen bemutatjuk.

A passzív és aktív szenzorok együttes alkalmazásával, továbbá adott esetben optikai kamerával, akusztikus szenzorral kiegészítve egy komplex, minden igényt kielégítő detektáló rendszer hozható létre, amely nagy hatótávolsággal és jó megbízhatósággal képes a drónok érzékelésére, pozíciójuk megjelenítésére.

Alapvető elvárás a drón-detektáló berendezéssel szemben a napszaktól és az időjárási viszonyoktól független, folyamatos és megbízható üzemeltetés.

Objektum típusú védelem esetén lényeges egy védőzóna kialakítása, amely fizikailag elkerített, őrzött területet jelent. Ezen a területen belül már védekező lépésekre van szükség. A detektálásnak a védőzónán kívül kell megtörténnie, figyelembe véve a környezetet és a szenzorcsoportok nagyságát/komplexitását, valamint a szenzorcsoportok hibaszázalékát is. A támadóeszközt a védőzónán belül már hatástalanítani kell.

Fontos, hogy a rendszer legyen képes kezelni a rajban megjelenő drónok veszélyét is. Legyen szó akár független, akár központilag irányított, akár egymással kommunikálni képes drónokról, a több eszköz által jelentett potenciális veszély hatványozott. Az objektum védelmének tervezésénél, a berepülést végző drón sebességének függvényében figyelembe kell venni az érzékelőzóna nagyságát, a szenzorok hatótávolságát. A védelmi rendszernek nem lehetnek vakfoltjai – ezeket megfelelő rádióterjedési és egyéb mérési szimulációk révén kell megtervezni –, felderítő képessége nem lehet korlátozott egyetlen berepülő eszközre, mert így a védendő objektum védtelen maradna a más irányból érkező eszközökkel szemben.

A fentiekben túlmutatóan a környezeti sajátosságok (terepviszonyok, vá-



3. ÁBRA.  
A BXDD10 iránymérő terepi tesztje Zichyújfalu határában, érzékelési távolság: ~6000 m (A szerzők felvétele)

rosi környezet stb.) is nagyban befolyásolják a jelek mérhetőségét (fading jelenségek,<sup>4</sup> többutas terjedés stb.) és azonosíthatóságát.

Az alábbiakban bemutatunk néhány, a piacon elérhető drón-detektáló berendezést.

### R&S ARDRONIS

Ez a német rendszer a távirányítás (RC – Remote Controller) jeleinek detektálására képes, illetve azok (mind a drón, mind a pilóta) irányát is meghatározza. Az eszköz működése azonban korlátozott, ugyanis csak az FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum – Frekvenciaugratásos szórt spektrumú hozzáférés) modulációval ellátott vezérléseket érzékeli. A rendszer képes klasszifikálni is a drónokat, ugyanis egy adatbázis alapján az FHSS-jeleket meg tudja különböztetni. Ezt az adattárat folyamatosan frissíteni kell, a rendszer ugyanis csak ilyen módon lesz naprakész („monitor and match” funkció). A rendszer képes a videójel dekódolására, ezáltal ugyanaz a kép megjeleníthető, amelyet a pilóta is lát.

### ApolloShield

Az ARDONIS-hez hasonlóan az izraeli ApolloShield rendszer az RC kommunikációs csatorna által használt RF (Radio frequency – rádiófrekvenciás)

<sup>3</sup> NKFI által meghirdetett pályázat – 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00187 azonosító számú, a „Rádióengedély nélkül működtethető rádió távirányítású eszközök és rádió berendezések sugárzása detektálására, valamint a sugárzás helyének meghatározására szolgáló iránymérő rendszer fejlesztésére” – keretein belül.

<sup>4</sup> Fading jelenség: rádióvételnél fellépő, a rádióhullámok interferenciája miatti hangerő-ingadozást okozó jelenség.



## HIVATKOZÁSOK

- [1] Palik Máttyás, Rohács József. UAV, UAS, RPA, drón, robotrepülőgép – új technológiák alkalmazása 1. rész, Haditechnika, 56. évf. 2022/5. szám, pp. 19–24. <https://doi.org/10.23713/HT.56.5.04>
- [2] Palik Máttyás, Rohács József. UAV, UAS, RPA, drón, robotrepülőgép – új technológiák alkalmazása 2. rész, Haditechnika, 56. évf. 2022/6. szám, pp. 21–26. <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.04>
- [3] Oszváth Sándor. A Magyarország területén lehetséges drónalapú támadások szakmai és biztonsági kérdései, Haditechnika, 55. évf. 2021/2. szám, pp. 52–55. <https://doi.org/10.23713/HT.55.2.10>
- [4] <https://www.washingtonpost.com/news/post-nation/wp/2015/01/26/when-a-drone-crashed-in-front-of-germanys-angela-merkel/> (Letöltve: 2023. 10. 24.)
- [5] Chovančíková, N., Dvořák, Z., Leitner, B. Safety indicators as a basis for increasing the resilience of critical infrastructure, Haditechnika, 55. évf. 2021/3. szám, pp. 25–30. <https://doi.org/10.23713/HT.55.3.04>
- [6] <https://www.droneblog.com/what-is-the-fastest-dji-drone/> (Letöltve: 2023. 10. 24.)
- [7] <https://www.theguardian.com/uk-news/2020/dec/01/the-mystery-of-the-gatwick-drone> (Letöltve: 2023. 10. 24.)
- [8] Sárhidai Gyula, Hajdú Ferenc. A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézetből a HM Technológiai Hivatalig. HM Technológiai Hivatal, 2005, pp. 67–70.
- [9] <https://www.blighter.com/products/auds-anti-uav-defence-system/> (Letöltve: 2023. 10. 24.)
- [10] 448/2023. (X. 3.) Korm. rendelet A pilótánélküli légi jármű-védelem veszélyhelyzeti intézkedéseiről, Magyar Közlöny, 2023/140. szám.
- [11] US Air Force Museum, Public domain, via Wikimedia Commons. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8e/Kettering-bug-1.jpeg> (Letöltés: 2023. 11. 03.)

(pl. radar, kamera stb.) által szállított észlelési és nyomkövetési információk kezelésére, és képes azok ugyanazon a felhasználóbarát grafikus felületen (Graphical User Interface – GUI) történő megjelenítésére. (5. ábra)

A berendezés fix, vagy gépjárműre telepíthető, illetve hordozható kivitelű is lehet. Karbantartási költsége alacsony – mert nem tartalmaz forgó mechanikus alkatrészeket –, illetve időjárásálló kialakítású (az ODU esetében), továbbá működését teljes egészében saját fejlesztésű hardverek és szoftverek biztosítják.

3 × BURW10 (KÜLTÉRI EGYSÉG: OUTDOOR UNIT – ODU)

10 GB ETHERNET (SZÁLOPTIKAI VEZETÉKES HÁLÓZAT)



PC (BELTÉRI EGYSÉG: INDOOR UNIT – IDU)

ETHERNET  
(VEZETÉKES HÁLÓZAT)



PC TERMINÁL (GRAFIKUS FELHASZNÁLÓI FELÜLET:  
GRAPHICAL USER INTERFACE – GUI)

A rendszer szabad rálátás mellett ~6 km hatótávolságig is képes UAV-t észlelni és annak irányát meghatározni (ha a drón legalább 100 mW adóteljesítménnyel rendelkezik), míg a távirányító észlelése akár 1500 m-ig lehetséges szabad rálátás és 100 mW adóteljesítmény mellett. Pozícióbecslés legalább kettő érzékelő egyidejű használata mellett lehetséges.

A felhasználó igényeinek megfelelően a rendszer képes riasztásjelzést adni (automatikus értesítéssel) SMS-ben vagy e-mail-ben. A rendszerintegrációhoz – igény szerint – titkosított, szabványos interfész is elérhető, valamint az Ethernet interfészének köszönhetően helyi és távoli vezérlés, valamint felügyelet is elérhető.

### MŰKÖDÉS VALÓS KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

Tanulmányunk végén szeretnénk kitérni arra, hogy a 2023. október 3-án megjelent Magyar Közlöny [10] szerint Magyarországon is megkezdődik a kritikus infrastruktúrák drón elleni védelmének felmérése, annak kiépítése. Fontos feladattá válik a technológiailag alkalmas beszállítókon keresztül nemcsak a megfelelő védőzónák kialakítása a kijelölt intézményekben, létesítményekben, hanem ezen rendszerek folyamatos üzemben és karbantartása is. A BHE a közelmúltban – számos rendvédelmi szerv jelenlétében –, az Állampisztai Országos Büntetés-végrehajtási Intézet Vezetőinek hathatós támogatásával végrehajtott egy, az objektumvédelem szempontjából értékelhető tesztet. A forgatókönyv alapján több drón, több irányból repült a védendő objektum felé. A detektáló rendszerünk számára nem

csak az volt a feladat, hogy észleljen – adott esetben – 3 db UAV-t a levegőben különböző irányokban, hanem, hogy azok kezelőit, vezérlőit is a megfelelő szögekben észlelje és azzal egyidőben klasszifikálja. (1. ábra)

A sikeres végrehajtás után, a távolsági tesztek következtek, amelyek alkalmával egy DJI Mavic 2 pro-t közel 5,5–6 km-ről vezettek az objektum felé úgy, hogy közben vezérlője körülbelül 200 m-rel lemaradva, mögötte haladva egy gépjárműből irányította azt. Itt érdemes megemlítenünk, hogy a szenzor előterében 20–30 m magas fák voltak, valamint a kiemelési nagysága nem érte el a 3 m-t. Az elfogásra végül 3,8 km-en került sor, míg vezérlőjét 1200 m-en detektálta és klasszifikálta a BHE BXDD10 UAV RF rendszer.

### ÖSSZEGZÉS

Az eddigiek alapján kijelenthető, hogy a drónok detektálása nem triviális feladat, minden igényt kielégítő, olcsó és egyszerű megoldás jelenleg nem azonosítható. A dróntechnológia folyamatos fejlődése kihívás elé állítja a civil és katonai-védelmi ipart egyaránt, lépéseket kell tenni a veszélyt jelentő új technológiák beazonosítására, és megelőző stratégiák alkalmazása szükséges ezekkel szemben. A különböző detektálási módszerek közül a passzív rádiófrekvenciás iránymérés terjedt el a legszélesebb körben, annak számtalan előnye miatt.

Mivel világszerte az egyes kormányzati szervek jelentős lépéseket tesznek a drónok használatának szabályozására, ezért a közeljövőben a dróndetektálásra szánt eszközök elterjedése, fejlődése is egyre nagyobb léptékben növekedésnek indul. ■

5. ÁBRA.  
A BHE BXDD10 UAV RF  
detektor és iránykereső  
rendszer áttekintése  
osztott topológiával