

MANGA László¹

DRÓNOK ÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETEIK, AVAGY SZÓBA JÖHETNEK-E EGY ESETLEGES NUKLEÁRIS BALESET ESETÉN

(DRONES AND THEIR APPLICATIONS, RESP. CAN THEY BE CONSIDERED IN CASE OF A NUCLEAR ACCIDENT)

A drónok elsősorban a katonai alkalmazásnak köszönhetik megjelenésüket és fejlődésüket. Hamar felismerést nyert azonban az a tény, hogy nemcsak a katonai, hanem a civil életben is ki lehet használni előnyös tulajdonságukat. Még korábban a katonai célokra megfelelően, inkább csak a merevszárnyú típusok terjedtek el, manapság megtalálhatók a precíziós egyedi feladatokra kifejlesztett forgószárnyas, több rotoros és egyéb működési elven (léghajó típusú, csapkodó szárnyú stb.) működő pilóta nélküli légi jármű is. Alkalmazhatósága már bizonyított harcászati-, katasztrófavédelmi-, baleseti-, egyéb felderítési területeken. A következőkben megvizsgálásra kerül, hogy a felderítésen belül szóba jöhet-e a sugárfelderítői funkció.

Kulcsszavak: drón, UAV, konstrukció, nukleáris baleset, sugárszennyezettség

Development and improvement of drones has been primarily driven by military application. The fact that their several beneficial features are very well applicable not just in military but also in civil life has been recognized in a short time. Earlier, according to the military requirements the fixed wing drones were the most pervading types, but nowadays there can be also found rotary wing, multirotor, and other unmanned aerial vehicle constructions (blimp, flapping wing, etc.) designed for specialized tasks. Its applicability has been proven in military, disaster recovery, accident, and other reconnaissance areas. Hereinafter it will be investigated, whether a radiance surveillance function within reconnaissance can come into question.

Keywords: drone, UAV, construction, nuclear accident, radioactive contamination

BEVEZETÉS

Amikor a hatékony energiatermelésről beszélünk, nem mehetünk el a nukleáris energiában rejlő lehetőségek mellett. A mai napig nagyon sok ország – véleményem szerint joggal – a nukleáris energiában látja a folyamatosan növekvő energiaigény kielégítését. Rengeteg előnye mellett, azonban nem mehetünk el annak veszélyessége mellett sem. Az eddigi alkalmazása során ugyanis – sajnálatos módon – történtek súlyos balesetek pl.: Csernobil, Fukushima, amiből tanulnunk kell. A szakmával foglalkozók mindent elkövetnek a prevenció jegyében és a fejlesztések is ebbe az irányba mutatnak, azonban mégis célszerű felkészülni a legrosszabb esetre, azaz egy esetlegesen bekövetkező nukleáris balesetre. Beláthatjuk, hogy az ilyen esetekben – a környezet és az élővilág védelme érdekében – minél több információra van szükség a lehető leggyorsabban és legpontosabban. Ezzel tudjuk ugyanis a döntéshozóknak megkönnyíteni a különböző intézkedések meghozatalát és megakadályozni a további károkat.

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, doktorandusz. E-mail: mangalaci@indamail.hu ORCID: 0000-0003-1672-7629

Ilyen esetekben számos lehetőség állhat rendelkezésünkre: előre telepített távmérőrendszerek, in situ mintavételi és mérőrendszerek, terjedésszámító és modellező rendszerek stb. A következőkben feltételezve, hogy e rendszerek csak részben vagy egyáltalán nem működnek, vizsgálnám a drónok bevetettségének lehetőségét. A gyakorlatban ugyanis a helyszínek a telepített mérőrendszerek sok esetben nem elérhetőek, vagy igen nagy radioaktív sugárzással kellett számolni, ami az élőerő bevetettségét nagyban befolyásolhatja.

DRÓNOKRÓL ÁLTALÁBAN

A drone angol szó jelentése: here, azaz fullánk nélküli, mézet nem termelő, kizárólag a méhkirálynő megtermékenyítésére alkalmas hím méh. Mivel a kifejezés a méhekhez kapcsolódik, ezért a zúgás, zümmögés jelentést is elkezdte hordozni [1, 2].

A komolyabban vehető magyarázat szerint a drone, magyarul drón a következők miatt kapta meg a pilóta nélküli repülőgép jelentést. Az angol Királyi Légierő (Royal Air Force) elkezdett kifejleszteni egy gyakorlatozási célokra használatos, távirányított repülő célpontot, amelyet egy Queen Bee (Méhkirálynő) becenevű repülőgép átalakításával alkottak meg. Azok a robotrepülőgépek, amelyeket a „Méhkirálynő” eltalálására, kilövésére vetettek be, logikusan a drone (here méh) nevet kapták. Hamarosan ez a képi háttérű, szemléletes kifejezés ráragadt mindenféle pilóta nélküli repülőgépre [2].

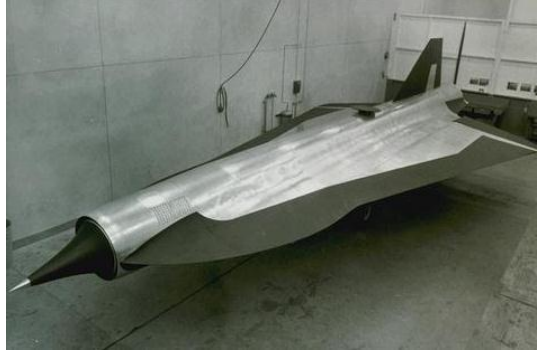
A távolról irányított repülőgépek, a drónok a pilóta nélküli repülőgépek egy alcsoportjába tartoznak. A pilóta nélküli repülőgép angolul Unmanned Aerial Vehicle, UAV, am. „személyzet nélküli légi jármű” olyan légi jármű, amely nem igényel irányító személyzetet, a repülést önállóan, emberi beavatkozás nélkül végzi. A Remotely Piloted (Aerial) Vehicle, RPV, „vagy Remotely Piloted Aircrat System, RPAS, a „távolról irányított (légi) jármű” egy olyan szerkezet, amely egy távolról irányított repülőgépből, a repülőgépre felszerelhető, konfigurálható eszközökből a szükséges irányító, vezérlő egységekből és minden egyéb a repülés bármely időszakában szükségessé váló eszközökből, rendszerekből áll [3].

Az először katonai feladatokra alkalmazott repülőeszköz, ön- vagy távirányítással (leggyakrabban a kettő kombinációjával) rendelkezik és a harci robotok egyik fajtájához sorolják [4]. Ellentétben a robotrepülőgéppel, mely – lévén saját maga a fegyver – használatakor megsemmisül [5], a pilóta nélküli repülőgép, léghajó vagy helikopter többször is felhasználható.

Drónok fejlődése, katonai alkalmazása

Még az első világháború idején világossá vált, hogy minden információ az ellenfél mozgásáról, pozíciójáról fontos szerepet játszhat a csata sikeres kimeneteléhez. Hogy jobban kifigyeljék az ellenfelet először megfigyelőket küldtek a magaslatokra, de a kommunikációs eszközök hiányával ez nem mutatkozott nagyon hatásosnak. A háborúk későbbi szakaszában rendszerezítették a felderítő ballonokat. Ezek egy picit javítottak a helyzeten, mert sokáig maradhattak a levegőben, és nem érthette őket a gyalogsági tüzérség. Hasonló taktikán alapult a második világháborúban a zeppelinek, de itt már fejlődött a technológia és a felderítő repülőgépek el voltak látva rádió eszközökkel így jelenteni tudták az ellenfél pozícióját és irányítani tudták a tüzérséget.

A világháborúk utáni szakaszban, elkezdett fejlődni a légvédelem és nagy veszélynek voltak kitéve a felderítő repülőgépek és helikopterek. E miatt született meg az ötlet a pilóta nélküli repülőgépek alkalmazására. Az ilyen gépek használatával nem voltak veszélynek kitéve az emberi életek. Az első drónokat az amerikai hadsereg kezdte használni a 60-as években. Ez volt a Lockheed cég D-21-nek (1. ábra) elnevezett pilóta nélküli repülőgép [6].



1. ábra: Lockheed cég D-21-nek elnevezett pilóta nélküli repülőgépe [7]

A 70-es években az izraeliek az amerikaiaktól vettek (titokban) 12 db Firebee 1241 típusú drónt (2. ábra). Az innovatív izraeliek ezeket 1973-ban felfegyverkeztek és használták az egyiptomiak ellen. Ezek a gépek lokátor ellenes Shrike rakétákkal voltak felszerelve. Ez volt a világ első fegyvert hordozó drónja [6].



2. ábra: Firebee 1241 típusú drón [8]

Ez után tovább tartott a drónok fejlődése és az amerikai Ryan SPA 147 volt az első hosszútávú alkalmazható drón a világon. Ez a drón képes volt 9 óra hosszáig a levegőben maradni és több mint 18.000 méter magasságról fotózni. Majd Izrael elkezdte a saját pilóta nélküli repülőgép építését. Ezeknek az izraeli készítésű drónok között leghíresebbé vált a Scout (3. ábra) elnevezésű drón ami hírességét a kis alakjának, valós idejű videó küldésével (360 fokban) és kis radar láthatóságának köszönheti.



3. ábra: Izraeli Scoutdrón [9]

A Scout nagyon fontos szerepet játszott az 1982-beli Szíriai háború idején, amikor a tőle kapott adatok segítségével az izraeliek csapatát mérték a Szíriai légvédelemre [6].

A Pioneer nevű pilóta nélküli repülőgépet is, az izraeliek készítették. A 90-es évek elején még az amerikaiak is vettek belőle és sikeresen használták a Sivatagi Vihar hadműveletben. Ez a drón még most is szolgálatban van, bár lassan nyugdíjazták a 25 év használata után. Izrael híres még pár drón építéséről ilyenek pl. az Orbiter, Firebird 2001, Skyhawk (4. ábra) [6].



4. ábra: Izraeliek által gyártott drónok 2012-ig [6]

Ha valaki említi a drónokat, az emberek többsége, mindjárt az amerikai Predatorra gondol. Ez a gép 1994-ben szállt fel először, és 1995-ben már élesben használták szerbek ellen a boszniai háború idején. A Predator vagy is RQ1 (5. ábra) 24 órán keresztül tud a levegőben maradni és közben nagyon jó minőségű valós idejű képet tud küldeni éjjel-nappal.



5. ábra: Amerikai gyártmányú Predator (RQ1) [10]

A kamerák mellett megtalálható rajta SAR (synthetic aperture radar). A Predatort először feldeírítésre tervezték, de idővel ellátták AGM-114 Hellfire irányított páncéltörő rakétákkal (valójában ez az ok, amitől a Predator olyan híres lett). Az AGM-114 Hellfire irányított páncéltörő rakétákkal jól lehet különböző fontos célokra (terroristákra a kocsikban, légvédelmi állásokra, stb.) [6].

Utódja a MQ-9 Reaper (6. ábra) (egyesekek Predator-B-nek nevezik). Ez a drón, a predatortól abban különbözik, hogy több fegyvert bír, nagyobb hatótávolságra vinni és jobb az elektronika is [6].



6. ábra: Amerikai gyártmányú MQ-9 Reaper [11]

RQ 4 vagy közismertebb nevén a Global Hawk (7. ábra), az amerikai légierő stratégiai pilóta nélküli repülőgépe. Ennek a drónnak a hatótávolsága 25.000km és 36 órát bír a levegőben tartózkodni, több mint 800km/h sebességgel. A legnagyobb repülési magassága 20 000 m. Ez a gép 13,50 m hosszú, magassága 4,60 m a tömege pedig 3850 kg [6].



7. ábra: RQ 4, Global Hawk [12]

DRÓNOK KONSTRUKCIÓ SZERINTI OSZTÁLYOZÁSA

A drónokkal kapcsolatos irodalomba számos osztályozási szempontot figyelhetünk meg. Osztályozhatjuk őket méret, felhasználás, felhasznált hajtómű [13], egyes paramétereik [14] (repülési idő, maximális sebesség, csúcsmagasság hatósugár, stb.) és számos egyéb paraméter alapján. Nem igazán találni viszont olyan osztályozást, ahol a helyből fel- és leszállásra képes eszközöket rendszerezik az alapján, hogy milyen módon oldották meg a tervezők a helyből

fel- és leszállást. Pedig egy ilyen összehasonlító elemzés sok esetben hasznos lehet a drón képességeinek, előnyeinek hátrányainak megismerésében végső soron a felhasználási területek kiválasztásában. Amennyiben a konstrukciós megoldások elkülönülése érdekében a vízszintes repüléskor használt szerkezetet vesszük figyelembe, akkor a következő négy fő kategóriát különböztethetjük meg:

1. Merevszárnyas: A „merevszárny” ebben az esetben azt jelenti, hogy vízszintes repüléskor - amikor a szárnyak termelik a felhajtóerőt - a repülőgép tengelyeihez képest a szárnyak helyzete nem változik. Egyéb repülési helyzetben viszont előfordulhat a szárny helyzetének a megváltoztatása. Mivel a merevszárnyas konstrukció önmagában általában nem alkalmas a helyből felszállásra, ezért valamilyen kiegészítéssel sikerül a függőleges fel- és leszállás képességét elérni. Ennél a konstrukciónál a nagyobb végsebességet, nagy csúcsmagasságot és a viszonylag nagy hatótávolságot lehet előnyösen kihasználni [15].
2. Forgószárnyas: Ha forgószárny felelős a vízszintes repüléskor a felhajtóerőért, akkor szinte minden esetben ez felelős függeszkedéskor is a felhajtóerőért. Klasszikus helyből felszálló konstrukció. Azonban még a pilóta vezette repülő eszközöknél leginkább az egy- vagy két rotoros konstrukciók terjedtek el, vezetónélküli változatban nagyon népszerű a kettőnél több rotor alkalmazása, mivel ilyen esetekben a rotornak sem ciklikus, sem kollektív állásszög állíthatósággal nem kell rendelkeznie. A kormányzás az egyes motorok fordulatszámának változtatásával megoldható. Hátránya azonban nagy energiafelhasználás, komolyabb hatótávolság és hosszú repülési idő egyelőre nem látszik elérhetőnek. Bár a rotorok száma tulajdonképpen tetszőleges lehet, mégis a nyomaték-kompensáció miatt célszerű páros számú (páronként ellentétes irányba forgó) rotort alkalmazni. Ezért a legegyszerűbb elrendezés a négy rotoros, vagy más néven Quadrotor (8. ábra bal oldala). A rotorok számát növelve könnyen növelhető a hasznos terhelhetőség mértéke. Egy hat rotoros Hexakopter elrendezés látható a 8. ábra jobb oldalán [15].



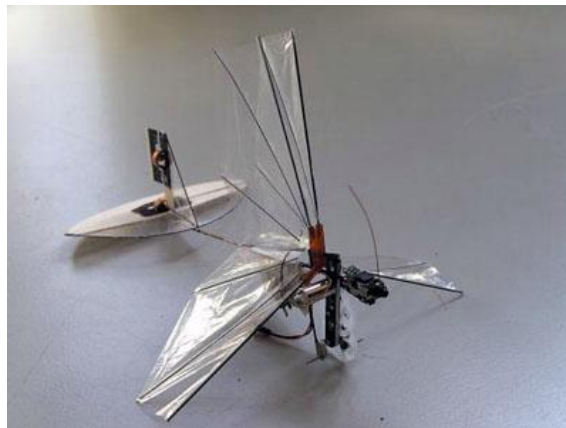
8 ábra: DraganFlyer X4 quadrotor, Hexakopter [16, 17]

3. Levegőnél könnyebb: Ebbe az osztályba gyakorlatilag a léghajók (9. ábra) tartoznak, ahol a felhajtóerő előállításáért valamilyen levegőnél könnyebb gáz a felelős [15].



9 ábra: Lockheed léghajó [18]

4. Kísérleti, egyéb: Ez az osztály jellemzően olyan megoldásokat tartalmaz, amelyek nem terjedtek el szélesebb körben (10 ábra), még akkor sem, ha egy-egy műhely már dolgozik konkrét megvalósításon, de tényleges (nem laboratóriumi) alkalmazhatóságuk egyelőre még nem bizonyított [15].



10 ábra: DelFly [19]

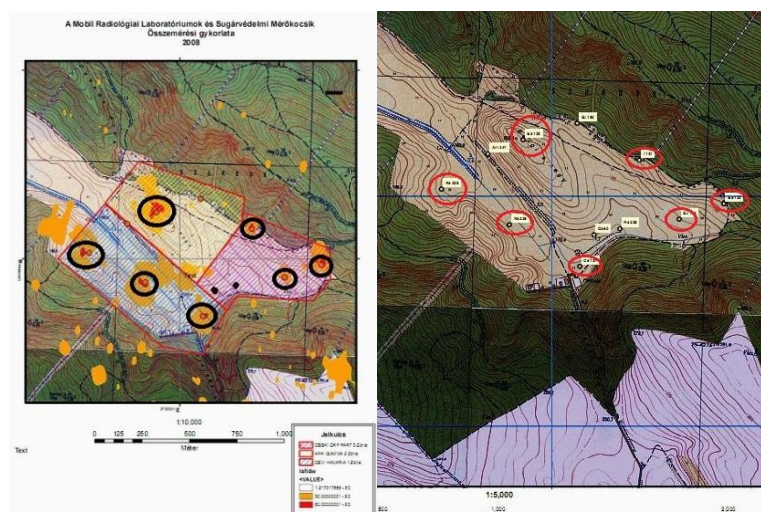
DRÓNOK NUKLEÁRIS TERÜLETEN VALÓ ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK TAPASZTALATAI HAZAI ÉS NEMZETKÖZI VONATKOZÁSBAN

A légi sugárfelderítés katonai alkalmazását a gyorsaság és a hajózó állomány távolságvédelme miatt kezdetben a merev szárnyú és a harci helikoptereken tervezték alkalmazni. Erre született egy magyar szabadalom [20], amelynek alapján a Gamma Műszaki Zrt. ipari kivitelben gyártja a RABV (11. ábra bal oldala) sugárfelderítő rendszer UAV-ra [21], továbbá a LABV Légi ABV-felderítő rendszer (11. ábra jobb oldala) harci helikopterre [21] telepített változatát.

A légi sugárfelderítő rendszer korszerűsített változata alkalmas az elveszett vagy elloptott radioaktív sugárforrások felkutatására is, pontosság tekintetében egyenértékű a földi felderítéssel (12. ábra), lehetőségek tekintetében pedig messze felülmúlja [22].



11 ábra: RABV Sugárfelderítő rendszer UAV-ra, LABV Légi ABV felderítő rendszer [21]



12 ábra: A légi és a földi felderítés eredményeinek összehasonlítása a szennyező részleg telepítési vázlatával [22]

Nemzetközi viszonylatba a merevszárnyú és forgószárnyas konstrukciók mellett egyre nagyobb teret hódítanak a több rotoros nukleáris területen is bevethető drónok. Ennek egyik eklatáns példája az angolok által fejlesztés alatt álló ARM (Advanced RISC Machine) rendszert magába foglaló hat rotoros drón (13. ábra bal oldalán) vagy az ugyancsak az angol Bristol Egyetemen fejlesztés alatt álló négy rotoros AARM (Advanced Airborne Radiation Monitoring) rendszert tartalmazó drón (13. ábra jobb oldalán). A biztonságos bevethetőségük esetén még vannak nyitott kérdések ilyen probléma pl. az extrém nagy sugárzásnak ellenálló elektronika.



13 ábra: Angol fejlesztés alatt álló sugárfelderítő drónok [23,24]

Drónok a környezeti radioaktív sugárzás mérésének szolgálatában

A drónok új lehetőségeket nyithatnak meg a környezeti radioaktív sugárzás mérésében is. Ennek főbb területei:

- a környezetet érintő nukleáris balesetek által okozott sugárszennyeződés felmérése
- a súlyos, akár épületkárosodással is járó nukleáris balesetek sugárforrásának közeli mérése
- a környezetben elveszett gamma-sugárforrások felkutatása.

1. A környezetet érintő nukleáris balesetek káros következményeinek csökkentése szempontjából döntő fontossága van annak, hogy a környezeti sugárzási helyzetet rövid időn belül fel lehessen mérni és ennek révén optimális intézkedéseket lehessen hozni.

A hazai szabályozás [25] szerint nukleáris balesetnél akkor van szükség beavatkozásra, ha az elzárkóztatás révén két nap alatt az elkerülhető dózis legalább 10 mSv. További előírás, hogy a kimenekítés akkor indokolt, ha egy hétnél nem hosszabb időszak alatt az elkerülhető dózis legalább 50 mSv.

Az elkerülhető dózis közvetlen méréssel nem határozható meg, ugyanakkor közvetlen mérésre ad lehetőséget a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlása [26]. Ennek megfelelően a kimenekítést is magában foglaló általános veszélyhelyzetnek az a kritériuma, hogy a talajfelszín radioaktív szennyezettségéből eredő dózisteljesítménye elérje az 1 mSv/h értéket. Meg kell jegyezni, hogy a hazai és a NAÜ szabályozás számérték szempontjából hasonló. Ha a baleset után közvetlenül a talajfelszín szennyeződéséből eredő környezeti sugárzás 1 mSv/h, akkor a – radioaktív bomlás következtében folyamatosan csökkenő dózisteljesítményű – sugárzás egy hét alatt közelítőleg 50 mSv dózist ad le, amely a lakosság kimenekítésével elkerülhető. Az elzárkóztatás könnyen megvalósítható, kis kockázattal járó intézkedés, de csak korlátozott időre, a rendelet szelleme szerint két napra elrendelhető intézkedés. E két nap alatt célszerű elvégezni azokat a környezeti méréseket, amelyek alapján eldönthető, hogy a baleset révén elszennyeződött területen szükség van-e kimenekítésre. E méréseket pedig gyorsan sugármérővel felszerelt drónnal el lehet végezni.

2. A súlyos, akár épületkárosodással is járó nukleáris balesetek sugárforrásának közeli mérésére legjobban használható a nagy felső méréshatárú drón. Ebben az esetben a forrás közvet-

len közelében is lehet távmérést végezni. Ilyen mérést a személyzet sugárterhelése nélkül más módszerrel (pl. helikopter) nem lehet elvégezni.

3. A környezetben elveszett, gamma-sugárzást kibocsátó sugárforrás felkutatására is jól használhatóak a drónok; alkalmazásuk olyan helyen is lehetséges, ahol ez még terepjáró gépkocsival sem valósítható meg.

A következőkben ismertetésre kerül, hogy a környezeti sugárterhelés felmérésére szükséges feladatok megoldására melyik légi sugárvédelmi mérőrendszer használható és bemutatásra kerülnek az egyes alkalmazási területek mérés technikai jellegzetességei.

Sugárásmérő rendszer felépítése

A sugárzást mérő rendszer logikailag a következő egységekből áll:

- detektorok és a detektor elektronikus egységei,
- elsődleges adatfeldolgozó és adattároló,
- rádiós adatátviteli rendszer,
- másodlagos adatgyűjtő és adatfeldolgozó rendszer,
- adatmegjelenítő rendszer.

A megvalósítandó mérőrendszerrel szemben elvárható, hogy viszonylag kis tömegű legyen, a detektor méréstartománya pedig minél szélesebb legyen.

Detektor

A detektorral szemben elvárás lehet a kis tömeg, nagy megbízhatóság, széles méréshatár. A környezeti sugárásmérésre jól beváltak a Geiger–Müller-számlálócsövek (a továbbiakban röviden GM-csővek). Egy adott típusú GM-cső dózistartománya 4–5 nagyságrendet fog át, ebből általában jól kihasználható három nagyságrend. Ugyanakkor a különböző típusú GM-csővek különböző, egymást részben átfedő méréstartománya lehetővé teszi, hogy több típusú GM-cső kombinációjával nagyon széles mérési tartományt alakítsunk ki.

Ugyanakkor a szilárdtest detektorok számlálási hatásfoka nagyságrendekkel meghaladja a gázionizációs detektorokét, ami a mérési idő csökkenésével különösen jelentőségű a légi sugárfelderítésnél. Ezen túlmenően az energia szelektív detektorok, mint a szcintillációs kristályok, például a NaI(Tl), vagy a CsI(Tl) lehetőséget nyújtanak a gammasugárzó radioizotópok fajtáinak a közelítő detektálására is közvetlenül a felderítés folyamatában.

Sugárzási tér jellemzői

A sugárzási tér dózisteljesítménye a felszíni aktivitáskoncentrációtól és a repülési magasságtól függ. A szennyeződés optimális felméréséhez a megfelelő repülési magasságot célszerű kiválasztani. A magasság növelésével a méréssel átfogott terület nagysága nő, viszont a levegő sugárzásgyengítő hatása miatt a dózisteljesítmény csökken.

Az átfogott terület növelése gyorsítja a felmérést, de a nagyobb magasság esetén a szennyezett terület kontúrja kevésbé éles. A sugárzási tér gammasugárzóinak az energia-eloszlása általában nem, vagy csak feltételezeten és közelítőleg lehet ismeretes.

Felmérés a környezetet érintő sugárbaletet után

1. lépés. Az erőmű környezeti távmérő rendszere vagy a terjedésszámítási program eredménye alapján kijelöljük a csóva feltételezett tengelyét. A feltételezett tengely az erőmű és a két legnagyobb jelzést adó mérőállomás között van.
2. lépés. A drónnal a feltételezett tengelyre merőleges irányban végigmérjük a sugárzás dózisteljesítményét. E mérés révén kijelölhető a csóvatengely közelítő vonala, ha figyelembe vesszük a feltételezett kibocsátási pont helyét is.
3. lépés. A drónnal a feltételezett tengely mentén végigmérjük a sugárzás dózisteljesítményét. Ennek révén megbecsülhető a leginkább szennyezett terület helye.
4. lépés. A drónnal – a 2. és 3. lépés eredményei alapján – kijelöljük a csóvatengelyhez képest szimmetrikus területet. A terület kiválasztásánál legfontosabb a lakosságot érintő terület felmérése.

Súlyos nukleáris balesetek sugárforrásának közelében végzendő mérések

A drónok ideális eszközök a súlyos nukleáris balesetek következtében keletkező nagy intenzitású sugárzási terek felmérésére, mert lehetőséget adnak a sugárforrás megközelítésére az üzemeltető személyzet dózisterhelése nélkül.

Nyomon követhetjük a következőkben, hogy a mérőrendszer alkalmazásával hogyan mérhető meg az egyik legsúlyosabb potenciális baleset függőleges irányú sugárzási tere. A feltételezett súlyos baleset a pihentető medence hűtésének elvesztése, ennek révén a függőleges irányú vízvédelem megszűnése, esetleg a fűtőelemek megolvadása.

Ha a pihentető medence hűtésének elvesztése földrengés következtében jön létre, akkor a reaktorcsarnok teteje is beomolhat. A következőkben a drónnal végzett dózisteljesítménymérésnél két esetet vizsgálunk, az egyik esetben a 10 cm betonvédelemnek megfelelő tető ép, a második esetben pedig beomlott és emiatt nem árnyékolja a pihentető medencéből kilépő sugárzást.

A pihentető medence egy oldalról teljesen árnyékolt aknának tekinthető, amelyben a sugárforrás, azaz a kiegészített fűtőelemek több méter mélyen helyezkednek el. A mérésnél figyelembe kell venni, hogy az akna kollimáló hatása miatt a nyaláb nagyon keskeny, ezért több nyomvonalon is végig kell mérni a pihentető medence feletti teret.

A mérések alapján pontosabban meg lehet adni az optimális mérési magasságot és útvonalat. A leírt eset csak példaként szolgál, megvalósított drón esetében a különféle balesetek mind-egyikére egyedi mérési módszert célszerű kidolgozni.

Elvesztett sugárforrás keresése

A környezetben elvesztett sugárforrások megkeresésére jól alkalmazható a sugárzásmérővel felszerelt drón. Minden egyes forrás keresésének saját optimális módja van. A források esetében feltételezzük, hogy azok pontforrások és a talaj felszínén vannak. Amennyiben a számításokat elvégezzük, összegezve megállapítható, hogy az azonos fajtájú (dózisállandójú) forrás aktivitásának négyzetgyökével arányos az optimális repülési magasság és ezzel arányos az óránként átvizsgálható terület.

KÖVETKEZTETÉSEK

A drónok megjelenése a katonai alkalmazásnak köszönheti létrejöttét és fejlődését. Azt is láthatjuk, hogy konstrukciós és egyéb paramétereiket figyelembe vételével, nemcsak úgy nézhetünk rájuk, mint hobbi szintű játékszerekre, hanem mint komoly légi járművekre, amik komplex feladatok elvégzésre képesek a pilóta veszélyeztetése nélkül. Számos előnyüknek köszönhetően gyorsan bevetethetők a különböző feladatokra. Legyen szó hadászati célokról, balesetekről, katasztrófavhelyzetekről, élőlényekre veszélyes behatásokról a drónok elvégzik feladatokat. Alkalmazásuk elterjedt a különböző felderítések (pl. katasztrófavédelmi, harcászati, biológiai, vegyi, nukleáris, radiológiai stb.), megfigyelések (pl. kutatási fejlesztés, mezőgazdaság, veszélyhelyzetek, balesetek utáni helyzetek, árvízvédelmi megelőzések, személyek stb.), közvetítések (multimédia, katonai célú) terén is. A katasztrófavédelem és sugárfelderítés területén például teljesen új irányzatot képvisel a hyperspektrális légi felderítés alkalmazási lehetősége, amivel kapcsolatosan több cikk is napvilágot látott, legnagyobb örömünkre magyar kutatók élen járásával [27, 28, 29]. Látva e technológiában rejlő lehetőségeket és robbanásszerű elterjedését szerintem kijelenthető, hogyha a XIX. század a vasúté, a XX. század az autóké, úgy a XXI. század a drónoké!

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] *Tudományos és Köznyelvi Szavak*<http://meszotar.hu/keres-dr%C3%B3n> (letöltés ideje: 2016.04.18)
- [2] *The MentalMunitionFactory*.<http://www.mentalmunition.com/2013/07/why-word-drone-is-scaring-neighbors.html>(letöltés ideje:2016.04.18)
- [3] *ICAO rendelet CIR328, 2011.*
<https://www.trafikstyrelsen.dk/~media/Dokumenter/05%20Luftfart/Forum/UAS%20-%20droner/ICAO%20Circular%20328%20Unmanned%20Aircraft%20Systems%20UAS.ashx> (letöltés ideje:2016.04.18)
- [4] *Informatika és tudomány, 2012.*<https://sg.hu/cikkek/91748/csak-ugy-sereglenek-a-robotok>(letöltés ideje:2016.04.18)
- [5] Berki Gábor: A Tomahawk robotrepülőgép család. *Hadmérnök*, V. évfolyam, 1. szám, 207-217. oldalhttp://hadmernok.hu/2010_1_berki.pdf(letöltés ideje:2016.04.18)
- [6] *Technikai Kisokos*.<http://technikai-kisokos.weebly.com/droacutenok-uav-ek-vagyis-a-piloacuteta-neacutelkuumlli-repuumll337geacuteppek.html>(letöltés ideje:2016.04.18)
- [7] *SCTCWEB*:<http://www.wvi.com/~sr71webmaster/d21~1.htm>(letöltés ideje: 2016.04.18)
- [8] *History of Drons*. <http://dronejournalismethics.yolasite.com/history-of-drones.php>(letöltés ideje:2016.04.18)
- [9] *Israeli Weapons*. <http://www.israeli-weapons.com/weapons/aircraft/uav/scout/Scout.html>(letöltés ideje:2016.04.18)
- [10] *Global Aircraft*. https://www.globalaircraft.org/planes/rq-1_predator.pl(letöltés ideje:2016.04.18)
- [11] *Military.com*. <http://www.military.com/equipment/mq-9-reaper>(letöltés ideje: 2016.04.18)
- [12] *U.S. AirForce*.
<http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104516/rq-4-global-hawk.aspx>(letöltés ideje: 2016.04.18)

- [13] P. Spanoudakis, „Market Overview of the Vertical Take-Off and Landing Vehicles.” <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.144.4850&rep=rep1&type=pdf> (letöltés ideje: 2016.04.18)
- [14] Maziar Arjomandi, „Classification of Unmanned Aerial Vehicles,” <http://history.nasa.gov/monograph44.pdf> (letöltés ideje: 2016.04.18)
- [15] Árvai László: Helyből felszálló pilóta nélküli repülőgép konstrukciók és jellegzetes megvalósításai. *Hadmérnök*, VI. évfolyam, 1. szám, 201-210. oldal (2011) http://hadmernok.hu/2011_1_arvai.pdf (letöltés ideje: 2016.04.18)
- [16] *Illuminareview of engineering in everyday life, 2016.* <http://illuminate.usc.edu/162/the-quadrotors-coming-of-age> (letöltés ideje: 2016.04.18)
- [17] *Diydrones: The Leading Community for Personal UAVs.* <http://diydrones.com/profiles/blog/list?tag=hexacopter> (letöltés ideje: 2016.04.18)
- [18] *IHO.hu: Óriások reneszánsza, 2016* <http://iho.hu/hir/oriasok-reneszansza-12-leghajo-a-lockheedtol-160331> (letöltés ideje: 2016.04.18)
- [19] *GIZMODO.* <http://gizmodo.com/5028397/delfly-micro-dragonfly-is-smallest-creepy-autonomous-spybot-yet> (letöltés ideje: 2016.04.18)
- [20] Solymosi J, Baumler E, Nagy L Gy, Zagyvai P, Gresits I, Gujgiczer Á, Dorogi L, Takács M, Vajda N, Vodicska M: *Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére.* Lajstromszám: 201 161. <http://gammatech.hu/?lang=hun&mnuGrp=mnuAbout%7CmnuPublications&module=showpage&site=publications#link1> (letöltés ideje: 2016.04.18)
- [21] *Sugármérő műszerek RABV sugárfelderítő rendszer UAV-ra.* http://www.gammatech.hu/?mnuGrp=&module=products&lang=hun&group=sugarzasmero_sugarfelderitesi_legisugarfelderitesi&menupath=-sugarzasmero_sugarzasmero_sugarfelderitesi_legisugarfelderitesi&csoport=L%C3%A9gi%20sug%C3%A9rfelder%C3%ADt%C5%91%20eszk%C3%B6z%C3%B6k (letöltés ideje: 2016. 04. 19.)
- [22] Zelenák J, Csurgai J, Halász L, Solymosi J, Vincze Á: A légi sugárfelderítés képességei alkalmazhatóságának vizsgálata elveszett vagy ellopott sugárforrások felkutatása, illetve szennyezett terepszakaszok felderítése során. *Hadmérnök*, IV. évfolyam, 1. szám, 46-62 oldal (2009). http://www.hadmernok.hu/2009_1_zelenak.pdf (letöltés ideje: 2016.04.18)
- [23] *IOM3, The Institute of Materials, Minerals and Mining: Beat of the drone – measuring radiation at disaster sites* <http://www.iom3.org/materials-world-magazine/news/2014/feb/01/beat-drone-measuring-radiation-disaster-sites> (letöltés ideje: 2016.04. 19.)
- [24] *The Engineer: British drones to help nuclear accident sites.* <http://www.theengineer.co.uk/aerospace/news/britis-h-drone-set-to-help-nuclear-accident-sites/1018254.article> (letöltés ideje: 2016. 04. 19.)
- [25] *16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról. 1. számú függelék a 2. számú melléklet.* http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0000016.EUM (letöltés ideje: 2016. 04. 19.)
- [26] *Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, GSG-2-Pub 1467 (2011).* http://www-pub.iaea.org/books/iaea_books/8506/Criteria-for-Use-in-Preparedness-and-Response-for-a-Nuclear-or-Radiological-Emergency-General-Safety-Guide (letöltés ideje: 2016. 04. 19.)
- [27] Lucas Grégory, Halász László, Solymosi József: *Exploring the capacities of airborne technology for the disaster assessment.* *Hadmérnök*, VIII. évfolyam, 3. szám, 74-

91 oldal

(2013).http://www.hadmernok.hu/133_08_lucasg.pdf(letöltés ideje: 2016. 04. 19.)

- [28] Grégory Lucas, Solymosi József, Lénart Csaba:
Using hyperspectral imaging in nuclear radiation aerial reconnaissance?: a preliminary study.
Repüléstudományi Közlemények(1997-től) 25. Repüléstudományi Konferencia (NKE),
Szolnok. 2013, 644-656 ol-
dal.http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-49-Lucas_Gregory_es_a_tobbiek.pdf(letöltés ideje: 2016. 04. 19.)
- [29] Lucas Grégory, Solymosi József: Preliminary study on the detection of radioactivity
with airborne remote sensing systems. *Hadmérnök*, X. évfolyam 3. szám, 137-155 oldal
(2015).http://hadmernok.hu/153_11_gregoryl_sj.pdf(letöltés ideje: 2016. 04. 19.)