

Szilágyi Dávid, Sziroczák Dávid, Fendrik Ármin

Merevszárnyú drónok üzleti alkalmazásai Magyarországon

A drónok vagy pilóta nélküli légi járművek alkalmazása számos területen új fejezetet nyitott a szakmákban vagy iparágakban. A leggyakoribb dróntípus, amelyet a legtöbb feladatra alkalmaznak, a forgószárnyas drón. A merevszárnyú drónok energiahatékonysága azonban néhány alkalmazás esetén előnyösebb lehet, a csökkent manőverezhetőség mellett is. A cikkben egy hazai fejlesztésű merevszárnyú drónplatform magyar viszonylatban való üzleti alkalmazási lehetőségeit tekintjük át. A világszerte különböző repülőeszközökkel végrehajtott feladatok összegyűjtése és analízise alapján a platform magyar viszonylatban a lineáris struktúrák ellenőrzésére lehet legalkalmasabb. Ezek közül az elektromos távvezetékek, illetve olaj- és gázvezetékek ellenőrzése a leginkább célravezető. Legtöbbször ugyanis az egyetlen lehetőség a légi, helikopteres ellenőrzés lehet a nehéz bejárhatóság miatt, amely sokkal költségesebb és kevésbé biztonságos. A helikopterek megvásárlása erre a célra rendkívül költséges, így legtöbbször bérlik erre a feladatra, azonban a drónok beszerzése minden felszereléssel együtt csak ennek töredéke, akár a helikopter beszerzési értékének 10%-a alatt is lehet. A feladat szempontjából a drónos megoldás is a megfelelő szenzorokkal felszerelve ekvivalens adatokkal szolgál. A növényzet benövését, szakadást, szivárgást, törést és hasonló üzemi hibákat ugyanúgy képesek azonosítani.

Kulcsszavak: drón, UAV, merevszárnyú, üzlet, vezetékek, ellenőrzés

1. Bevezetés

A pilóta nélküli robotrepülőgépek és rendszerek¹ vagy drónok alkalmazása napjainkban egyre jellemzőbb számos területen. Katonai célokra fejlesztett eszközök mellett megjelentek a civil alkalmazásban használható drónok is, sok esetben gyökeresen megváltoztatva az adott terület vagy iparágat. A bennük rejlő potenciált, értéket nagyobb részben nem a repülési jellemzőik, hanem az általuk elvégezhetővé vált feladatok jelentik. Ez többnyire valamilyen hasznos teher, például kamera vagy egyéb szenzor hordozásával érhető el. A drónokkal a kisrepülőgépekhez viszonyítva jóval alacsonyabb tömegük és kisebb méretük miatt gazdaságilag sokkal kifizetődőbb végezni olyan feladatokat, amelyeket korábban csak pilótás repülőgéppel lehetett. A tanulmány célja, hogy az NKFIH² által finanszírozott „Innovatív és újszerű megoldásokra

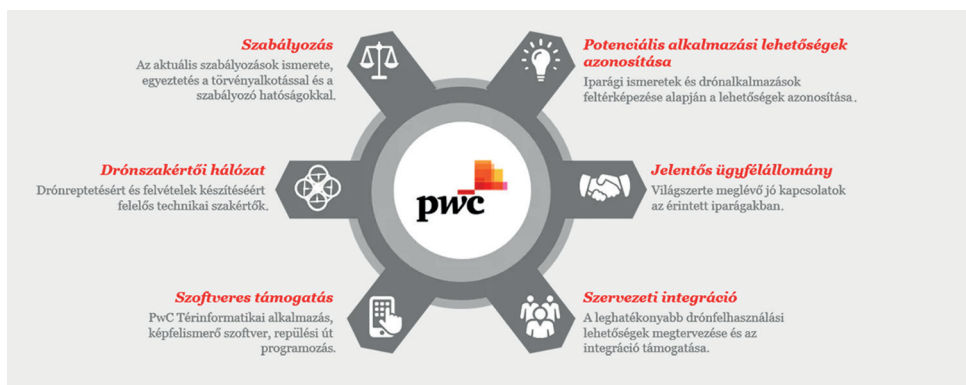
¹ UAV/UAS: Unmanned Aerial Vehicle/Unmanned Aircraft System.

² Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal.

épülő többcélú merevszárnyú drón és a fejlesztéséhez szükséges kompetenciák létrehozása” projekt keretén belül fejlesztett merevszárnyú drón platform piaci alkalmazási lehetőségeit áttekintse, és a lehetséges alkalmazásra javaslatot formáljon. Ehhez áttekintjük a merevszárnyú drónok piacát, a potenciális alkalmazásokat és a leginkább hozzáillő felhasználások megvalósítási módjait és költségvetéseit.

2. Piac

A hazai valós piaci igények felmérésére nincs a jelenlegi környezetben jól alkalmazható eljárás, előzetes információ, adat vagy átfogó elemzés, amelynek segítségével meg lehetne határozni a jelenlegi viszonyokat. A nemzetközi piacról is inkább becslőt előrejelzések vannak. A nemzetközileg eléggé ismert PwC³ cég azonban nyitott egy olyan drónos szolgáltatással foglalkozó egységet (1. ábra), amely Magyarországról is elérhető.



1. ábra

A PwC drónos szolgáltatási tevékenységei [1]

Az általuk kínált szolgáltatásokkal ernyőszervezatként kívánják a drónokkal kapcsolatos üzleteket az ötlettől a bevezetésig támogatni. Becslésük szerint a globális piac méretét az 1. táblázat értékei jellemzik.

1. táblázat

A PwC globális drónpiaci becslése [2]

Terület	Tevékenység	Érték (milliárd USD)
Infrastruktúra, beruházások és üzemeltetés	videók, 3D modellek készítése, kivitelezés helyzetének értékelése	45,2
Energia és közmű	hatékonyabb műszaki ellenőrzés, karbantartás, hőkamerás ellenőrzés	36,5
Agrárium	növény- és állatállomány ellenőrzése, növényvédelem	32,4
Szállítás	csomagszolgáltatás	13,0

³ PricewaterhouseCoopers.

Terület	Tevékenység	Érték (milliárd USD)
Védelem, felügyelet	védelmi (security) feladatok ellátása, terület-, létesítményfelügyelet	10,5
Média	megközelíthetetlen helyek filmezése, rendezvények közvetítése	8,8
Biztosítás és kárfelmérés	kockázatértékelés, beruházások ellenőrzése, információgyűjtés	6,8
Telekommunikáció	adótornyok ellenőrzése, kivitelezés, felmérés	6,3
Mining	területek, ásványi anyagok felderítése	4,3
Drónrepülés irányítása	drónrepülések programozása, repülések irányítása szolgáltatásként	18,7
Adatforgalom	drónok alkalmazása az adattovábbításban, információ és kommunikációs forgalomban	3,5
Adattárolás	drónok alkalmazása adatok (ideiglenes) tárolásában	1,0
Összesen		187,0

A merevszárnyú drónok eladására Magyarországon és általában a térségben (Kelet-Közép Európa) azonban nincs sok lehetőség. Jelentős nehézséget jelent, hogy a nagyobb (főleg a civil drónpiacon vezető szereppel rendelkező kínai) gyártóknak nagy a befolyása és jelentős árelőnyt képesek elérni. Ennek megfelelően a kutatás eredményei alapján körülbelül évente 330–420 merevszárnyú gépet lehet eladni a térségben, a hazai piacon ennek nagyjából 10%-át. Ebből következik, hogy még nagy részesedés esetén is viszonylag kevés légi jármű adható el, tehát érdemes inkább a drónokkal való szolgáltatások, tevékenységek fejlesztésére és értékesítésére koncentrálni.

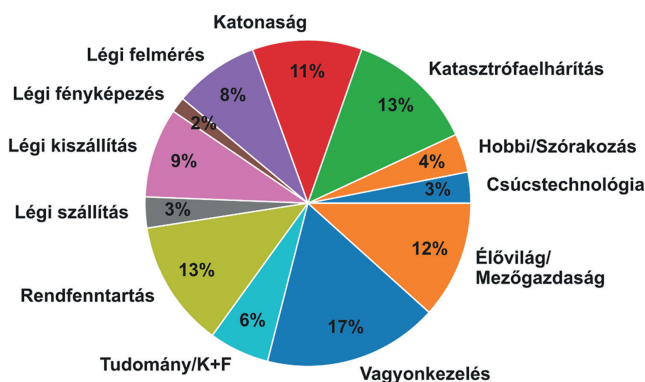
3. Felhasználások

3.1. Tevékenységek

Az UAV-kal végezhető tevékenységek széles skálán helyezkednek el. A különböző felhasználásokat tudományos folyóiratok, hírportálok és gyártói honlapok alapján összegyűjtve és kategorizálva képet kaphatunk a jelenlegi tevékenységmegoszlásról [3], [4], [5], [6], [7]. A gyűjtés során 652 féle alkalmazást azonosítottunk, kizárólag olyan eszközöket tekintve, amelyek mellett meghatározott felhasználás is szerepel. Az összegyűjtött felhasználásokat a következő kategóriákba soroltuk:

- katasztrófaelhárítás, mentés: a különböző katasztrófaesemények, például erdőtűz, árvíz, földrengés során felmerülő mentési, illetve helyreállítási tevékenységekhez kapcsolódó felhasználások;
- hobbi, szórakozás: a felhasználók gazdasági hasznot nem termelő, szórakoztató szabadidős tevékenységek, például akadálypálya, drónverseny;
- csúcstechnológia: nagyon speciális felhasználás, amely különleges felszerelést igényel, kereskedelmi céllal;
- élővilág/mezőgazdaság: növényzet és állatok megfigyelése, haszonnövények termőföldön monitorozása, öntözési szükséglet/kártevők/betegségek felmérése;
- vagyonkezelés: telephelyek, vagyontárgyak, eszközök megfigyelése különböző szenzorokkal, az épség megóvása érdekében;
- tudomány/K+F: fejlesztő-kutató céllal (hajtás, szerkezet, rendszerek tesztelése, adatgyűjtés);

- rendfenntartás: rendőrség, határőrség, partiőrség, egyéb szervek rendfenntartó feladatainak támogatása céljából;
- légi szállítás: teher- és áruszállítás, elsősorban nem végfelhasználó számára;
- légi kiszállítás: csomag házhoz szállítása, ételkiszállítás közvetlenül a fogyasztónak;
- légi fényképezés: a tevékenység fő célja a fénykép, videó létrehozása művészi vagy szórakozás jelleggel;
- légi felmérés: levegőből való adatgyűjtés későbbi feldolgozásra, fénykép, videók, egyéb szenzorok által szolgáltatott adatokból;
- katonaság: a katonaság és védelmi erők által hadi, védelmi, egyéb katonai, specifikus alkalmazások.



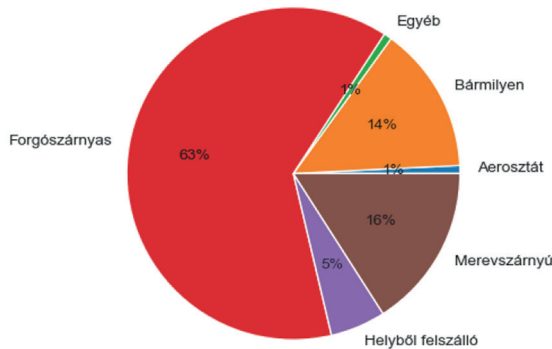
2. ábra

Az UAV-k felhasználásának százalékos megoszlása [a szerzők]

A százalékos megoszlást az egyes kategóriákon belül a 2. ábra szemlélteti. Látható, hogy a felhasználások több mint felét 4 nagy kategória, a vagyonkezelés, a katasztrófaelhárítás, a rendfenntartás és az élővilággal/mezőgazdasággal kapcsolatos alkalmazás teszi ki. Az egyes feladatokhoz használt UAV típusainak megoszlását a 3. ábra mutatja. A légi eszközöket a következő kategóriákba sorolhatjuk [8], [13], [14], [15]:

- forgószárnyas: helikopter, illetve multikopter kialakításúak, tehát egy nagy légszárny helyett sok kisebb légszárny biztosítja a felhajtóerőt. Fő kitétel, hogy a felhajtóerőt kizárólag a forgószárny szolgáltatja, aerodinamikai felhajtóerőt termelő fix felület nincs;
- helyből felszálló: merevszárnyú repülőgép, amely képes helyből függőleges fel- és leszállásra, általában további emelő légszárnyal vagy forgószárnyal, vektorálható tolóerővel, illetve elfordulással, például a „tailsitter” konfigurációjú gépek. A tailsitter egy olyan függőlegesen fel- és leszállni képes (VTOL) repülőgép, amely felszállás előtt és leszálláskor a farokrészére támaszkodva áll a földön, és a függőleges fel- és leszállási szakasz után vízszintesen repül;
- merevszárnyú: felhajtóerőt kizárólag merevszárny segítségével, aerodinamikai alapokon termel, a klasszikus repülőgépforma;
- aerosztát: léggömb, léghajó, illetve egyéb, statikus felhajtóerőt termelésére képes jármű;
- bármilyen: a feladat végrehajtásához nincs kizárólagos repülőgéptípus meghatározva, bármelyik típussal elvégezhető;

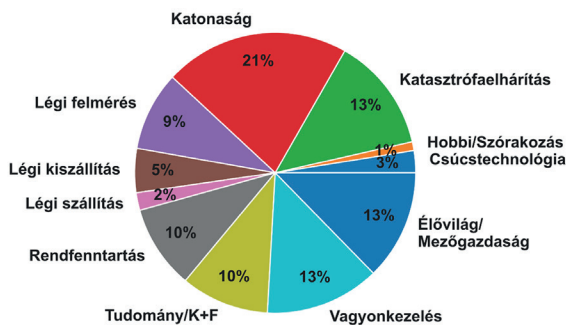
- egyéb: egzotikusabb megoldások, például rakéta, 3 éltű vagy fanwing. E megoldások száma és jelentősége is alacsony. A fanwing egy olyan repülőgép-koncepció, amelyben egy vízszintes tengelyű keresztirányú ventilátort alkalmaznak szorosan együtt egy merevszárnyal. A ventilátor az áramlást a fix felületre kényszeríti, hogy mind a felhajtóerőt, mind a tolóerőt biztosítsa.



3. ábra

A felhasználások UAV-típusok szerinti lebontása [a szerzők]

Látható, hogy a csak forgószárnyas drónnal végzett tevékenységek képezik a döntő többséget, a teljes felhasználások közel kétharmadát (63%-át) teszik ki. A merevszárnyú drónnal is elvégezhető tevékenységek a merevszárnyú és a bármilyen kategória együttese, ez 30%-ot tesz ki, a többi kategória elenyészően kicsi. A merevszárnyú drónok leginkább az olyan típusú felhasználásra alkalmasak, ahol hosszabb távon, viszonylag kevés manőverezéssel, leginkább egyenes vonalban kell repülni, és az energiahatékonyság fontos szerepet játszik. A merevszárny általi felhajtóerő-termelés legtöbb esetben hatékonyabb, mint a forgószárnyas, azonban a forgószárnyas, leginkább négyrotoros drónok egyszerűsége és a manőverezhetőség, valamint a lebegés képessége sokszor előnyösebb. Ha csak a merevszárnyú drónokkal végezhető felhasználásokat tekintjük, akkor összesen 197 alkalmazás maradt, ezeket tevékenységi kategóriákba sorolva a megoszlás a 4. ábra szerint alakul.



4. ábra

A merevszárnyú drónnal végezhető tevékenységek megoszlása [a szerzők]

Látható, hogy a merevszárnyú drónok legnagyobb hányadát (21%) katonai, illetve védelmi célokra alkalmazzák. A második legnagyobb a katasztrófaelhárítás, az élővilág/mezőgazdasági célok és a vagyonkezelés 13%-kal, amit a tudományos és rendfenntartási alkalmazás, valamint légi felmérések követ 10–10, illetve 9%-kal, a többi kategória ezekhez képest ritkább előfordulású.

3.2. Felszerelés

A legtöbb alkalmazás esetén a drón által hordozott felszerelés, illetve a rajta lévő felszereléssel végzett tevékenység az, ami a legfontosabb az értékteremtés szempontjából. Ezek merevszárnyú drón esetén, a fejlesztett platform sajátosságait is figyelembe véve az alábbiak lehetnek:

- kamera;
- sztereókamera;
- termokamera (infrakamera);
- rövid hullámhosszú infravörös kamera;
- hiper-/multispektrális kamera;
- gázszenzor;
- mezőgazdasági kamera;
- koronakisülés-detektor;
- geológiai radar;
- ultrahangos légmozgásmérő;
- LIDAR (lézer alapú távérzékelés);⁴
- magnetométer;
- RADAR;⁵
- nyomásmérő, páratartalom-, hőmérsékletmérő;
- sugárzásmérő;
- tűzgyújtó/-oltó;
- fedélzeti fegyver, elektronikai hadviselés;
- részecskekoncentráció-mérő;
- belső tárolók;
- külső teherrögzítő;
- permetezők, szórók.

A legtöbb felszerelés tömege 3 kg alatti, és néhány speciálistól eltekintve belefér a fejlesztett UAV hasznosteher-korlátjába. A platformra vonatkozóan a vizsgált lehetséges alkalmazások során az itt felsorolt felszerelések használatával elvégezhető feladatokat tekintettük át. A leggyakoribb alkalmazott felszerelések a különböző fajta kamerák, ezek teszik ki a teljes alkalmazáshalmaz felszereléseinek nagy részét.

⁴ Light Detection and Ranging.

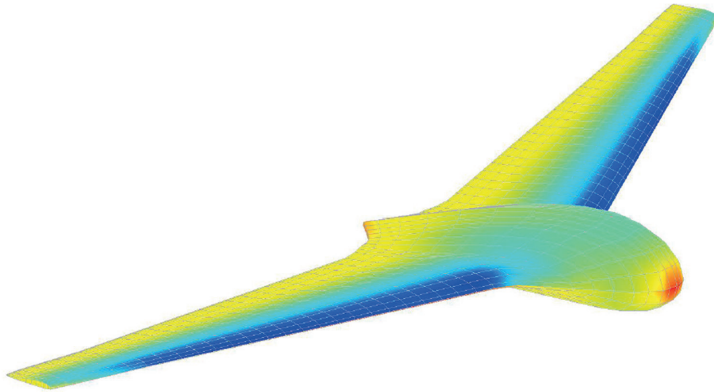
⁵ Radio Detecting And Ranging.

4. A fejlesztett UAV alkalmazásai

4.1. A prototípus rövid bemutatása

A fejlesztett UAV egy merevszárnyú, tolólégcsavaros, csupaszárny elrendezésű pilóta nélküli légi jármű, az aerodinamikai számításokhoz alkalmazott modelljét az 5. ábra illusztrálja, kormánylapok és vezérsíkok nélkül. A prototípus kettős ferde, kormánylapok nélküli vezérsíkkal felszerelt, és a szárny kilépőelein 2 kormánylap található. Futóművel nem rendelkezik, indítása katapult segítségével történik. A sárkányszerkezet szénzálal és kevlár kompozitból készült, az alkalmazott profilok egyedi tervezésűek. Főbb jellemzői a következők:

- szárnyfesztávolság: 3,3 m;
- hosszúság: 1,1 m;
- magasság: 0,32 m;
- maximum felszállótömeg: 20 kg;
- hasznos teher: 6 kg;
- két hajtásrendszerrel szerelhető: elektromos, 1,9 kW-os elektromos és belsőégésű 3 kW-os motorral;
- maximális repülési idő: 6 óra;
- maximális hatótávolság: 500 km;
- maximális repülési sebesség: 39 m/s;
- utazósebesség: 25 m/s.



5. ábra

A fejlesztett prototípus modellje XFLR5 alkalmazásban [9]

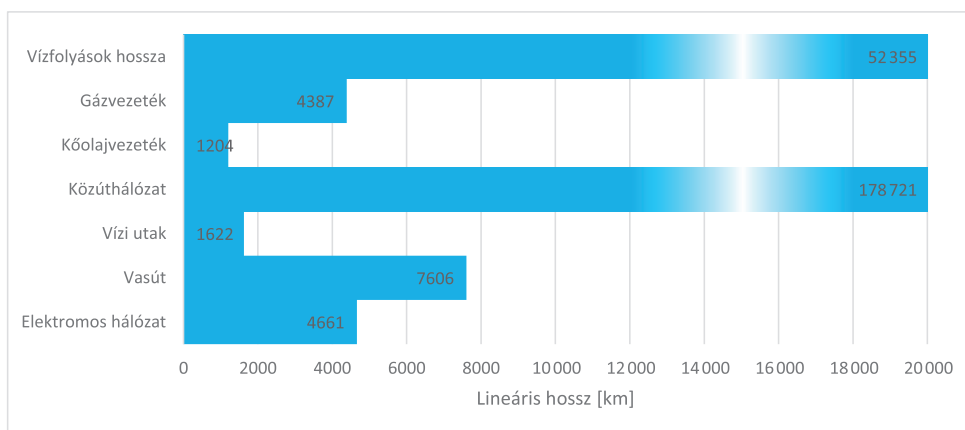
A prototípus kiemelkedően jó hatótávval rendelkezik és a repülési ideje is átlagon felüli. A prototípus repült is, de nem minden paramétere lett validálva, az itt felsorolt adatok a szimulációk és aerodinamikai számítások alapján feltételezett értékek. A továbbiakban specifikusan ennek a platformnak a potenciális alkalmazásait tárgyaljuk.

4.2. A prototípus alkalmazásai

A potenciális alkalmazásokat az összegyűjtött hasonló UAV-k által végzett tevékenységek alapján mérlegeltük. Sok tevékenység esetében a már piacon lévő megoldásokkal való versenyzés, a kis méret vagy a kevés várható profit miatt nem érdemes a piacra lépés mellett dönteni. Az egyes tevékenységek mérlegelése és pontozása során mindezt figyelembe vették, a technológia komplexitása és a szükséges beruházás nagysága, valamint az emberi tényezők mellett.

Az analízis alapján a prototípus számára legmegfelelőbb választás a piacra lépés szempontjából a nagy kiterjedésű lineáris infrastruktúra vizsgálata és megfigyelése, valamint a területek felmérése lehet. A hosszú repülési idővel és nagy hatótávolsággal rendelkező prototípus drón ebben a kategóriában jelentős előnnyel rendelkezik. Az egyes lineáris infrastruktúra hosszait a 6. ábra összegzi. Magyarország területét vizsgálva, a 2018-as adatokat figyelembe véve ezek az alábbiak:

- elektromostávvezeték-hálózat: a villamos energia elosztó hálózata (750 kv–132 kv), hossza 4861 km [12];
- vasútvonal: 7606 km, 2889 km villamosított [11];
- vízi utak: 1622 km [11];
- teljes vízfolyás hossza: 52 355 km (9800 vízfolyás) [10];
- kőolajvezetékek: 1204 km [11];
- gázvezetékek: 4387 km [11];
- közúthálózatok: 178 721 km [11].



6. ábra
Lineáris infrastruktúrák hossza Magyarországon [a szerzők]

Ezek közül a vízi útvonalak, a vasút és a közút vizsgálata lehetséges magát az útvonalat használva is, így versenyezni kell ezekkel a megoldásokkal. A rajtuk lévő forgalom miatt szintén van visszacsatolás a felhasználók részéről is, valamint a felmérésük többnyire viszonylag egyszerűen és biztonságosan végrehajtható földi vagy vízi járművekkel. Természetesen ettől még lehetséges ezek ellenőrzésére is UAV-t használni, azonban figyelembe kell venni

a többi megoldás hatékonyságát költségszempontból, és nehezebb versenyképes megoldást létrehozni. Az úthálózat nagysága miatt azonban megtérülhet az alkalmazás. Jelenleg folyamatban is van egy török–magyar U-SOAR projekt a BME és az ESTU⁶ közötti együttműködés keretében ebben a témában, ipari partnerekkel, mint a Mould Tech Systems és az ESRI Törkiye részvételével. A projekt célja útfelület vizsgálatára alkalmas pilóta nélküli légi jármű fejlesztése és alkalmazhatóságának vizsgálata. A repülőeszköz fejlesztése mellett a működési koncepció, valamint az üzleti modell kidolgozása egy szolgáltatás indításához is részét képezi a projektnek. Gáz- és olajvezetékek és az elektromos hálózat esetén azonban sokkal több érv hozható fel az alkalmazás oldalán. A biztonság mellett fontos tényező, hogy ezek a feladatok sokszor csak helikopterrel vagy más légi járművel végezhetők el megfelelően, így méretük miatt az UAV-k jelentősen magasabb energiahatékonysággal és ezzel együtt alacsonyabb költséggel tudják ugyanazt teljesíteni.

4.2.1. Olaj- és gázvezetékek ellenőrzése

Az olaj- és gázvezetékek rendszeres ellenőrzése a szállított anyagok veszélyessége miatt kiemelt fontosságú. Ha egy vezetéken keresztül akár csak a szállított mennyiség 1%-a kiszivárog sérülés, korrózió vagy repedés miatt, az évente 450 000 hordónyi veszteséghez is vezethet, amellett, hogy visszafordíthatatlanul károsítja a környezetet egy akár 10 km²-nyi területen [16]. Az USA-ban például minden évben átlagosan 17 haláleset és 68 komoly sérülés történik gázszivárgás miatt, és a teljes hálózaton szállított mennyiség majdnem 2%-a elszivárog [18]. Becslések szerint az iparág 50 milliárd USD-t költ csak a megfigyelésre. Az UAV-k alkalmazása ezen a területen nemcsak a gázvezetékek, hanem a környezet megfigyelését is lehetővé teszi. Számos előnnyel rendelkeznek a hagyományos megfigyelési módszerekhez képest: nagy táv mentén képesek adatot gyűjteni rövid idő alatt, nehezen elérhető helyeken is. Mindemellett gazdaságosabb, biztonságosabb és kevésbé környezetszennyező alternatívát jelentenek. Egy tipikus drón a szükséges felszerelésekkel együtt nagyjából 5000 USD-ba kerülhet, és ezt több vizsgálatra is fel lehet használni, a drón újratöltésének minimális extra költségével. Ezzel szemben a hagyományos helikopteres vizsgálat akár 1250–3000 USD-ba is kerülhet [16], [19] alkalmanként. Földi járművekkel sokszor nagyon körülményes lenne a végrehajtás, mivel úthálózat nem mindenhol elérhető, és az energiaköltségek ennél a megoldásnál is magasak.

A vizsgálat kivitelezéséhez megfelelő engedély beszerzése szükséges az illetékes légiügyi hatóságtól, illetve pilótás üzem esetén jogosítvány a pilótának, valamint biztosítás a káresetek fedezésére. Ha hosszú szakaszt szeretnénk vizsgálni, szükség van a látóhatáron túli⁷ kategóriás működtetési engedélyre is. Ehhez a pilóta és a cég vagy szervezet felelőssége mellett szüksége van a repülési magasság és légtér, valamint a műveleti terület és kockázati pufferróna meghatározására is, a biztonság garantálása érdekében. A vezetékek esetén ez minimálisan a vezeték mentén egy meghatározott méretű környezetből álló folyosó, ebben végigrepülve végzi az adatgyűjtést a drón (lásd 7. ábra). A különböző sérülések, illetve korrózió detektálásához nagy felbontású kamerával rögzítenek felvételt a csőszakaszról, és a felvétel ember általi

⁶ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és az Eskişehir Műszaki Egyetem.

⁷ BVLOS, Beyond Visual Line of Sight.

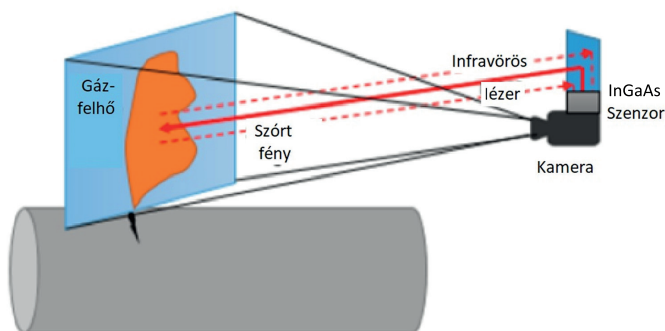
vizsgálása mellett képfeldolgozás és gépi tanulás segítségével azonosíthatják az egyes hibákat. Ezek lehetnek szigeteléssérülések, horpadások, repedések, szakadás vagy lyuk és törés helyei.



7. ábra
Gázvezeték megfigyelése merevszárnyas drónnal [20]

Szintén lehetséges gázszivárgás detektálása, amihez többféle szenzor használható. Ezek közül néhány alkalmazható megoldás:

- gázszenzor alkalmazása, amely a kiszivárgott gáz koncentrációját méri a levegőben;
- hiperspektrális vagy infrakamerával a háttérsugárzás elnyelődését több hullámhosszon mérve, és Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia⁸ segítségével azonosítani a szivárgást;
- visszaszórásos abszorpciós gáz képalkotás,⁹ amely lézert világít meg egy területet a csővezeték felett, és a gáz lézert erősen szóró tulajdonságát kihasználva alkot képet a szivárgásról (lásd 8. ábra);

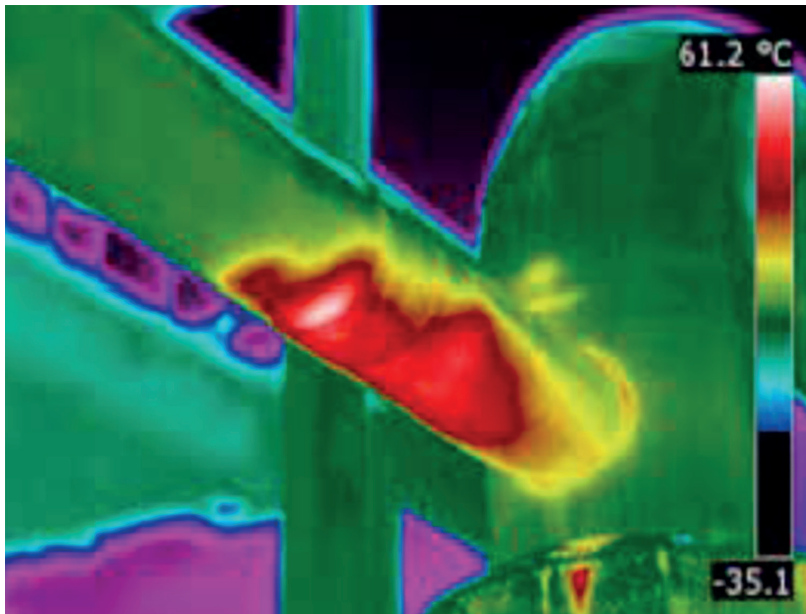


8. ábra
A gázvezeték szivárgásának detektálása BAGI-módszerrel [16]

⁸ FTIR, Fourier-transform Infrared Spectroscopy.

⁹ BAGI, Backscatter Gas Absorption Imaging.

- hőkamerás felvétellel szintén azonosítható a szivárgás egy egyedi spektrális szűrő segítségével.



9. ábra
Egy csővezeték termikus profilja [16]

Az összegyűjtött adatot vagy a fedélzeten feldolgozva, nagyobb kapacitást igénylő feldolgozás esetén a számítógépre másolva lehet azonosítani a szivárgást. A légi jármű GPS-e segítségével helyzeti információt is csatolhat a felvételhez, így könnyen azonosítható a javításra szoruló szakasz.

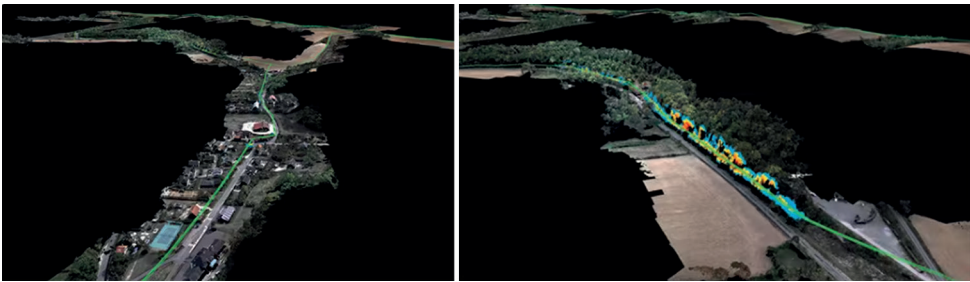
4.2.2. Elektromos távvezetékek vizsgálata

A távvezetékek vizsgálata költséges, időigényes munka, amelyet rendszeresen szükséges elvégezni a szolgáltatás folyamatos biztosítása érdekében. Előírásoktól függően 1-2 évente vizuális ellenőrzést, 3-5 évente pedig részletes ellenőrzést kell végrehajtani a hálózaton. A működtetéshez az olaj- és gázvezetékhez hasonlóan itt is szükségesek a légügyi hatóság engedélyei, beleértve hosszabb távon a BVLOS-műveletekhez szükséges engedélyt hosszabb repülések esetén. Autonóm megoldásokat is fejlesztenek [24], azonban a pilótás üzem még gyakoribb. Lakott területen belül, kiépített utak környékén lehetséges a vezetékek és a tartóik földi járműről való ellenőrzése, azonban a hosszú távon, magas feszültségen elektromosságot szállító hálózat jó része olyan területen fekszik, ahol a terep kedvezőtlen, és a vizsgálat lefolytatása csak lassan lehetséges. Költségeket tekintve a helikopterek, amelyek többnyire az egyetlen teljes körű versenytársai a drónoknak, több mint 4000 USD/nap költséggel bérelhetők, és ha a cég vagy szervezet úgy dönt, hogy saját helikoptert szeretne felszereléssel, ennek költsége meghaladhatja

a 2 millió USD-t [22]. Drónok esetén a hasonló kapacitásokkal rendelkező légi jármű elérheti akár a 250 000 USD-t is, azonban ez még mindig csak 1/8 része a helikopteres költségeknek, de jó esetben akár a helikopter árának csupán 1/20-a is lehet [22], és a drón energiaköltsége is sokkal alacsonyabb. Biztonság szempontjából itt sokkal szemléletesebb a különbség, ugyanis itt emberélet nincs veszélyben a műveletek során a magas feszültség miatt.

A vizsgálathoz a következő szenzorokat használják [23]:

- nagy felbontású kamerák: általában többet használnak a pontosabb rekonstrukció érdekében, 1,5–4 mm felbontással;
- LIDAR: adatrögzítés pontfelhő formában több száz pont per négyzetméter sűrűségű felbontással a szállító hálózat és a környezete pontos felmérése érdekében. A környező növényzet és egyéb objektumok vezetéktől való távolságát lehet meghatározni vele (lásd 10. ábra);
- hőkamerák: a különböző komponensek hőprofiljának rögzítésére. A túlmelegedett elemek gyakran sérült, meggyúlt vagy deformálódott állapotuk okozta többletterhelés miatt melegszenek fel;
- UV-kamerák: a koronakisülést 50 Hz frekvencián az UV-érzékeny kamerák képesek rögzíteni;
- a rögzített adatokat GPS+INS¹⁰ navigációs rendszer segítségével helyadatokkal látják el, a könnyű azonosítás érdekében.



10. ábra

A vezetékvizsgálat útvonala (balra) és a detektált növényzetbenövés (jobbra) [21]

5. Összefoglalás

Összességében a magyar piacról elmondható, hogy merevszárnyú drónból viszonylag keveset lehet eladni, így érdemes szolgáltatás nyújtásában gondolkodni. Az elvégzett adatgyűjtés alapján a merevszárnyú drónok legtöbb felhasználása a katonai alkalmazások mellett a katasztrófaelhárítás, vagyongézelés, valamint az élővilág és mezőgazdaság terén történik, amelyet a tudományos, a rendfenntartó és légi felmérő alkalmazások követnek. Az értékteremtésben leginkább a drónok által szállított kamerák, szenzorok és egyéb felszerelés játsza a főszerepet, a platform teljesítménye és képességei kevésbé fontosak. Az elvégzett analízis alapján a fejlesztett merevszárnyú UAV-t a nagy hatótávja és a hosszú repülési ideje leginkább hosszú lineáris

¹⁰ Inertial Navigation System – inerciális navigációs rendszer.

infrastruktúrák vizsgálatára teszi alkalmassá, ezek az elektromostávvezeték-hálózat, vasút, közút és vízi útvonalak, valamint a kőolaj- és földgázvezetékek. Ezek közül az elektromostávvezeték-hálózat és a gáz- és kőolajvezetékek vizsgálatában van nagyobb potenciál, mivel esetükben leginkább csak a hagyományos, helikopterrel végzett ellenőrzéssel kell versenyezni, más járművekkel nem, vagy nagyon nehezen kivitelezhető a feladat. Magyarországon ezen infrastruktúrák hossza gáz- és kőolajvezeték esetén 4387 km és 1204 km, elektromos vezeték esetén 4861 km. Mindkét esetben szükséges a légügyi hatóságoktól a megfelelő engedélyek beszerzése, beleértve a BVLOS-műveletekhez való engedélyt is, és a használt légtér és a kockázati pufferezóna megadása. A gázvezetékek ellenőrzése helikopterrel 1250–3000 USD-ba is kerülhet óránként, míg egy UAV a szükséges felszerelésekkel együtt is 5000 USD-ból kijöhet. Több ellenőrzésre használva, viszonylag alacsony energiaköltséggel töltve sokkal gazdaságosabban dolgozhatunk vele. Elektromos vezeték vizsgálatára esetén fontos, hogy olyan műszerekkel legyen ellátva a drón, amelyek ellenállóak a vezeték elektromágneses zavarásaival szemben. Erre a célra vásárolt műszerezettségű helikopter akár 2 millió USD is lehet, míg hasonló képességekkel rendelkező drónokból 8–20 darab is kijöhet ebből az árból, és az üzemanyagköltségeik is sokkal alacsonyabbak.

Felhasznált irodalom

- [1] PricewaterhouseCoopers, *Dróntechnológiai szolgáltatások*. Online: www.pwc.com/hu/hu/szolgáltatások/technológiai_tanacsadás/dróntechnologia.html
- [2] PwC Communications Review, *Welcome to the Era of Drone-powered Solutions: A Valuable Source of New Revenue Streams for Telecoms Operators*. July, 2017. Online: www.pwc.com/gx/en/communications/pdf/communications-review-july-2017.pdf
- [3] Békési B., Major G., „A drónok konfigurációi, alkalmazásai területei,” in *Műszaki tudomány az északkelet-magyarországi régióban 2022*. Páy G. szerk., Nyíregyháza, Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Debreceni Területi Bizottság (DAB) Műszaki Szakbizottsága, Acta Academiae Nyíregyhaziensis 7., 2022. pp. 301–307.
- [4] Békési B., Seres J., „Drónok alkalmazásának lehetőségei,” *Repüléstudományi Közlemények*, 32. évf. 3. sz. pp. 5–19. 2020. Online: <https://doi.org/10.32560/rk.2020.3.1>
- [5] Major G., „Etikus-e a drónok használata?” *Honvédségi Szemle*, 144. évf. 2. pp. 100–106. 2016.
- [6] Gajdács L., Major G., „Katonai célú drónok fejlesztése a jelenkorban, a jövőt vizionálva,” in *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből III*. Földi L. szerk., Budapest, Ludovika, 2022. pp. 101–120.
- [7] Ujjady A., Major G., „A civil drónszabályozáson innen, a katonain túl,” *Repüléstudományi Közlemények*, 33. évf. 2. sz. pp. 167–180. 2021. Online: <https://doi.org/10.32560/rk.2021.2.12>
- [8] Békési B., „Pilóta nélküli légi járművek jellemzése, osztályozásuk,” in *Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek*. Palik M. szerk., Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2013. pp. 65–109.
- [9] Rohács J. et al., *A Mould Tech UAV üzleti lehetőségeinek elemzése, üzleti modell fejlesztése*. KFI Mould Tech Drón Projekt kutatási jelentés, 2020.
- [10] Wikipédia, *Magyarország vízrajza*. Online: https://hu.wikipedia.org/wiki/Magyarorsz%C3%A1g_v%C3%ADzrajza

- [11] Wikipédia, *Magyarország közlekedése*. Online: https://hu.wikipedia.org/wiki/Magyarorsz%C3%A1g_k%C3%B6zleked%C3%A9se
- [12] Magyar Energetikai és Közmű-Szabályozási Hivatal, *A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2018. évi adatai*. Online: https://mekh.hu/download/6/de/b0000/a_magyar_villamosenergia_rendszer_2018_evi_adatai.pdf
- [13] Békési L., Békési B., „Forgószárnyas pilóta nélküli légi járművek,” *Economica*, 6. évf. 2. sz. pp. 88–98. 2013. Online: <https://doi.org/10.47282/ECONOMICA/2013/6/2/4421>
- [14] Békési L., Békési B., „Merevszárnyú pilóta nélküli légi járművek (UAV-k),” *Szolnoki Tudományos Közlemények*, 17. évf. pp. 7–34. 2013.
- [15] Békési B., „Pilóta nélküli légi jármű típusok sárkányszerkezeti megoldásai,” in *Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban*. Pokorádi L. szerk., Debrecen, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága, 2013. pp. 122–132.
- [16] Wipro, *Inspecting Pipelines using Unmanned Aerial Vehicles*. Online: www.wipro.com/engineering/inspecting-pipelines-using-unmanned-aerial-vehicles/
- [17] T. R. Bretschneider, K. Shetti, „UAV-based gas pipeline leak detection,” in *35th Asian Conference on Remote Sensing 2014, ACRS 2014: Sensing for Reintegration of Societies*. 2014.
- [18] T. R. Bretschneider, K. Shetti. „UAV-based gas pipeline leak detection,” in *Proceedings of the ARCS*, Porto, Portugal, 24–27 March, 2015.
- [19] North American Energy Pipelines, *Taking to the Skies: Launching an Oil and Gas Drone Inspection Program*. 2019. augusztus 2. Online: www.napipelines.com/taking-to-the-skies-launching-an-oil-and-gas-drone-inspection-program/
- [20] M. Bernos, Canadian Company Proposes to Cut Pipeline Monitoring Costs with Automated Drones. *ENR*, 2017. április 19. Online: www.enr.com/articles/41865-canadian-company-proposes-to-cut-pipeline-monitoring-costs-with-automated-drones
- [21] C. Ryan, Drone vs. Helicopters – Utility Inspections. *Constellation*, [é. n.]. Online: <https://constellationclearsight.com/blog/drone-vs-helicopters-utility-inspections/>
- [22] I. Bruns, Drones for Power Line Inspections. *Utility Products*, 2019. január 1. Online: www.utilityproducts.com/line-construction-maintenance/article/16003823/drones-for-power-line-inspections
- [23] PhaseOne, *Revolutionizing Powerline Inspection with Multi-Sensor Systems and Artificial Intelligence*. [é. n.]. Online: <https://geospatial.phaseone.com/case-studies/ggs-sieaero-powerline-inspection/>
- [24] O. B. Schofield, N. Iversen, E. Ebeid, „Autonomous Power Line Detection and Tracking System using UAVs,” *Microprocessors and Microsystems*, 94. évf. p. 104609. 2022. Online: <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2022.104609>

Business Applications of Fixed-Wing Drones in Hungary

The application of drones or unmanned aerial vehicles has opened a new chapter in many professions or industries. However, the energy efficiency of fixed-wing drones may be more beneficial in some applications, even with reduced manoeuvrability. In the article, the business application possibilities of a developed fixed-wing drone platform in the Hungarian market are reviewed. According to the analysis carried out by collecting the tasks performed with different aircraft around the world, in Hungary, the platform may be the most suitable for linear structure

inspecting applications. Of these, the inspection of electric transmission lines and oil and gas pipelines is the most appropriate, since most of the time the only alternative is helicopter inspection due to the difficult access, which is much more expensive and less safe. The purchase of helicopters for this purpose is extremely expensive, so they are mostly rented, while drones with all the equipment can be bought for a fraction of the cost, sometimes less than 10% of the price of helicopters. From a value creation perspective, if the appropriate sensors are installed, this method also provides equivalent data and is suitable for identifying vegetation encroachment, tearing, leakage, breakage, and similar operational errors.

Keywords: drone, UAV, fixed-wing, business, powerline, pipeline, inspection

Dr. Sziroczák Dávid adjunktus Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar Repüléstudományi és Hajózási Tanszék	Dávid Sziroczák, PhD Associate Professor Budapest University of Technology and Economics Faculty of Transportation Engineering and Vehicle Engineering Department of Aeronautics and Naval Architecture
sziroczak.david@kjk.bme.hu orcid.org/0000-0002-0949-8912	sziroczak.david@kjk.bme.hu orcid.org/0000-0002-0949-8912
Fendrik Ármin fejlesztőmérnök Mould Tech Systems armin.fendrik@mouldtech.hu orcid.org/0000-0001-6510-444X	Ármin Fendrik R&D Engineer Mould Tech Systems armin.fendrik@mouldtech.hu orcid.org/0000-0001-6510-444X
Szilágyi Dávid doktori hallgató Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar Repüléstudományi és Hajózási Tanszék	Dávid Szilágyi PhD student Budapest University of Technology and Economics Faculty of Transportation Engineering and Vehicle Engineering Department of Aeronautics and Naval Architecture
dszilagyimail@gmail.com orcid.org/0000-0001-9789-9195	dszilagyimail@gmail.com orcid.org/0000-0001-9789-9195

Köszönetnyilvánítás

A projektet a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap (NKFIH) finanszírozta. Projekt címe: „Innovatív és újszerű megoldásokra épülő többcélú merevszárnyú drón és a fejlesztéséhez szükséges kompetenciák létrehozása”. A pályázat azonosítószáma: 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00139. A szerzők ezúton is köszönik a pénzügyi támogatást.

