

Hajnal Kornél, Hegyi Fanni Rozália, Békési Bertold

## Multikopteres drón tervezése, fejlesztése és felhasználása

*Napjainkban egyre nagyobb szükség van a különböző képességekkel rendelkező, sokoldalúan használható drónokra mind polgári, mind katonai célokra. Jelentős érdeklődés mutatkozik olyan újszerű drónok kifejlesztése iránt is, amelyek képesek autonóm módon, különböző környezetekben és helyszíneken önállóan figyelni és különböző küldetéseket teljesíteni. Az elmúlt évtizedben e drónok széles körű alkalmazási lehetőségei kapták a legnagyobb figyelmet, ami a különböző méretű és tömegű drónok különböző típusainak feltalálásához vezetett. A különböző mérnöki képzések során is kiemelt szerepet kap a drónok alkalmazása. A cikkben a szerzők egy megépített multikopteres drón fejlesztését és a végterméket, magát a drónt mutatják be, amely a precíziós mezőgazdaságban alkalmazható.*

**Kulcsszavak:** UAV, UAS, szenzor, multikopteres drón, mesterséges intelligencia, precíziós mezőgazdaság

### 1. Bevezetés

Az elmúlt évtizedben robbanásszerűen megnőtt a pilóta nélküli légi járművek<sup>1</sup> alkalmazásainak száma. Már 2008-ban is azt vizionálták, hogy a pilóta nélküli robotok új korszakot hoznak a mezőgazdaságban [18]. Kezdetben az UAV-eket főként a katonai területeken használták, és ez az UAV-k piaci részesedésének 90%-át tette ki [22]. A katonai területen például feldehárításra, hírszerzésre, az ellenséges tevékenység megfigyelésére, rádiótechnikai átjátszásra, rádióelektronikai- és radarrendszerek zavarására, támadására, ellenséges egységek megfigyelésére, földi célpontok elleni támadásra (csapásmérésre), rakéták elterelésére és még számos más katonai cél megvalósítására alkalmazzák [16], [22], [24], [25].

Napjainkban a tudomány és a technológia fejlődésével az UAV-k különböző modulokat, például érzékelőket (szenzorokat) [14], kamerákat [27] és LiDAR integráltak, így a polgári felhasználás területén egyre szélesebb körben alkalmazhatók. A hagyományos légi járművekkel szemben az UAV-k olyan előnyökkel rendelkeznek, mint a kompakt méret, a multifunkcionalitás, a költséghatékonyság, a kedvezőbb gyártási és karbantartási költségek. Mindezeket figyelembe véve – a szabadidős és ipari érdekek – az UAV-k piaci részesedése a nem katonai

<sup>1</sup> UAV, más néven drónok, pilóta nélküli légi/repülőgépes rendszerek (UAS) vagy távirányítású repülőgépes rendszerek (RPAS).

területen több mint 50%-ra nőtt. A legfrissebb adatok szerint az UAV-k globális piaci mérete 2022-ben 32 milliárd USD-t tett ki, és az előrejelzések szerint 2028-ra elérheti a 72 milliárd USD-t, ami 14,4%-os összetett éves növekedést feltételez [15], [30].

A pilóta nélküli repülőeszközök az élet számos területén felhasználhatók [8]. A szerkezetbe integrált érzékszerveknek – fedélzetén alkalmazott szenzoroknak [19], [28], [29] – kell biztosítaniuk a pilóta nélküli repülőeszköz háromdimenziós mozgásának koordinálásához szükséges információt, a külső környezetből nyert adatok, mért vagy érzékelt mennyiségek alapján [8], [28].

A [6] irodalom a követelmények és a feladatok jellegének hasonlósága miatt az UAS-k alkalmazásait a következők szerint értékeli: ellenőrzés, felmérés és térképezés; mezőgazdasági és környezetvédelmi kutatás; keresési és mentési feladatok; postai küldemények és egyéb árucikkek kézbesítése; katonai feladatok; tengeri és víz alatti feladatok; úrfeladatok és egyéb alkalmazások.

Cikkünk szempontjából a polgári felhasználás területén az UAV-k széleskörűen alkalmazhatók a mezőgazdaságban. Az UAV-technológiát számos országban a kártevők lokalizálására (például kukoricamolyle), a földhasználat, ültetvénytípus ellenőrzésére, állományfelmérésre, levélfelület-indexek kiszámítására, a növényi magasság ellenőrzésére, terménybecsléshez, talajnedvesség-becsléshez, a nitrogénhiány feltérképezésére, gyomtérképkészítésre, termelés-monitoringra, talajosztályozásra, az állattartási tevékenység nyomon követésére alkalmazzák [4].

A „Mezőgazdaság 2050 projekt” szerint a világ népessége 2050-re eléri a 10 milliárd főt [26], és ahhoz, hogy ilyen sok ember élelemhez jusson, rekordmennyiségű élelmiszert kell előállítani [21]. Következésképpen az élelmiszer-termelés kb. 70%-os növelésére lesz szükség [14], [26]. Az élelmiszer-termelés arányának növeléséhez a mezőgazdaságban automatizálásra, robotikára, információs szolgáltatásokra és intelligenciára van szükség, amely egyesíti az információs és kommunikációs technológiákat (IKT), a robotikát, a mesterséges intelligenciát (MI) és a dolgok internetét.<sup>2</sup> Az intelligens mezőgazdaság aktív terület, amely új lehetőségeket termel a jövőre nézve [20].

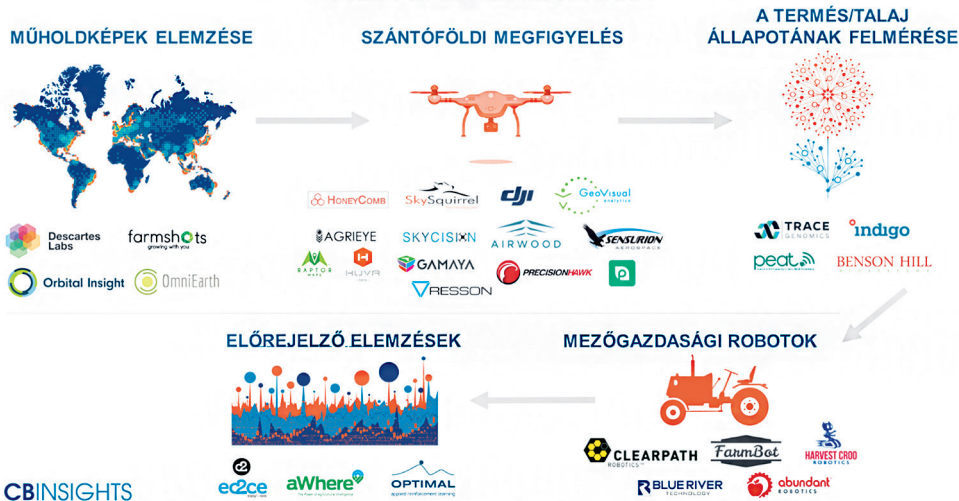
Terjeszkedése középpontjában a mezőgazdasági robotok állnak, amelyek közül a pilóta nélküli légi járműveket (UAV) széles körben alkalmazták. Az UAV-k jelentősen csökkentették a munkaidőt, ami nagyobb stabilitást, mérési pontosságot és termelékenységet eredményezett. Tehát nemcsak olcsóbbak, mint legtöbb más mezőgazdasági gép, hanem könnyen kezelhetők is. Ezen túlmenően alkalmazásuk hozzájárult a mezőgazdaság számos területének bővüléséhez, ideértve a rovarirtó- és műtrágyakutatást és -permetezést, a vetőmagvetést, a gyomfelismerést, a termékenyséértékelést, a térképezést, a termés-előrejelzést és még számos más alkalmazást [3], [13], [14], [20], [21].

A CB Insights adatbázis-kutatásai alapján azonosította a mezőgazdaságban működő robotikai és mesterséges intelligenciával foglalkozó vállalatokat, és 5 nagy kategóriába sorolta azokat fókuszterületük szerint (1. ábra) [17].

A főbb UAV-vállalatok közé tartozik a DJI, a Parrot, a PrecisionHawk, az AgEagle és a Trimble Navigation. Bár számos UAV-t fejlesztettek ki, és hoztak forgalomba, a fejlett mezőgazdasági megoldásokhoz még mindig vannak megoldásra váró kihívások [20].

<sup>2</sup> Internet of Things – IoT.

## A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA + ROBOTIKA 5 FELHASZNÁLÁSI ESETE A MEZŐGAZDASÁGBAN



1. ábra

A mezőgazdaságban működő robotikai és mesterséges intelligenciával foglalkozó vállalatok 5 nagy kategóriája (Békési Bertold [17] alapján)

## 2. Saját fejlesztésű multikopteres drón

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar repülőműszaki specializáció harmadéves hallgatóiként számunkra a drónok nem csupán hobbit, hanem szakmát is jelentenek. A képzés során több alkalommal is érintettük a drónok tématerületét, és a különböző gyakorlati foglalkozások keretén belül találkoztunk is ezekkel az eszközökkel. Tervezett szakdolgozataink témája is ezen eszközök tématerületét öleli fel, mivel az irántuk érzett érdeklődés részünkről már több éve tart. Az elmúlt évek folyamán testközelből figyeltük a multikopteres drónok iparágának robbanásszerű fejlődését. Ez a fejlődés elsősorban Kínából és Japánból indult. Az iparág fejlődésének megértéséhez szükséges tisztában lennünk Kína mezőgazdasági helyzetével. Az itt található mezőgazdasági területek közel egyharmadán foglalkoznak árasztásos rizstermesztéssel, így a területen történő állománykezelés nehézkes, lassú folyamat, amely csak jelentős, a kultúrában okozott taposási kárral érhető el. Az itt található átlagos mezőgazdasági művelés alatt álló földterületek mérete jóval kisebb, mint az európai mezőgazdasági birtokoké. Kínában a földterületek mértékegysége a mou (mu), amely pontosan egy hektár (ha) tizenötöd részével egyenlő. Kezdetben a permetező drónokat kis méretű és nehezen megközelíthető mezőgazdasági területekre szánták, csak később, mintegy 4 éve kezdtek el elsősorban európai, valamint amerikai piacra is drónokat gyártani.

Célunk egy olyan multikopteres (négy forgószárnyas) drón létrehozása volt, amely megfelel az ipar által megkövetelt elvárásoknak:

- magas minőség;
- felhasználóbarát, folyamatosan fejlődő szoftveres környezet;
- megfizethető ár.

Mielőtt elmerülnénk a részletekben, fontos megemlítenünk, hogy a projekt megvalósulásához szükségünk volt partnercégre, amely támogat minket, és technikai segítséget nyújt. A 4 év alatt számos kínai gyártóval és beszállítóval dolgoztunk együtt, így alakult ki a kapcsolatrendszerünk Kína egyik legnagyobb UAS- és UGS-gyártó és -fejlesztő cégcsoportjával, amely 7 cégből áll, és csaknem 70 ha területen helyezkedik el. A cégről röviden azt érdemes tudni, hogy már 8 éve foglalkozik a rendszerek fejlesztésével. Jelenlegi kapacitásuk egy nagy tételű megrendelés esetében kb. 200 db gép hetente.

Nemrég kötöttünk a cégcsoporttal kizárólagos forgalmazói szerződést. Jelenleg az előkészületek a forgalmazáshoz folyamatban vannak. Előkészületek alatt értjük a raktárhelyiség és a műhely kialakítását, a weboldal elkészítését [2], illetve egyéb szükséges marketingeszközök gyártását. A forgalmazáshoz szükséges engedélyek már rendelkezésre állnak, jelenleg is vannak megrendeléseink, amelyeket gyors szállítással 14–21, standard szállítási idővel 60 naptári nap alatt tudunk teljesíteni.

## 2.1. A multikopteres drón

Az UAV-ket felépítésük alapján merev, forgószárnyas, hibrid és biológiai alapú kategóriákba sorolhatjuk [6], [9], [10], [11], [12]. A [6] irodalom a négy forgószárnyas drónt a drónok nem hagyományos kategória szerinti osztályozása alapján a mini pilóta nélküli légi járművek (MAV) kategóriájába sorolja, az UAS-ek különböző konfigurációi alapján pedig a forgószárnyasokéba.

Az utóbbi idők talán legnépszerűbb játéka a „Quad rotor” (négy forgószárnyas), amelynek lényege a két-két szemben forgó elektromotorok „egybefűzése”, így a dőlés és a függőleges tengely körüli elfordulás a rotorok fordulatszámával szabályozható. Az „igazi” helikopterhez képest nagy előny, hogy a lapátállásszögeket nem kell változtatni. A fordulatszám gyors változtatására különösen alkalmas „outrunner” – külső mágneses, kefe nélküli – motorok vezérlésére a GYRO-stabilizált fedélzeti elektronika szolgál [11].

Az általunk készített drón (2. ábra) moduláris egységekből épül fel, aminek célja az egyszerű gyártástechnológia, valamint az univerzális felhasználás. Gépünk három fő egységből épül fel, amelyek a következők:

- platform;
- hasznos teher (*payload*);
- energiaellátás.



2. ábra  
A multikopteres drón [2]

### 2.1.1. Platform

Tervezéskor elengedhetetlen volt a robusztus törzs létrehozása, amely képes szélsőséges körülmények között is üzembiztosan és hatékonyan működni, ideértve a különböző vegyszerek és a por elegyét, amely általában vastag rétegben rakódik le a használat során a drón felületére, illetve egyéb környezeti és fizikai behatásokat is. A moduláris felépítésnek köszönhetően a gyártás és a karbantartási folyamatok időben és költségben jelentősen redukálhatóak.

A platform mérete nyitott állapotban  $2500 \times 2500 \times 700$  mm, zárt állapotban pedig  $800 \times 900 \times 800$  mm, amelynek részét képezi a törzshöz kapcsolódó 4 db kompozit kar, amelyhez 4 db forgószárnyszerkezet kapcsolódik, ezzel X-elrendezésű platformot hozva létre. A drón vezérléséért felelős hardvermodulok a törzs középső részében kaptak helyet egy rezgéskorrekciós gumiplatformon, ezzel biztosítva épségüket, illetve elkerülve a vibrációból adódó esetleges koordinációs zavarokat. A platform tömege 20 kg, maximális felszállótömege pedig meghaladja a 100 kg-ot, mindeközben felhajtóerő-tömeg aránya nem csökken 1,8 alá, ezzel biztosítva a gyors és erőteljes manőverezést.

A platformon található továbbá a törzsbe integrálva az elülső, illetve a hátoldali szenzor, amelynek érzékelési távolsága maximum 30 m, illetve a LiDAR-alapú magasságérzékelő szenzor, amelynek érzékelési távolsága ugyancsak maximum 30 m. A platform részét képezi továbbá 2 db 1080P felbontású kamera, illetve 4 db 2000 lm teljesítményű reflektor.

A drón nyílt forráskódú repülésvezérlőt használ, amelynek előnye, hogy nemcsak a mezőgazdaságban, de az ipar számos egyéb szegmensében is feladatorientálttá tudjuk tenni, akár jövőbeli ügyfeleink igényei szerint.

A multikopter vezérléséhez jelenleg H12 típusú kontrollert (4. ábra) használunk, amely 6 km hatótávolsággal, illetve 12 h-nyi folyamatos üzemidővel rendelkezik.



3. ábra  
A H12 távirányító [1]

### 2.1.2. Hasznos teher (*payload*)

A hasznos teher a drónunkon, amelyet jelenleg használunk, egy permetező tartály, amelyet külön rögzítünk a platformhoz. Ezt hangoljuk össze a drón repülésvezérlő moduljával. Jelenlegi platformunk a vegyszeres állománykezelésre van optimalizálva, amelynek részét képezi az 55 l-es tartállyal felszerelt talpszerkezet, amelyből 50 l a valós tartályméret, 5 l pedig a tágulási rész. A szórórendszer 2 db 8 l/min teljesítményű nagynyomású pumpával (üzemi nyomása 4,8 bar), 4 db szűrővel, 2 db 8 l/min teljesítményű centrifugális szórófejjel és átfolyásmérővel van felszerelve.

### 2.1.3. Energiaellátás

A hagyományos repülőgépek repülési ideje sokáig növelhető légi utántöltéssel. A multi-drónok esetében ez nem lehetséges, így más megoldások kerültek előtérbe. Ahhoz, hogy a későbbiekben is fel tudják használni a meglévő energiát, fontos az energiatároló rendszer alkalmazása. Alapvetően két eszköz áll rendelkezésre: az üzemanyagcellák és az akkumulátorok. Az üzemanyagcella egy galvánelem, amely átalakítja az üzemanyag kémiai energiáját elektromos energiává. Lényegesen nagyobb a teljesítménysűrűsége, mint az akkumulátoroké [5]. Drónunk építése során az alacsonyabb költségek érdekében az akkumulátort választottuk. Ez szolgáltatja az energiát a drón motorjainak és a vezérlésnek. A biztonságos és egyszerű használat érdekében kizárólag okosakkumulátorokat használtunk. Ezekről az akkumulátorokról elmondható, hogy töltési idejük jellemzően 15–20 min (gyorstöltővel), élettartamuk garantáltan több mint 1000 töltési ciklus. Optimális üzemi hőmérsékletük kb. 0–40 °C fok közé esik. Az említett hőmérséklet-tartomány fölött vagy alatt romlik az akkumulátor kapacitása. Gondozásmentesek, így a tárolás miatt sem kell aggódnunk. A drón két biztonsági modullal van ellátva, amelyek jelentős védelmet biztosítanak akkumulátorainknak és a felhasználók számára is. Ez a két modul az akkumulátor biztonsági modulja (Battery Management Unit – BMU), illetve a szikrázásgátló modul (Anti Flash Module – AFM) [1].

A BMU védőáramköri rendszerként funkcionál. Ellenőrzi az akkumulátor állapotát, környezetét, adatokat számol, jelenti, majd kiegyensúlyozza azokat, tehát megvédi az akkumulátort. Megakadályozza bármely cella biztonságos működési értékének túllépését. Ezenkívül kiegyenlíti az akkumulátorok töltöttségi állapotát, ezáltal maximalizálja a kapacitást. A BMU működésbe léphet például túláram, túlfeszültség vagy alacsony feszültség esetén [5].

Az AFM feladata pedig, hogy hosszú távon épen tartsa csatlakozóinkat, valamint érintésvédelmi feladatot is ellát. 14 cellaszám feletti akkumulátoroknál már akár 58–60 V feszültségről is beszélhetünk, amikor is az esetleges sérülések elkerülése érdekében az érintésvédelem nagyon fontossá válik [1].

A pilóta nélküli légi rendszer tervezésének, földi és légi üzemeltetésének kulcskérdése a repülésbiztonság és a biztonság általában [6]. A repülőtechnika működése (ebbe a drónt is beleértjük) és a repülések biztonsága függ a megbízhatóságtól [7]. A drón biztonságos és kényelmes üzemeltetéséhez legalább 3 db akkumulátor szükséges. Miért is vetődik fel a kérdés? 1 h időtartamban szeretnénk feladatokat végrehajtani, jelen esetben permetezést. Az eszközünk repülési ciklusa kb. 20 min. Egy akkumulátorunk töltési ideje, ahogy korábban is írtuk 15–20 min. Ezáltal az akkumulátorokat folyamatos forgásban használjuk. Az egyik épp használatban van, míg a másikat töltjük, és szükség van egy, már pihentetett harmadik akkumulátorra is. Így tudjuk biztosítani, hogy ne a töltőről frissen levett és felmelegedett akkumulátor kerüljön vissza a drónba. Ezzel a módszerrel, hogy nem két, hanem három akkumulátort használunk, jelentősen megnöveljük azok élettartamát.

Az energiaellátásért jelenleg egy 18S 28 000 mAh teljesítményű akkumulátor felelős (4. ábra). A repülési idő üresen akár a 30 min-t is elérheti, a jelenlegi *payloaddal* pedig 20 min repülést tesz lehetővé. Ez pontosan egytartálynyi vegyszer kijuttatására alkalmas, illetve a maximum távolság megtételére kétszer +20% tartalék.



4. ábra  
Az Okcell 18S akkumulátor [1]

### 3. Összefoglalás

A cikkben a szerzők egy megépített multikopteres drón fejlesztését és a végterméket, magát a drónt mutatták be röviden, amely a precíziós mezőgazdaságban is alkalmazható. A különböző mérnöki képzések során kiemelt szerepet kap a drónok alkalmazása. A mezőgazdasági termelés hatékonyságát, produktivitását folyamatosan növelni kell ahhoz, hogy a bővülő igényeket ki tudja elégíteni. Digitalizáció, automatizáció, gépi tanulás, mesterséges intelligencia és precízió – ezek manapság jószerével minden gazdasági ágban a kulcsszavai. Nincs ez másképp a mezőgazdaság területén sem, ugyanis a digitalizáció és a precíziós mezőgazdaság nem független egymástól. Digitalizáció elképzelhetetlen precizitás nélkül. Ma már két-három naponta frissülő műholdképeket tölthet le bárki az internetről akár ingyenesen is, amelyen áttekintheti saját tábláinak állapotát, és a növényállomány visszajelzéseiből egyértelműen lehatárolhatja a szántóföldnek azokat a zónáit, amelyek eltérő kezelésre szorulnak. A műholdképek alapján azt is meg lehet határozni, hogy honnan kell talajmintát venni, hol kell tovább vizsgálni, hogy az átlagostól eltérő növénynövekedési mintázatot mi okozhatja.

A precíziós mezőgazdaság legújabb munkáinak többsége az általunk is fejlesztett és épített többrotoros UAV-t használ. Ez elsősorban annak tudható be, hogy a legtöbb alkalmazásnál a vizsgált terület nem túl nagy. Emiatt nem szükséges nagy sebességű és nagy területeket lefedni képes UAV-eket használni. Így a forgószárnyú drónokat részesítik előnyben a következő előnyök miatt: könnyű kezelhetőség, lassabb sebesség, jobb manőverezési képesség, viszonylag alacsony költség. Ezek az előnyök nagyobb lehetőségeket biztosítanak az információgyűjtéshez a növényekről a képalkotás révén, amely az UAV-k fő felhasználási területe a növényzet megfigyelésében. Azokban az esetekben, amikor a megfigyelési terület viszonylag nagy, előnyben részesítik a merev szárnyú repülőgépeket, amelyek lehetővé teszik a teljes terület rövid időn belüli megfigyelését [14]. Ugyanakkor a precíziós mezőgazdaság irányítási rendszeréhez nagy mennyiségű bemenő információra lesz szükség a jövőben, méghozzá olcsón, és ezt jelentős részben drónokkal gyűjtik majd.

### Felhasznált irodalom

- [1] ADT Solution. A mezőgazdasági drónszett tartozékai. Online: <https://agrodronetech.hu/spg/930300,1048612/A-mezogazdasagi-dronszett-tartozekai>
- [2] ADT Solution. ADT 450 mezőgazdasági drón. Online: <https://agrodronetech.hu/>
- [3] S. Alexandris et al., „Integrating Drone Technology into an Innovative Agrometeorological Methodology for the Precise and Real-Time Estimation of Crop Water Requirements,” *Hydrology*, 8. évf. 3. sz. 131. p. 2021. Online: <https://doi.org/10.3390/hydrology8030131>
- [4] Bakó G., „UAV és RPAS technológia a légi távérzékelésben. UAS és RPAS technológia légi fotogrammetriai alkalmazása. Felhasználási lehetőségek, elérhető típusok és szoftverek, előnyök és kockázatok, jogi környezet,” Elemző tanulmány a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet megbízásából. Budapest, Magyarország: Interspect Csoport, 2015. Online: <https://acrsa.org/documents/BGUASMFGI.pdf>
- [5] Békési B., Juhász M., „Pilóta nélküli légi járművek energia forrásai,” *Economica*, 7. évf. 1. sz. pp. 92–100. 2014. Online: <https://doi.org/10.47282/ECONOMICA/2014/7/1/4311>

- [6] Békési B., Major G., „A drónok konfigurációi, alkalmazási területei,” in *Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2022: Konferenciakiadvány*. Nyíregyháza, 2022. 06. 02. (Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Magyar Tudományos Akadémia [MTA] Debreceni Területi Bizottság [DAB] Műszaki Szakbizottsága), Páy G. szerk. Nyíregyháza, Magyarország: Nyíregyházi Egyetem, 2022, pp. 301–307.
- [7] Békési B., Papp I., Szegedi P., „UAV-k légi és földi üzemeltetése,” *Economica*, 6. évf. 2. sz. pp. 99–117. 2013. Online: <https://doi.org/10.47282/ECONOMICA/2013/6/2/4422>
- [8] Békési B., Seres J., „Drónok alkalmazásának lehetőségei,” *Repüléstudományi Közlemények*, 3. sz. pp. 5–19. 2020. Online: <https://doi.org/10.32560/rk.2020.3.1>
- [9] Békési B., „Pilotó nélküli légijármű típusok sárkányszerkezeti megoldásai,” in *Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban*, Debrecen, Magyarország: Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága, 2013, pp. 122–132.
- [10] Békési B., „Pilotó nélküli légijárművek jellemzése, osztályozásuk,” in *Pilotó nélküli repülés profiknak és amatőröknek*, Palik M. szerk. Budapest, Magyarország: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2013, pp. 65–109.
- [11] Békési B., „UAV-k sárkányszerkezeti megoldásai,” *Szolnoki Tudományos Közlemények*, 15. évf. pp. 1–11. 2011.
- [12] Békési L., Békési B., „Merevszárnyú pilóta nélküli légijárművek (UAV-k),” *Szolnoki Tudományos Közlemények*, 17. évf. pp. 7–34. 2013.
- [13] Dairy & Ag Tech NOW. How UAV's Are Changing The Future Of Agriculture. Online: <https://dairynow.ca/how-uavs-are-changing-the-future-of-agriculture/>
- [14] D. C. Tsouros, S. Bibi, P. G. Sarigiannidis, „A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture,” *Information*, 10. évf. 11. sz. 349. p. 2019. Online: <https://doi.org/10.3390/info10110349>
- [15] F. Outay, H. Abdullah Mengash, M. Adnan, „Applications of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in Road Safety, Traffic and Highway Infrastructure Management: Recent Advances and Challenges,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 141. évf. pp. 116–129. 2020. Online: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.09.018>
- [16] 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, Magyarország: Ludovika, 2022, pp. 101–120. Online: <https://bit.ly/4b7RTcG>
- [17] GeoVisual Analytics. GeoVisual Featured in CB InSights Market Map of Companies Bringing AI and Robotics to Agriculture. July 2017. Online: [www.geovisual-analytics.com/geovisual-featured-in-cb-insights-market-map-of-companies-bringing-ai-and-robotics-to-agriculture/](http://www.geovisual-analytics.com/geovisual-featured-in-cb-insights-market-map-of-companies-bringing-ai-and-robotics-to-agriculture/)
- [18] H. Aasen et al., „Quantitative Remote Sensing at Ultra-High Resolution with UAV Spectroscopy: A Review of Sensor Technology, Measurement Procedures, and Data Correction Workflows,” *Remote Sensing*, 10. évf. 7. sz. 2018. Online: <https://doi.org/10.3390/rs10071091>
- [19] J. Fraden, „Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications,” Springer, 2010. Online: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6466-3>
- [20] J. Kim et al., „Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Review of Perspective of Platform, Control, and Applications,” *IEEE Access*, 7. évf. pp. 105100–105115. Online: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932119>

- [21] Kárfelmérésre, permetezésre használja a drónokat a mezőgazdaság. Online: [www.auto-szektor.hu/hu/content/karfelmeresre-permetezesre-hasznalja-dronokat-mezogazdasag](http://www.auto-szektor.hu/hu/content/karfelmeresre-permetezesre-hasznalja-dronokat-mezogazdasag)
- [22] K. Lam Pham et al., „The Study of Electrical Energy Power Supply System for UAVs Based on the Energy Storage Technology,” *Aerospace*, 9. évf. 9. sz. 500. p. 2022. Online: <https://doi.org/10.3390/aerospace9090500>
- [23] Kovalcsik E., „Lesz mit enni 2050-ben?” *Magyar Mezőgazdaság*. Online: <https://magyar-mezogazdasag.hu/2019/06/11/lesz-mit-enni-2050-ben?page=1>
- [24] Major G., „Etikus-e a drónok használata?” *Honvédségi Szemle: A Magyar Honvédség központi folyóirata*, 144. évf. 2. sz. pp. 100–106. 2016. Online: <https://kiadvany.magyar-honvedseg.hu/index.php/honvszemle/article/view/799/789>
- [25] Major G., „A pilóta nélküli légitármű rendszerek használata az elektronikai hadviselésben,” *Repüléstudományi Közlemények*, 29. évf. 3. sz. pp. 309–312. 2017. Online: [www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017\\_3/2017-3-22-0490\\_Major\\_Gabor.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_3/2017-3-22-0490_Major_Gabor.pdf)
- [26] M. C. Hunter et al., „Agriculture in 2050: Recalibrating Targets for Sustainable Intensification,” *BioScience*, 67. évf. 4. sz. pp. 386–391. 2017. Online: <https://doi.org/10.1093/biosci/bix010>
- [27] P. Ridden, „Dji's Latest Cinema Drone Flies 8K Full-Frame Gimbal Camera,” *New Atlas*. Online: <https://newatlas.com/drones/dji-inspire-3-cinema-drone/>
- [28] Szegedi P., Békési B., „Az UAV-on alkalmazható szenzorok,” in XIV. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia. Mesterházy B. szerk. Szombathely, Magyarország: Nyugat-magyarországi Egyetem, 2015, pp. 175–182. Online: [http://publicatio.nyme.hu/613/1/TTK\\_14\\_Nemzetkozi\\_Konf\\_Eloadasok\\_201500516.pdf](http://publicatio.nyme.hu/613/1/TTK_14_Nemzetkozi_Konf_Eloadasok_201500516.pdf)
- [29] Szegedi P., Békési B., „Sensors on Board of the Unmanned Aerial Vehicles,” in *Transport Means 2015: Proceedings of 19th International Scientific Conference*. Kaunas, Litvánia: Kaunas University of Technology, 2015, pp. 219–222.
- [30] Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Market Size to Reach USD 72,320 Million by 2028 at a CAGR of 14.4%. Online: <https://prn.to/3Qizu5G>

---

## ***Design, Development and Use of a Multicopter Drone***

*Nowadays there is an increasing need for versatile drones with different capabilities for both civil and military purposes. There is also significant interest in developing novel drones capable of autonomous surveillance and mission accomplishment in different environments and locations. Over the past decade, the wide range of applications for these drones has received the most attention, leading to the invention of different types of drones of different sizes and weights. Due to the similarity in requirements and the nature of the missions, the applications of UASs are assessed according to the following categories: inspection, survey and mapping; agricultural and environmental research; search and rescue (SAR) missions; delivery of mail and other goods; military missions; maritime and underwater missions; space missions and other applications.*

**Keywords:** UAV, UAS, sensor, multicopter drone, artificial intelligence, precision agriculture

---

Hajnal Kornél BSc-hallgató Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar <a href="mailto:kishajnalmed@gmail.com">kishajnalmed@gmail.com</a> <a href="https://orcid.org/0009-0007-1191-5096">orcid.org/0009-0007-1191-5096</a>	Kornél Hajnal BSc Student Óbuda University Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering <a href="mailto:kishajnalmed@gmail.com">kishajnalmed@gmail.com</a> <a href="https://orcid.org/0009-0007-1191-5096">orcid.org/0009-0007-1191-5096</a>
Hegyi Fanni Rozália BSc-hallgató Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar <a href="mailto:hegyifannisuli@gmail.com">hegyifannisuli@gmail.com</a> <a href="https://orcid.org/0009-0004-1754-5901">orcid.org/0009-0004-1754-5901</a>	Fanni Rozália Hegyi BSc Student Óbuda University Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering <a href="mailto:hegyifannisuli@gmail.com">hegyifannisuli@gmail.com</a> <a href="https://orcid.org/0009-0004-1754-5901">orcid.org/0009-0004-1754-5901</a>
Dr. Békési Bertold alezredes, egyetemi docens Nemzeti Közszerológiai Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék <a href="mailto:bekesi.bertold@uni-nke.hu">bekesi.bertold@uni-nke.hu</a> <a href="https://orcid.org/0000-0002-5709-789X">orcid.org/0000-0002-5709-789X</a>	Bertold Békési, PhD Lieutenant Colonel, Associate Professor Ludovika University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Department of Aircraft Onboard Systems <a href="mailto:bekesi.bertold@uni-nke.hu">bekesi.bertold@uni-nke.hu</a> <a href="https://orcid.org/0000-0002-5709-789X">orcid.org/0000-0002-5709-789X</a>

---

