



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

Pilóta nélküli légi járművek alkalmazása a mezőgazdasági
tevékenységben

Készítette:

Nagy Marcell

Konzulens:

Dr. Kővári Botond

2022 november

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	1
1. Bevezetés	2
2. A drónok áttekintése	3
2.1. A drónokkal kapcsolatos alapvető ismeretek	3
2.2. Drónok Osztályozása	5
2.3. Drónhasználat Magyarországon	8
2.4. Kötelességek drón üzemeltetőként	10
3. Mező- és erdőgazdasági munkavégzés	12
3.1. Mezőgazdasági repülés célja	12
3.2. Jelentősége, szerepe.....	14
3.3. A Mezőgazdasági UAV-K Irányítása	16
3.4. Drónok használata a mezőgazdaságban	18
3.5. Szenzorok, kamerák alkalmazása az eszközökön	20
4 Esettanulmány egy adott földterület permetezéséről	23
4.1. Módszer bemutatása és a kiinduló adatok felvétele.....	23
4.2. Számítás Promethee módszerrel	25
4.3. Számítás kiértékelése	31
5. Összefoglalás	32
Irodalomjegyzék	33

1. Bevezetés

A drón egy pilóta nélküli repülőgép. A drónokat hivatalosan pilóta nélküli légi járműveknek(UAV- Unmanned Air Vehicle) vagy pilóta nélküli légi jármű-rendszereknek nevezik. Lényegében a drón egy repülő robot, amely távolról vezérelhető vagy önállóan repülhet, szoftver vezérelt repülési tervek segítségével, amelyek a fedélzeti érzékelőkkel és a globális helymeghatározó rendszerrel (GPS) együtt működnek.

Drón és UAV közötti különbségek

A drón olyan pilóta nélküli repülőgép vagy légi jármű, amelyet távolról, önállóan lehet irányítani. Az UAV a pilóta nélküli légi jármű rövidítése, ami pilóta nélkül is repülhet.

Leggyakrabban a média és a hadsereg által használt Drone kifejezést fogja hallani, és az UAV-t. A Drone és az UAV szavak ugyanazt jelentik, és felcserélhetően használhatók. Mindkettő olyan légi eszköz, amely képes repülni, úgyhogy egy ember távolról irányítja őket, vagy a legfejlettebb esetekben emberi beavatkozás nélkül repülnek.[1]

A dolgozatomban, a manapság egyre jobban elterjedő drónokat szeretném bemutatni. Mivel nagyon gyorsan fejlődik a technológia, ezért egyre nagyobb szerepet kapnak, különböző területeken. A kutatás során a mezőgazdasági használatuk tűnt a legérdekesebbnek számomra, ezért a mezőgazdasági alkalmazásuk kerül bemutatásra.

A második fejezetben egy általános ismertetőt mutatok be, amely a drónokról ad tájékoztatást. Az eszközök különféle csoportosításáról, bizonyos rövidítések magyarázatáról, magyarországi helyzetükről és arról, hogyan lehet valaki drón üzemeltető.

A harmadik fejezetben, az általam választott mezőgazdasági repülésről kutattam. Bemutatja, hogyan és miként változott a mezőgazdaság szerepe az elmúlt években, illetve milyen korábbi járműveket alkalmaztak bizonyos tevékenységek ellátására. Ezen kívül, ez a fejezet már a drónok mezőgazdasági szerepét és működését is ismerteti.

Végezetül a dolgozatom negyedik részében, a Promethee gazdasági módszerrel, több járművet is összehasonlítok és egy adott feladat ellátására rangsorolom őket alkalmasság szerint. Céлом, hogy szemléltessem a mai drónok megfelelőségét a mezőgazdasági tevékenységekben.

2. A drónok áttekintése

Az UAV-okat leggyakrabban a hadsereghez társítják. Kezdetben légvédelmi gyakorlására, hírszerzésre és még el fegyverplatformokként is használták őket. A drónokat ma már számos polgári szerepben is használják, többek között a következőkben: keresés, megfigyelés, forgalomfigyelés, időjárás-megfigyelés, tűzoltás, személyes használat, drón alapú fényképezés, videófelvétel, mezőgazdasági tevékenységek, kézbesítési szolgáltatások. Az 1. ábra bemutatja nekünk, milyen egy személyes használatra alkalmas drón. [1]

2.1. A drónokkal kapcsolatos alapvető ismeretek

A drónoknak két alapvető funkciója van: repülés és navigáció. A repüléshez a drónoknak áramforrással, például akkumulátorral vagy üzemanyaggal kell rendelkezniük. Rotorokkal, propellerekkel és vázzal is rendelkeznek. A drón váza általában könnyű, kompozit anyagból készül, hogy csökkentse a súlyt és növelje a manőverezhetőséget.



1.ábra: A legjobb drónok kezdőknek [2]

A drónoknak vezérlőre van szükségük, amely lehetővé teszi az üzemeltető számára, hogy távirányítót használjanak a repülőgép elindításához, navigálásához és leszállásához. A vezérléshez rádióhullámokat használnak, például Wi-Fi segítségével kommunikálnak a drónnal.

A navigációs rendszerek, mint például a GPS, általában a drón orrában található. A drón navigációs rendszere közli a pontos helyzetét a vezérlővel. A fedélzeti magasságmérő szolgáltatja a magassági információkat. A magasságmérő segíti a drónt egy adott magasságon tartani, ha a vezérlő kijelöl egyet. [3]

A drónok érzékelőkkel szerelhetők fel, beleértve az ultrahangos, lézeres vagy lidar távolságérzékelőket, a repülésidő-érzékelőket, a kémiai érzékelőket, valamint a stabilizációs és orientációs érzékelőket. A vizuális érzékelők álló- és videó adatokat kínálnak. A piros, zöld és kék érzékelők szabványos vizuális vörös, zöld és kék hullámhosszokat gyűjtenek, a multispektrális érzékelők pedig látható és nem látható

hullámhosszokat, például infravörös és ultraibolya hullámhosszokat gyűjtnek. A gyorsulásmérők, giroszkópok, magnetométerek, barométerek szintén gyakori drón felszerelések.

A hőérzékelők lehetővé teszik a felügyeleti és biztonsági alkalmazásokat, például az állatállomány megfigyelését és a test hőmérsékletük észlelését. A hiperspektrális érzékelők segítenek azonosítani az ásványi anyagokat és a növényzetet, és ideálisak a növények egészségében, a vízminőségben és a felület összetételében.

Egyes drónok érzékelőket használnak az akadályok észlelésére és az ütközések elkerülésére. Kezdetben az érzékelőket úgy tervezték, hogy észleljék a drón előtti tárgyakat. Egyes drónok most öt irányban biztosítják az akadályészlelést: elöl, hátul, lent, fent és oldalról oldalra.

A leszálláshoz a drónok vizuális helymeghatározó rendszereket használnak lefelé néző kamerákkal és ultrahangos érzékelőkkel. Az ultrahangos érzékelők határozzák meg, hogy a drón milyen közel van a földhöz. [3]

Ahhoz, hogy tovább tudjunk haladni, fontos tisztázni a pilóta nélküli repülő eszközök alapvető terminológiáját, amibe beletartoznak maguk a repülő járművek és a repülésüket biztosító rendszerek. Ezeket a magyarázatokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A drónokkal kapcsolatos rövidítések magyarázatai [4]

Rövidítés	Jelentése	Fogalma
UAV	Unmanned Air Vehicle	az a légi jármű, ami teljesen egyedül, a programja szerint repül, pilóta nélkül.
UAS	Unmanned Aircraft System	a járművön kívül a működést biztosító rendszerek összessége. Ez tehát magában foglalja a földi irányító állomást, a kommunikációs csatornákat, a műszaki felkészítő és karbantartó rendszereket, az indító és a visszaérkezést biztosító és magát a rendszert vezérlő, irányító, kiszolgálóembereket is.
RPV	Remotely Piloted Vehicle	esetenként RPA – (Remotely Piloted Aircraft) az a légi jármű, amit a pilóta távolról, a járművön kívül irányít.
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System	lényegét tekintve ugyanaz, mint az UAS. Ezt a távirányított repülőgép rendszer elnevezést, az európai civil alkalmazásokat szorgalmazó szervezetek használják elsősorban, hogy ezzel jelezzék a különbséget, a katonai rendszerekhez képest

2.2. *Drónok Osztályozása*

A méret gyakran fontos tényező annak eldöntésében, hogy melyik UAV megfelelő egy adott feladat elvégzéséhez. Emiatt ez is az egyik fő módja annak, hogy az UAV-okat méret szerint kategorizálva csoportosítsuk. Vessünk egy mélyebb pillantást az egyes méretosztályozásokbantalálható néhány jellemzőre.

- *Nagyon kicsi / Micro- / Nano-UAV:*

A nagyon kicsi UAV-ok mindössze két centiméter hosszúak és maximum 50 centiméterhosszúak lehetnek. Méretük és súlyuk láthatatlanná teszi őket, ezért gyakran használják felderítésre és felügyeletre őket. Mivel természetes kialakításuk annyira hatékony, népszerűek a nagyon kis UAV-k közül azok, amelyek rovarokról modellezhetőek, melyek szárnyai vagy csapkodnak vagy forognak, hogy fenntartsák őket.

A méret korlátozza azokat a tartományokat, amelyekben repülhetnek, mivel azokat mind a radarok, mind az elektro-optikai / infravörös érzékelők észlelhetik. Méretük korlátozza magasságukat és sebességüket is, mivel általában kevesebb, mint 125 méter magasra tudnak repülni és kevesebb, mint 50 m/s sebességgel repülnek.

- *Kis / Mini-UAV:*

A kis UAV-ok valamivel nagyobbak, alig több mint 50 centiméter szélesek és körülbelül két méter hosszúak. Általában rögzített szárnyú vagy forgószárnyas rotorral rendelkeznek. Kis méretük miatt a legtöbb kis UAV-t 125 méteren belül reptetik, másodpercenként kevesebb mint 50 méteres sebességgel.

- *Közepes UAV-k:*

A közepes UAV-k hosszabbak (vagy szélesebbek) két méternél. Képesek 5500 méternélkisebb magasságban repülni, akár 125 m/s sebességgel is. Általában 5-10 méter hosszúak vagy szárnyfeszítávolsággal rendelkeznek. A kis UAV-okhoz hasonlóan gyakran rögzített szárnyú vagy forgószárnyas rotorral rendelkeznek. De a kis UAV-kal ellentétben általában túl nehezek ahhoz, hogy egyetlen személy manuálisan indítsa el őket. Több emberre van szükségük, hogy hordozzák őket, vagy más módszerrel indítják el őket.

- *Nagy Uav-ok:*

A nagy UAV-ok azok, amelyeket a legtöbb ember elképzel, amikor az UAV típusairól beszélnek. Ezek az amerikai hadsereg harci műveleteinek szabványai. A nagy UAV-ok előnye, hogy kifinomult elektronikus rendszerrel rendelkeznek, például radarnak, elektronikus hadviselésnek és kommunikációs rendszereknek köszönhetően nagyon nagy távolságból repülhetnek védett légtérbe. Méretük azt is lehetővé teszi, hogy 5500 méternél nagyobb magasságban repüljenek 125 m/s-nál nagyobbsebességgel.[5]

Az UAV-k kategorizálhatók az általuk elérhető célok és küldetések szerint is, amelyet a 2. táblázat foglal össze. Ha a teljesítmény és a tartomány fontosabb, mint az elrejtés, az UAV-típusok általában tartomány szerint vannak kategorizálva.

2.táblázat: Teljesítmény szerinti kategorizálás [6]

Hatótáv	Leírás
Közeli	A közeli hatótávolságú UAV-ok hatótávolsága akár 50 km is lehet, és általában akár hat órán át is a levegőben maradhatnak. Kis méretük és hatótávuk miatt gyakran használják őket közeli felderítő küldetésekhez
Rövid	Ezek az UAV-ok kissé messzebb, akár 150 km-re is utazhatnak. A legjobb rövid hatótávolságú UAV-k akár 12 órán át is repülhetnek. Hasonló kontextusban használják őket, mint a közeli UAV-okat, de kiterjesztett hatótávolságuk és üzemidejük számos küldetéshez jobb választássá teszi őket. Ezek azonban lényegesen drágábbak, mint sok közeli repülésre használt UAV.
Középkategória:	A középkategóriás UAV-ok akár 650 km-t is megtehetnek a vezérlőjüktől. Körülbelül 12 óra az üzemidő, általában hasonló repülési idővel rendelkeznek, mint a rövid hatótávolságú UAV-ok. Hatótávolságuk a rövid és közepes hatótávolságú UAV-ok között van, de egyszerre közel két napig tudnak repülni. Ezek az állóképességi UAV-ok nagyszerűek hosszabb megfigyelési küldetésekhez

A maximális repülési magasság vagy repülési üzemidő egy másik teljesítménymérték, amellyel az UAV-ok besorolhatók. Ez akkor is hasznos, ha a felhasználó kiválaszt egy UAV-ot, amely megfelel a magassági igényeinek. Néhány UAV katonai felhasználás miatt olyan tulajdonságokkal rendelkezik, ami megfelel alacsony látási viszonyban, hogy elkerüljék, hogy észlelje és megsemmisítse őket az ellenség, ezért a magasság fontos követelmény. A képalkotáshoz és a felderítéshez is nagyobb magasságra van szükség a maximális terep képének megszerzéséhez. Alacsony, közepes és nagy magassági repülés szerinti osztályozás javasolt az UAV-ok maximális felső határ szerinti elosztására.

Alacsony tengerszint feletti magasság: Bármely UAV, amely 1000 méterig repül. Ezek az UAV-ok a microel evezést kapták. Ezek az UAV-k ebben a szakaszban nem nagy használatra vannak, és elsősorban tapasztalati jellegűek.

Közepes magasság: Közepes kategóriájú UAV maximális repülési magassága 1000m és 10000m között van. Az UAV-k többsége ebbe a kategóriába tartozik.

Nagy magasság: Minden UAV, amelyek több mint 10000 méter magasra tudnak repülni. Ide tartozik a 2. ábrán látható RQ-4 Global Hawk nevezetű amerikai katonai UAV

is. Aggodalomra adhat okot, hogy ezek az UAV-ok zavarhatják a kereskedelmi és katonai repülőgépeket. Azonban csúcstechnológiás ütközésselkerülő rendszereket fejlesztenek ki és integrálnak ezekben az UAV-okba, amelyek egyébként lakott légtérben repülnek. [7]



2.ábra: RQ-4 Global Hawk katonai felderítő drón [8]

Mivel az UAV-kat különböző feladatokhoz használják, különböző hajtóművekre van szükségük ezeknek a küldetéseknek a végrehajtásához.

Az UAV-okban található különböző típusú motorok a Turbofans, a Two strike, a Dugattyú, a Rotary, a Turbopropeller, a Push and Pull, az Electric és a Propeller. Ezek közül a motortípusok közül az elektromos és a dugattyú a leggyakoribb motorok.

Mint a legtöbb légiforgalmi alkalmazásban, a repülőgép súlyával a hajtómű mérete és teljesítménye is növekszik, így ez az UAV-nál is fontos tényező.

A könnyebb, kisebb UAV-k elektromos motorokat használnak, míg a Theheavier, harcra kész UAV, dugattyús motorokat használ. Az UAV-ban szereplő motor típusán kívül az UAV-besorolás fontos szempontja a maximum magasság és a hatótáv. A megfelelően kiválasztott motor növeli az UAV magasságát és hatótávolságát.

Számos személyes felhasználásra alkalmas drón áll rendelkezésre a felhasználók számára. Ezek szabványos 250-1000g közötti HD videokamerával rendelkező eszközök. Az üzemeltetők gyakran kezdők, akik egyszerűen szórakozásból vagy versenyzés céljából repülnek.

Erősebb, alkalmasabb drónok is rendelkezésre állnak kereskedelmi környezetben. Az Insitu, amely a Boeing cég, kínálja a ScanEagle-t, egy UAV-ot, amelynek 3 méter szárnyfesztávolsága van, és a súlya 15,5 kg. Az Insitu építi az Integrátort is, egy 36,8 kilós repülőgépet, amelynek 4,87 méter szárnyfesztávolsága van. Az insitu drónok nem indulnak a kifutópályákról. Ehelyett VTOL képességeket használnak a vállalat hordozó rakétáiban és helyreállítási rendszerében. A rendelkezésre álló érzékelők közé tartoznak az elektrooptikai képalkotók, a közepes hullámú infravörös szenzorok, az infravörös markerek és a lézeres távolságmérők.

A tűzoltók drónokkal vizsgálják meg az érintett területet, hogy meghatározzák a kár mértékét és a tűz terjedésének gyorsaságát. Az készített képek részletesen ismertetik a károkat.

A televíziós hálózatok drónokat használnak sportesemények felvételeinek rögzítésére, például rögzített és élő felvételekre, amelyeket egyébként nehéz lenne rögzíteni. A drónok használatának meg kell felelnie az FAA (Federal Aviation Administration- Szövetségi Légügyi Hatóság) előírásainak, valamint a sportliga, a helyszín és a helyi bűnüldöző szervek szabályainak

A biológiai érzékelőkkel ellátott drónok nem biztonságos területekre repülnek, hogy levegő- vagy vízminőségi értékeket készítsenek. Azt is ellenőrizhetik, hogy vannak-e bizonyos mikroorganizmusok és légköri elemek.

Az UAV technológia továbbra is érdekes volt a hadsereg számára, de gyakran megbízhatatlan és költséges volt. Miután aggodalmak merültek fel a kémrepülőgépek lelövésével kapcsolatban, a hadsereg újra felvetette a pilóta nélküli légi járművek témáját. 1982-ben az izraeli légierő UAV-kat használt a szíriai flotta megsemmisítésére, minimális veszteséggel az izraeli erők profitáltak. Az izraeli UAV-k csaliként működtek, zavarták a kommunikációt, és valós idejű videofelderítést kínáltak. [1]

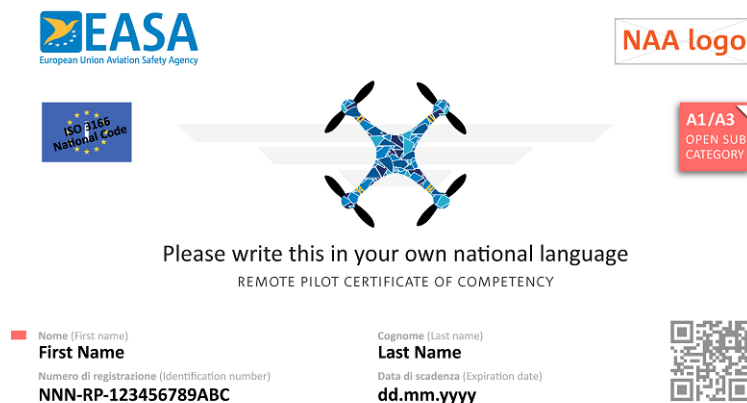
2.3. Drónhasználat Magyarországon

Magyarországon az eszköz és üzemeltető regisztrációt a Légügyi Hivatal Pilóta Nélküli Légijárművek osztálya végzi. Regisztrációs kötelezettség van érvényben minden drónra, amely tömege nagyobb mint 250 g és rendelkezik kamerával. Azonban a magyar Légügyi Hivatal is az EASA (European Union Aviation Safety Agency- Európai Repülésbiztonsági Ügynökség) által kiadott jogszabályokat követi.

A pilóta nélküli légi jármű-rendszer – a pilóta nélküli játék légi jármű kivételével – akkor veheti igénybe a magyar légtér, ha a légiközlekedési hatóság nyilvántartásba vette. Az erre irányuló kérelem és jogszabályi feltételek fennállta esetén a légiközlekedési hatóság a pilóta nélküli légi jármű-rendszert nyilvántartásba veszi. Az EASA által kiállított jogosítvány a 3. ábrán látható.

A 2019/947-es és a 2019/945-ös uniós rendelet meghatározta a polgári drónok biztonságos üzemeltetésének keretét az európai égbolton. Kockázatalapú megközelítést alkalmaznak, és mint ilyenek, nem tesznek különbséget a szabadidős vagy a kereskedelmi polgári dróntevékenységek között. Amit figyelembe vesznek, az a polgári drón súlya és specifikációi, valamint az a művelet, amelyet el kell végezni.

Az (EU) 2019/947 rendelet, amely 2020. december 31-től alkalmazandó valamennyi uniós tagállamban, beleértve Norvégiát és Liechtensteint is (várhatóan hamarosan Svájcban és Izlandon is alkalmazandó lesz), a legtöbb polgári drónműveletet és azok kockázati szintjét előírja. A polgári drónműveletek három kategóriáját határozza meg: a "nyitott", a "konkrét" és a "tanúsított" kategóriát.



3.ábra: EASA által kiállított jogosítvány [9]

A "nyitott" kategória az alacsonyabb kockázatú polgári drónműveletekkel foglalkozik, ahol a biztonság biztosított, feltéve, hogy a polgári drón üzemeltetője megfelel a tervezett működésre vonatkozó követelményeknek. Ez a kategória három alkategóriára oszlik, nevezetesen az A1, A2 és A3. A "nyitott" kategóriába tartozó működési kockázatok alacsonynak minősülnek, ezért a repülés megkezdése előtt nincs szükség működési engedélyre.

A "különleges" kategória a kockázatosabb polgári drónműveletekre vonatkozik, ahol a biztonságot a drónüzemeltető biztosítja azáltal, hogy a művelet megkezdése előtt operatív engedélyt kap az illetékes nemzeti hatóságtól. Az üzemeltetési engedély megszerzéséhez a drónüzemeltetőnek kockázatértékelést kell végeznie, amely meghatározza a polgári drón(ok)biztonságos működéséhez szükséges követelményeket

A "tanúsított" kategóriában a biztonsági kockázat lényegesen magas; ezért a biztonság biztosítása érdekében mindig szükség van a drón üzemeltetőjének és drónjának tanúsítására, valamint a távoli pilóta(ok) engedélyezésére.

A drón akkor tanúsított, ha rendelkezik a Nemzeti Légügyi Hatóság által kiadott légialkalmassági bizonyítvánnyal (vagy korlátozott légialkalmassági bizonyítvánnyal). Ebben az esetben regisztrációt igényel. Tanúsított drónra csak akkor van szükség, ha a művelet kockázata megköveteli. Tehát soha nem szükséges tanúsítás a "nyitott" kategóriában üzemeltetett drónok esetében.[10]

A könnyű UAS-kezelői tanúsítvány (Light UAS-operator Certificate-LUC) szervezeti jóváhagyási tanúsítvány. A drónüzemeltetők felkérhetik a nyilvántartásba vételt tanúsító Nemzeti Légiközlekedési Hatóságot, hogy értékeljék szervezetüket annak bizonyítására, hogy képesek maguk is felmérni a művelet kockázatát. A drónüzemeltetők által bizonyítandó követelményeket az (EU) 2019/947 rendelet C. része határozza meg. Ha a Nemzeti Légügyi Hatóság elégedett, LUC-engedélyt (Light UAS-operator Certificate- Könnyű UAS-üzembentartási Tanúsítvány) ad ki, és az érettségük alapján jogosultságokat ad ki a drónüzemeltetőknek. A kiváltságok lehetővé tehetik a szervezet számára, hogy engedély nélkül engedélyezze a műveleteket.

A jogosultságok a következők közül egy vagy több lehet:

- szabványos forgatókönyvek hatálya alá tartozó műveletek végzése a nyilatkozat benyújtása nélkül;
- a drónüzemeltető által végzett és a PDRA hatálya alá tartozó, engedélykérelem nélkül végzett öngedélyezési műveletek;
- engedélyezi a drónüzemeltető által engedély nélkül végzett valamennyi műveletet.[13]

2.4. **Kötelességek drón üzemeltetőként**

Drón üzemeltetőként, felelősséggel be kell tartani mindenkinek az Európai drón szabályokat. Ezen felül követni kell drónnal kapcsolatos szabályokat és üzemeltető utasításokat, a biztonság fenntartása érdekében. A 4. ábra is erre hívja fel a figyelmet.

A drónnal elvégzett tevékenységek, minden használónak a saját felelőssége alá tartozik. A biztonságos repülés érdekében az Európai Szabályzatot kell követni.

Minden új drón tulajdonosnak regisztrálnia kell, mint drón üzemeltető. Minden ország saját Légügyi Hatósága foglalkozik a drón regisztrációval. Az internetes regisztráció során fel kell tüntetni a regisztrációs számot a drónon.



4.ábra: Infographics for Drones [11]

Egy online képzést és teszteket kell mindenkinek elvégeznie, hogy rendelkezik a megfelelő ismeretekkel, hogy üzemeltető lehessen. Fontos, hogy ha C2-es drónnal rendelkezik, akkor további elméleti képzést és vizsgákat kell végeznie.

Mindig látótávolságon belül lehet a drónnal repülni. Meg kell bizonyosodni, hogy látja a drónját és el tudja kerülni a felmerülő akadályokat és embereket. Nem lehet 200m-nél magasabbra repülni. Maradni kell 120m alatt és távol kell tartani az eszközt a repülőgépektől.

Tartani kell a megfelelő távolságot az emberektől és ingatlanoktól. Maradjon távol az emberektől és ingatlanoktól. Különösen ne repüljön tömeg felett. C3 és C4 engedéllyel tartson 150m távolságot a lakott területektől, illetve 30m távolságot az emberektől.

Ellenőrizze, hogy hol engedélyezett a repülés. Ellenőrizze és tisztelje a földrajzi korlátozásokat, amelyeket a Nemzeti LégügyiHatóság határoz meg. Maradjon távol a repülőterektől, légterektől és repülőgépektől.

Tisztában kell lenni, hogyan lehet repülni a drónnal és biztosítani kell, hogy ismeri a drónját és tudja irányítani.

Készítse fel a drónt minden repülésre. Ellenőrizze, hogy a drón fel van töltve, kalibrálva van és a használati utasítás szerinti biztonsági feltételeknek megfelel.

Tisztelje az emberek magánéletét és ne csináljon képeket, videókat vagy hangfelvételeket másokról az őbeleegyezésük nélkül. [12]

3. Mező- és erdőgazdasági munkavégzés

3.1. Mezőgazdasági repülés célja

A mezőgazdasági repülőgépek kényelmes platformot biztosítanak a precíziós mezőgazdaság támogatásához, amelyben peszticidet, műtrágyát vagy más terepi inputokat csak akkor alkalmaznak, ha szükség van rájuk. Ez megtakarítja a vegyi és mezőgazdasági erőforrásokat, és csökkenti a környezeti terhelést. A távérzékelést a terület kezelésének területeinek észlelésére használják, és a repülőgép fedélzetén lévő változó sebességű alkalmazási rendszerek szükség szerint megváltoztathatják a mező bemenetének mennyiségét a mező egyes szakaszaihoz. Mind a távérzékelés, mind a változó sebességű alkalmazás mezőgazdasági repülőgépekkel valósítható meg. Egy izgalmas, önálló távérzékelési alkalmazás termikus képeket használ a növényi víz mennyiség észlelésére. A Stoneville Mississipp-i USDA ARS Alkalmazás- és Gyártástechnológiai Kutatási Egység (APTRU) kutatói hőkamerákat telepítettek a mezőgazdasági repülőgépekre ennek elérése érdekében. Az 5. ábra egy korábbi mezőgazdasági repülőgépet mutat.



5.ábra: Korábban használt mezőgazdasági repülő [14]

A repülőgépeken lévő globális helymeghatározó rendszereket (GPS) a terepi bemenetek alkalmazására szolgáló területek megtalálására használják, de távérzékelő kamerák indítására is használják őket. Így ezeket a rendszereket értékelték a pozicionálás pontossága szempontjából, hogy a kamerák a megfelelő időben indíthatók legyenek, és a terepbemeneteket időben alkalmazzák. Az automatikus áramlásszabályozó eszközök a mezőgazdasági repülőgépeken használt változó sebességű alkalmazási rendszerek szíve, és folyamatosan értékeli őket a pontosság és a válaszidő szempontjából, amikor az alkalmazás áramlási aránya megváltozik. Kutatásokat végeznek annak érdekében, hogy segítsék a rendszer gyártóját az automatikus változtatható sebességű áramlásszabályozó rendszer fejlesztésében. Annak érdekében, hogy a változó sebességű légi alkalmazásrendszerek praktikusak

legyenek, az új permetező fúvókák, amelyek viszonylag állandó permetcseppméretet tartanak fenn a rendszer nyomásától függetlenül, elengedhetetlenek ahhoz, hogy a célon kívüli permetezési sodródás minimális legyen, és a permetezés alkalmazása hatékony legyen a termés és a kártevők elleni védekezéshez.

A mezőgazdasági repülőgépek tervezése, bár alapvetően ugyanaz, mint egy jó közüzemi repülőgép esetében, kiemelt prioritást kell adnia a robusztus építésnek és a szerkezeti biztonságának. A szerkezeti meghibásodásnak tulajdonítható baleseti arány körülbelül 10%, ami alacsony, figyelembe véve a repülőgépek magas betöltését és a gyakran használt durva légicsapásokat. A szerkezeti integritás mellett a mezőgazdasági légi járműnek védelmet kell nyújtania a repülés során és lehetőség szerint baleset esetén a vegyi terheléssel szemben. Az ütközésvédelem a következő tényezőket foglalja magában, amelyek a kifejezetten mezőgazdasági használatra tervezett légi járműbe vannak beépítve:

- a lehető legnagyobb mennyiségű energiaelnyelő szerkezetet kell a kísérleti projekt elé helyezni; a vegyi tartályt, a szivattyút, az elemeket és más nehéz alkatrészeket szintén a pilóta előtt kell elhelyezni;
- a pilótafülkét a pilótafülke védelmének fő szerkezeti elemeként kell megtervezni; a keretnek ütközés esetén inkább kifelé, mint befelé kell hajlania; és mind a borulás, mind az előretekintő ütközés védelmet kell biztosítani;
- az üzemanyagtartályokat a lehető legtávolabb a pilótafülkétől és a motortól, a szárnyakban kell elhelyezni;
- a pilótafülke területén nem haladhatnak át kapák, szelepek vagy a vegyi szállítórendszer bármely része, és a repülőgépen nem szabad gáznyomásos rendszereket használni megfelelő tervezési megfontolás és a rendszerek hasznosan specifikus kormányzati ellenőrzése nélkül.

Az év végén lehet, hogy légi vetést alkalmaznak, ami azt jelenti, hogy vetőmagot szórnak a repülőből. Ezek a fedőnövények a szezonon kívül (összel tavasszal) nőnek, amikor a fő készpénznövények nem nőnek. Segítenek megvédeni a talaj és a víz minőségét.

Az év közepén előfordulhat, hogy növényvédő szereket alkalmaznak. A peszticidek segíthetnek a gyomok szabályozásában az adott területen, amelyek tápanyagokat és vizet vesznek el a növényekből, rovarokat irtanak a szántóföldön, amelyek megesszik a növényeket, vagy gombanövekedést akadályozzák a területen, amely megtámadja a növényeket. Amikor egy repülőgép (vagy egy másik eszköz) peszticideket alkalmaz, a folyadék nagy része víz, amely hordozóként működik, kis mennyiségű peszticid keverékével. Mivel a peszticidek és a légi alkalmazás valódi költségekkel jár, ezeket csak akkor alkalmazzák, ha feltétlenül szükséges a növény védelme érdekében.

Bár a peszticidek légi permetezése még mindig gyakoribb lehet ezeknél a gépeknél, a légi vetés egyre népszerűbb!

A repülőgépek és néha a helikopterek előnyösek lehetnek, mert nem kell átrepülniük a terepen. minden alkalommal, amikor más mezőgazdasági gépek áthaladnak egy mezőn, művelik a talajt, és nem áll fenn a veszélye annak, hogy károsítják a növényeket. Mivel a nagy szerszámokkal oda-vissza vezetés veszélyezteti a talajt, a gazdálkodóknak nagyon óvatosnak kell lenniük azzal kapcsolatban is, hogy mennyire nedves a mező, mielőtt megpróbálnának belépni ezekhez a gépekhez. Ha a talaj túl nedves, a talaj nagy hatással lehet, és a szerszámok akár elakadhatnak is.

Később a szezonban, amikor a növényeket teljesen kitermelik, a gazdálkodóknak speciális eszközökre is szükségük van ahhoz, hogy áthaladjanak a területen, amelyek keskeny kerekekkel rendelkeznek, hogy ne törjék össze a növényeket. Ezek a szerszámok nem olcsók, és nem minden gazdálkodó birtokolna egyet, azonban egyes gazdálkodók és agrárvállalkozások egyéni permetezésre állnak rendelkezésre.

Ha kifejezetten a fedőnövényekre gondolunk, a légi vetés is több lehetőséget adhat arra az esetre, amikor ezeket a növényeket ültetik. A hagyományos vetőberendezéssel a gazdálkodónak be kell takarítania a fő növényzetét (gondoljon a kukoricára vagy a szójababra), mielőtt elültethetné a fedőnövényét. A légi vetés közben, a magokat lehet vetni, míg a termés még mindig növekszik, és közben történik a termés betakarítása. Ez időt takarít meg, és extra talajvédelmet tesz lehetővé arra a néhány napra vagy hétre, amíg a talaj csupasz lesz!

A mezőgazdasági repülőgépek repülése nagyon képzett és szabályozott kereskedelem. A legtöbb gazdálkodó, aki légi permetezést vagy vetést használ, egy harmadik felet bérel fel, amely számos területi gazdaságot fog kiszolgálni. Minden pilótának rendelkeznie kell a megfelelő engedélyekkel vagy tanúsítványokkal ahhoz, hogy repülhessen és a megfelelő műveletet elvégezhesse.[15]

3.2 Jelentősége, szerepe

A "Mezőgazdaság 2050-ben" projekt szerint a világnépesség 2050-re eléri a 10 milliárdot. Következésképpen az élelmiszer-termelés 70%-os növekedést igényel. Ahhoz, hogy emelni tudják az élelmiszer-termelési rátát, a mezőgazdaság automatizálást igényel. Az intelligens mezőgazdaság olyan aktív terület, amely új lehetőségeket ad a jövőre nézve. Az intelligens mezőgazdasági terjeszkedés középpontjában a mezőgazdasági robotok állnak, köztük a pilóta nélküli légi járműveket (UAV) széles körben alkalmazni tudnák. Az UAV-k jelentősen csökkentették a munkaidőt, ami fokozott stabilitást eredményezett, mérési pontosság és termelékenységben. Az UAV-ok nem csak olcsóbbak, mint a legtöbb más mezőgazdasági gép, de könnyen kezelhetőek. Sőt, alkalmazásuk hozzájárult a mezőgazdaság számos területének bővítéséhez, beleértve a rovarirtó és műtrágya kutatását és permetezését, vetőmag-ültetést, gyomfelismerést, termékenységi értékelést, térképezést és növény-előrejelzést. A mezőgazdasági UAV-ok piaca gyorsan növekszik, és számos kockázati

vállalkozás alakult ki. A Price-Waterhouse-Coopers piackutatása szerint, a piac a mezőgazdasági UAV-ok értéke az előrejelzések szerint körülbelül 2050-re 32,4 milliárd dollár lesz. Főbb UAV vállalatok DJI, Parrot, Precisionhawk, AGEagle és Trimble Navigation. Bár különböző UAV-okat fejlesztettek ki és kereskedelmi forgalomba hozatal előtt, néhány kihívással még foglalkozni kellett. A vezető technológiák közé tartozik a precíziós pozicionálás, a navigáció, a vezérlés, a képalkotás, a kommunikáció, az érzékelők, az anyagok, az akkumulátorok, az áramkörök és a motorok, platformtípusok, amelyek elsősorban a kutatás és fejlesztés. Más iparágakhoz hasonlóan a mezőgazdasági ágazat is konvergenciatechnológiák alkalmazásával működik. A drónoknak bizonyítottan nagy hasznát veszik az egész szektorban. Azonban mezőgazdasági UAV-ok számos technikai korlátozással szembesülnek, mint például az akkumulátor hatékonysága, az alacsony repülési idő, a kommunikációs távolság és a hasznos teher. A technikai korlátokat a mezőgazdasági megoldások következő generációjának megfelelő megközelítésével kell megoldania. Így egy terv és egy rendszer formájában a jövőbeli fejlesztéseket úgy kell kialakítani, hogy először megvitatják a legújabb technológiák, fejlesztések, precíziós műszerek és diverzifikáció alkalmazását és szerepét. [16]

A pilóta nélküli légi rendszerek (UAS) érzékelő és/vagy kommunikációs platformként való használata szintén áttörést jelentő technológia, amely óriási potenciállal rendelkezik a precíziós mezőgazdaságban. Alacsony költségű alternatív technikaként vezették be a környezeti megfigyelésben, nagy térbeli és időbeli felbontásban, valamint a képbeszerzésben. Napjainkban az UAV-k használata a mezőgazdaságban bővül, hogy segítse a gazdaság nyomon követését és döntéshozatalt. Az UAS-t különböző mezőgazdasági gyakorlatokban használják, mint például az öntözés, a trágyázás, a gyomirtás stb. Ezenkívül az UAS technológia és az új 3D rekonstrukciós modellezési technikák kombinációja lehetővé tette a termés növekedési paramétereinek növényi szintű nyomon követését. A mezőgazdasági ágazat úgy fejlődik, hogy számos kulcsfontosságú feltörekvő technológiát integrál a mezőgazdaság-élelmiszeripari termelés új és ígéretes korszakába, az úgynevezett "agrár-élelmiszeripari 4.0"-ba. Az IoT technológia, az intelligens érzékelők, a távérzékelés, az UAV technológia, az alacsony teljesítményű nagy kiterjedésű hálózatok, a nagy hatótávolságú széles látószögű hozzáférési hálózatok és a vezeték nélküli érzékelő hálózatok stb. Ezek az intelligens gazdálkodási technológiák az adatgyűjtés, az adatelemzés, az értékelés és a precíziós alkalmazási technológiák közé sorolhatók. Az intelligens mezőgazdaságban a fent említett feltörekvő technológiák különböző kombinációit sikeresen alkalmazták Európában, az Amerikai Egyesült Államokban és Ausztráliában, valamint egyes országokban, például Brazíliában, Indiában, Olaszországban és Írországon.

Az ellenőrizhetetlen időjárás miatt, mint például az erős szél és árvizek, a magas hőmérséklet és az aszályok miatt, fagyáskárok és homokviharok, a működési nehézségek drámaian növekedhetnek. A gép látásának elvesztése, amelyet elsősorban a fényintenzitás befolyásol. Példaként, amikor speculáris visszaverődés vagy más

fényszennyezés van a mezőgazdasági területen, ez nem csak a drónpilótákat teheti kényelmetlen helyzetbe, de zavarja az OA-rendszer felismerését és megítélését is.[16]

3.3 A Mezőgazdasági UAV-K Irányítása

Jelenleg a mezőgazdasági UAV-k számos feladatot látnak el különböző munkakörnyezetekben. Rizsföldeken, mezőkön és gyümölcsösökben használják őket, és az igények folyamatosan nőnek.

A mezőgazdasági UAV-k korlátozott kapacitású akkumulátort használnak. Ennek megfelelően különböző vizsgálatokat végeztek a gazdálkodás hatékonyságának maximalizálására használt ellenőrzési technológiákról. A mezőgazdasági UAV-vezérlés kritikus technológiai közé tartozik a repülési technológia (pl. attitűd- és magasságszabályozás, navigációs rendszerek, akadályfelismerés és elkerülés, döntéshozatal és ítélet, valamint nagyléptékű ellenőrzés). Vannak vezeték nélküli eszközök a GCS-ekkel folytatott adatkommunikációhoz is. Egy kvadkopter vezérlési technológiáját tárgyaljuk, amely a legismertebb UAV. A vezérlők három osztályba sorolhatók: lineáris, nem lineáris és tanulási alapúak. Bemutatjuk a szabványos vezérlési módszereket, és tanulmányozzuk az egyes vezérlési technológiák legújabb trendjeit.

Az UAV-k által készített mezőgazdasági terület 2D vagy 3D térképei hasznos információkkal szolgálhatnak. Például a termőföld területe, a talajviszonyok és a növények állapota modellfejlesztések és hatékonyságnövelésre használhatók. Ezért a térképészeti kutatásra továbbra is nagy hangsúlyt fektettek és nagy felbontású térképeket kaptak, amelyek UAV-képek segítségével körvonalazzák a sugárzási lehallgatás térbeli változásait. A létrehozott térképek lehetővé teszik a nyereséges precíziós mezőgazdasági feladatokat, mint például a homogén zónák agronómiai ellenőrzése és a gyümölcsminőségi területek szétválasztása. [16]

A sebességmérő permetezővel vagy a nagy területű permetezővel összehasonlítva az UAV-k csökkenthetik a peszticidek használatát és maximalizálhatják a hatékonyságot. A mezőgazdasági területek hektáronkénti peszticid-mértéke korrelál a munkavállalók betegségeinek és a környezetszennyezés kockázatának kockázatával. Az UAV minimalizálhatja a peszticidek használatát. Ez a stratégia napi 50 hektáros nagyarányú fertőtlenítést eredményez, és 0,5 hektáronként csak körülbelül 10 perc munkát igényel. Így az UAV kutatása a munkaerő-szükséglet csökkentésére törekszik. A citrus farmokat tanulmányozták, hogy meghatározzák a megelőző munka optimális szintjét azáltal, hogy különböző magasságokból permetezik őket egy UAV segítségével olyan algoritmusokat vizsgálva, amelyek automatikusan megtervezték és végrehajtották az optimális repüléseket az MSP430 használatával. Egyetlen mikrochipet csatlakoztattak az UAV-hoz, hogy maximalizálják a tisztítási művelet hatékonyságát. Vizsgálatokat is végeztek a növények feletti ellenőrzés pontosságának javítására, precíziós ellenőrzési algoritmusok kifejlesztésével. A DJI, amely nagy részesedéssel rendelkezik az UAV piacon, elindította az MG-1 modellt a peszticidek permetezésére. Az MG-1 nyolc rotorral van felszerelve,

10 kg hasznos teherrel rendelkezik, és óránként akár 4 hektárt is permetezhet. Az MG-1 automatikusan beállítja a peszticidek mennyiségét a repülési sebességnek megfelelően, hogy fenntartsa az állandó folyamatos dózist, a legkisebb mennyiségben. Ezenkívül a mikrohullámú radar és repülésirányító rendszerek integrálhatók a terep valós idejű szkenneléséhez, automatikusan mérve a növényeken belüli távolságokat centiméterben méri. Az MG-1 állandó koncentrációban tartja fenn a permetszert, függetlenül a talajmagasságtól. Az MG-1P széles látószögű lencsével van felszerelve, amelynek látószöge 123°, ami a távoli elkerülő utak egyidejű észlelésére szolgál. Az MG-1-hez képest az MG-1P öt gázt képes vezérelni egyetlen vezérlővel, növelve az UAV hatékonyságát és biztosítva az alkalmazást a gazdaságtípusok széles köréhez.



6.ábra DJI Agras MG-1 (bal) / DJI Agras T30 (jobb) [17]

Nem meglepő, hogy az ültetés hatékonyabbá tehető az UAV-k használatával. Az előnyök közé tartozik, hogy lehetővé teszik egyetlen rizsföldnek a nagy területének megmunkálását. A rendszert a vetőmagok és a növényi tápanyagok elosztására használják a vetés során, hogy tökéletes feltételeket biztosítsanak a növény növekedéséhez. Bár az UAV-k telepítése még fejlesztés alatt áll, ez a stratégia várhatóan hatékony munkát fog eredményezni, feltéve, hogy az UAV képfelismerő technológiával és optimalizált telepítési feladatokkal van felszerelve.

A növénytermesztési megfigyelés az a munka, amelyet a termés hozam vagy a termék minőségének előrejelzésére végeznek a termés adatok elemzésével. A növénytermesztés nyomon követése elengedhetetlen az optimális növénytermesztéshez. Egy nagy gazdaság ellenőrzése azonban jelentős időt és munkaerőt igényel. A nagyon nagy gazdaságokat gyakran műholdon keresztül figyelik. Ez azonban nem alkalmas precíziós növénytermesztési ellenőrzésre. Ehhez az UAV-okon keresztüli növénytermesztés-ellenőrzést javasolták. Így nagy felbontású adatokat szereztek be, és az időjárás hatásokat csökkentették vizsgálatot. A légi járművekhez csatlakoztatott könnyű kamerákból gyűjtött 3D-s adatok alkalmazására megfelelőnek bizonyultak. Mivel a használt érzékelők könnyűek, az UAV-k alacsony költséggel figyelhetik a növényeket. Vizsgálatokat végeztek a szőlő vegetációs indexének elemzésére is azáltal, hogy multispektrális kamerák segítségével adatokat szereztek a

szőlőültetvényekről. Ezek a vegetációs indexadatok fontos mutatókat szolgáltatnak a javulás és a termelékenység szempontjából.

A multispektrális kamerákkal és hőérzékelőkkel felszerelt UAV képes azonosítani azokat a területeket, ahol kevés a víz, és az RGB és NIR kamerákkal ellátott végzett tanulmány a vízgazdálkodás és az öntözés vezérlésére vonatkozó adatok megszerzésére. A tesztelők több UAV-t használtak az öntözési hatások maximalizálására. A legtöbb tanulmány a képfeldolgozásra és az adatgyűjtésre összpontosított. Néhányan azonban öntözési munkát végeztek, ahol a víz szűkös, ha peszticidek helyett vizet töltenek be. A jövőbeni intelligens gazdálkodással az öntözésautomatizálási rendszert hatékonyan alkalmazzák egy olyan együttműködési rendszer segítségével, amely integrálja az UAV-akat. [16]

3.4 Drónok használata a mezőgazdaságban

Ennek a gyorsított kiterjesztése egyértelműen megfigyelhető, és az elsődleges racionalizálása, hogy UAV egyedülálló tulajdonságokkal rendelkezik, mint például a teljes vezérlési pontosság és a fröccsöntő rendszer gyors válaszsebessége. A permetező UAV öt létfontosságú része jól kiemelhető, és a fő jellemzők a következők:

- Recepttérképes tolmácsolási rendszer és szórásvezérlő;
- Gyógyszerészeti eset;
- Hall-flow érzékelő;
- Miniatűr membránszivattyú;
- Nyomásfúvóka.

A tartályban lévő folyadék azonnal továbbítja a fúvókákat, és nyomás alatt apró cseppekre oszlik. A Hall-flow érzékelő hatékonyan használható a rendszeren belüli folyadékáramlás becslésére, és az áramlási sebesség adatai visszajuttathatók a szórásvezérlőbe. Összefoglalva, peszticidek vagy műtrágyák permetezéséhez egy permetezőgép technikailag csatlakozik az UAV tartályához. Az adott anyag egy fúvókával jön ki a tartályból. A vezérlő helyesen kezeli az egész folyamatot. Elindítja a permetező fúvókáját. A szivattyúval ellátott permetezőmotort arra használják, hogy megbízhatóan megfelelő nyomást gyakoroljanak a folyadék permetezésére egy adott stresszes területhez. A szükséges permetezési pontok optimális helyzetének kiszámításához megkülönböztető módot mutattak be. A kutatók javaslatot tettek egy módszerről a permetezési és nem permetezési mezők azonosítására, hogy valós időben megvalósítsák az autonóm UAV permetezési módszert. A megfelelő és biztonságos hasznos teherátadás megfelelő módszerét a helyspecifikus növénytermesztési elrendezésben pontosan mutatja be. A különböző permetező UAV különböző számú fúvókával, anyagáramlási sebességgel és súlykapacitással rendelkezik. A fúvókák mennyisége azonban reálisan nem az elsődleges oka a gyors áramlási sebességnek. Számos permetező fúvóka és sebesség elemzése, kiemelve a továbbfejlesztett alkalmazásokat

és a különböző típusú UAV-k teljesítményét felmerül, hogy miért kell a helyi termelőknek elfogadniuk az UAV szórási rendszert, és a válasz egyszerű.

- az UAV permetezőgép jelentős mértékben csökkenti a műtrágya és a peszticidek használatát a gazdaságban;
- az UAV-k autonómok lehetnek és simábban permetezhetnek;
- a környezetszennyezést megfelelően lehet kezelni;
- az UAV általában korlátozza az emberi érintkezést veszélyes vegyi anyagokkal vagy káros gázokkal. Korlátozottabb számú képzett munkaerőre vagy munkaerőre van szükség;
- az UAV szórási rendszer értékes időt takarít meg a termelők számára, és óriási mértékben javítja a biztonságot;
- a tereptől függően az UAV alapú permetezőrendszer jelentősen csökkenti a költségeket. Az UAV permetező rendszer zseniális algoritmus alapján működik

Az ökológiai állattenyésztés az, ahol valaki fokozatosan tenyészt az állatokat az előnyben részesített élelmiszerekért, és nyereségért értékesíthet. Az állatállomány kiemeli a rusztikus környezetben figyelemre méltóan termesztett állatokat, hogy konstruktívan hozzájáruljon az iparhoz és a termelési eszközökhöz, például a húshoz, a tojáshoz, a tejhez, a bőrhöz stb. Az állattenyésztés elsősorban tenyésztést, termesztést és hizlalást foglal magában. Ez az innovatív technológia kegyesen segíti a szorgalmas gazdálkodókat abban, hogy éberem figyelemmel kísérjék és ellenőrizzék állataikat és a kívánt területet. A technológia pozitívan javíthatja az állatok egészségét azáltal, hogy passzívan lehetővé teszi a termelők számára, hogy azonnal reagáljanak, mielőtt egy rejtély megjelenik. Valójában az UAV alapú állattenyésztés fő módszere egyszerű.

Először is, a mezőköröket hatékonyan rögzíti egy megfelelő UAV kamera, majd a nyilvánvaló eredmény összegyűlik a privát szerveren. Végül az állattartók bárholonnan éberem figyelhetnek mindent, megbízhatóan használva telefonját vagy számítógépét. Mindazonáltal a technológia felhasználható a terület termelési képességének érdemi javítására is, amely az állatok jóléte fölé helyezhető. Az állattenyésztési módszerek kellőképpen bizonyítják az állatjólét fejlesztésének lehetőségét azáltal, hogy valós időben hatékonyan megvalósítják a jóléti helyzetek állandó képét, és megkönnyítik az aktív gyülekezetet igénybe vevő azonnali behatolásokat. Az UAV természetesen hatalmas szerepet játszhat az állattenyésztési rendszerben. Például pontosan leírja, hogy a Covid19-világjárvány kétségtelenül fokozta az élelmiszer-termelés, a kereslet és az ellátási láncra vonatkozó megállapodások intenzitását, elsősorban a gabonaeledel-termelőket és az importőr országokat sújtva. A regionális gazdaságok gazdasági teljesítményén alapuló rövid élelmiszer-ellátási lánc kevésbé fogékony a mozgási és exporttilalomokra és a kereskedelemre, mint stabil módon ezekben a törzsekben. A helyi UAV-alapú adattisztítások lehetőséget adhatnak e nehézségek kezelésére. Az UAV feladatai nagyon kezelhetők ebben a high-tech világban. A kutatók bőségesen áttekintették az UAV képzeletbeli rendszerét a vadon élő állatok felmérésére, tükrözve

az állattenyésztés élénk jövőjét. Így az ilyen típusú megfigyelési célokhoz létfontosságú a tökéletes UAV-val történő leszállás, és egyben egy alkalmazandó UAV leszállásvezérlési technikát magyaráztak el és vizsgáltak meg mezőgazdasági célokra. Ez az egyedülálló technológia még mindig bővül a kutatási szakaszban, és a vezető kutatók furcsa módon rengeteg modern funkciót adnak hozzá ebben a témában.

A juhok UAV állatállomány-megfigyelésére szolgáló képfeldolgozó és gépi tanulási rendszeren alapuló különböző termékeny beállításokat jól mutatja be. Hasonlóképpen, a juhok felismerésére és számolására szolgáló UAV-alapú konvolúciós neurális hálózatokat határozottan bemutatják, és hasonlóképpen a borjak esetében. Ezenkívül egy számozási hálózatot javasoltak a nagy felbontású UAV-képek ritka céljainak valós idejű számlálására és lokalizálására szolgáló számozási hálózatra.

Másrészt, a kiterjedt felmérés állítólag azt mutatja, hogy az UAV alapú vadon élő állatok védelme és kezelése fejlődik, mivel sokoldalúan generál valós idejű adatokat a kényelmes döntéshozatal felé. Sőt, még mindig vannak bizonyos korlátai az UAV által ellenőrzött állattenyésztésnek. [18]

3.5 Szenzorok, kamerák alkalmazása az eszközökön

A speciális érzékelőkkel felszerelt UAV-k erőteljes érzékelőrendszerekké válnak, amelyek kiegészítik az IoT-alapú technikákat. Az érzékelők szerepe a nagy térbeli és időbeli felbontású képek rögzítése, amelyek segíthetnek a növényzet számos különböző jellemzőjének megfigyelésében. A mezőgazdasági UAV-ban különböző típusú érzékelők használhatók a nyomon követendő különböző terményparaméterektől függően. Az alacsony hasznos teherbírás és a kis platformok kihasználtsága azonban számos korlátozást jelent a használandó érzékelő(k) kiválasztásában. A fő kritériumok, amelyeknek az érzékelőknek meg kell felelniük, az alacsony súly, az alacsony energiafogyasztás és a kis méret. Természetesen a fentiek mindegyikét kombinálni kell a nagy felbontású képek rögzítésének képességével. A PA esetében használt, a fenti korlátozásoknak megfelelő modern kereskedelmi fedélzeti érzékelők főként a következő négy típushoz tartoznak (Látható fényérzékelők, Multispektrális érzékelők, Hiperspektrális érzékelők, Hőérzékelők).

A fenti típusú érzékelők mellett más típusú érzékelők is használhatók, mint például a lézerszkennerek, amelyeket a szakirodalom fényérzékelésként és távolságmérésként (LiDAR) is említ. A lézerszkennerek jól bevált technológiák, amelyeket széles körben használnak a környezettudományok számára, de többnyire földi szkennelésre használják őket. A légi lézerszkennelést 1994 óta használják, amikor a kereskedelmi rendszerek elérhetővé váltak. A felülvizsgált tanulmányokban azonban nem használták őket széles körben, főként az adatgyűjtéshez használt egyéb típusú érzékelőkhöz képest megnövekedett költségek miatt. Minden érzékelőtípus figyelemmel kísérheti a növényzet különböző jellemzőit, például a növényzet színét és textúráját vagy a

növények geometriai körvonalát. Ezenkívül egyes érzékelők képesek a sugárzás felmérésére bizonyos hullámhosszakon. Ezen érzékelők által megszerzett adatok tovább dolgozhatók a növényi biomassza, a növényzet egészsége, a talajnedvesség és más fontos növényjellemzők nyomon követése érdekében a különböző növekedési szakaszokban. Permetezéshez, a drón először végigmegy az üzemeltető által meghatározott területen, amelyet az érzékelők segítségével feltérképez és utána a sorok között végig repül és úgy végzi el a feladatát. Ezt a 7-es ábra mutatja meg.



7.ábra: A környezettudatos jövőért mezőgazdasági permetező drón DJI Agras T30 [19]

Látható fényérzékelők (RGB): Az RGB érzékelők az UAV rendszerek által leggyakrabban használt érzékelők precíziós mezőgazdasági alkalmazásokhoz. Ezek viszonylag alacsony költségűek a többi típushoz képest, és nagy felbontású képeket szerezhetnek. Ezenkívül könnyen használhatóak és kezelhetők, és könnyűek. Ezenkívül a megszerzett információk egyszerű feldolgozást igényelnek. A képek különböző körülmények között, napsütéses és felhős napokon is beszerezhetők, de az időjárási viszonyok alapján meghatározott időkeretre van szükség a kép nem megfelelő vagy túlzott expozíciójának elkerülése érdekében. Figyelembe véve ezeknek az érzékelőknek a hátrányait, a fő hátránya az a tény, hogy nem alkalmasak sok olyan vegetációs paraméter elemzésére, amelyek spektrális információkat igényelnek a nem látható spektrumban. Ezeket általában a többi típusú érzékelővel párhuzamosan használják, amit a 8. ábra mutat meg.

Multispektrális vagy hiperspektrális képalkotó érzékelők használatával az UAV-k információt szerezhetnek a növényzet spektrális felszívódásáról és visszaverődéséről több sávon. A spektrális információk jelentősen hasznosak lehetnek a növények sok biológiai és fizikai jellemzőjének értékelésében. Például a növények egészségtelen részei megkülönböztethetők egy képen, mivel a vörös csatorna látható sugárzását elnyeli, míg a közeli infravörös (NIR) sugárzás erősen tükröződik. Így, még akkor is, ha még nem

látható a piros csatornán, a NIR-csatornában található információk alapján azonosítható. A spektrális információk felhasználhatók több index kiszámítására és számos növényjellemző megfigyelésére.



8.ábra: Kamera szerepe a mezőgazdaságban [20]

A termikus infravörös érzékelők rögzítik az objektumok hőmérsékletére vonatkozó információkat, és képeket hoznak létre, amelyek ezen információk alapján jelenítik meg őket, nem pedig látható tulajdonságaik alapján. A hőkamerák infravörös érzékelőket és optikai lencsét használnak az infravörös energia fogadására. Az abszolút nullánál melegebb objektumok ($-273\text{ °C}/-459\text{ °F}$) infravörös sugárzást bocsátanak ki meghatározott hullámhosszokon (LWIR és MWIR sávok) a hőmérsékletükkel arányos mennyiségben. Ezért a hőkamerák fókuszálják és észlelik a sugárzást ezekben a hullámhosszokban, és általában szürkeárnyaltos képpé alakítják a hőképhez. Számos hőérzékelő színes képeket is létrehozhat. Ezek a képek gyakran mutatják melegebb tárgyak sárga és hűvösebb tárgyak, mint a kék. Az ilyen típusú érzékelőket nagyon specifikus alkalmazásokhoz használják (pl. öntözéskezelés). Ennek eredményeként nem gyakran használják őket az UAV rendszerek PA alkalmazásaiban, amelyek a növények egyéb jellemzőinek nyomon követésére összpontosítanak.

Az UAV-k által történő képszerzés során jellemző, hogy több egymást átfedő képet szereznek a növényekről. A legtöbb esetben mind az elülső, mind az oldalsó egymást átfedő képeket rögzítik. Erre azért van szükség, mert az egymást átfedő képek felhasználhatók a növények 3D-s modelljeinek és / vagy ortofotóinak építésére, amint azt a következő szakasz tárgyalja. Az átfedés mértéke az alkalmazás típusától függ. [18]

4 Esettanulmány egy adott földterület permetezéséről

4.1 Módszer bemutatása és a kiinduló adatok felvétele

A Promethee (Preference ranking organization method for enrichment evaluation- Preferencia rangsorolási szervezeti módszer a súlyozásos értékeléséhez) egy jelentős módszer az alternatívák értékelésére a többszemponútú döntéshozatali problémák kritériumai alapján. Ezt sokféle preferenciafüggvény jellemzi, amelyeket az alternatívák közötti különbségek hozzárendelésére használnak a döntés hozatalban. [21]

Ahhoz, hogy összehasonlítást végezzek, a következő lépésekkel haladtam:

1. Meghatároztam a kritériumokat ($j=1; \dots; k$) és a lehetséges alternatívák halmazát egy döntési feladatban
2. Meghatároztam a kritériumok w_j súlyát!
3. Normalizáltam a döntési mátrixot!
4. Az eltérés meghatározása páronkénti összehasonlítással
5. Preferencia függvény meghatározása!
6. Definiáltam a többfeltételes preferencia indexet!
7. Megadtam a pozitív és negatív előzési folyamatokat!
8. Kiszámítottam a nettó áramlási értékeket és ennek megfelelően rangsorolja őket! [22]

Ebben a tanulmányban 5 mezőgazdasági eszközt mutatok be, illetve hasonlítok össze egymással és a módszer alapján kiértékelem, melyik a legmegfelelőbb választás a permetezési feladat elvégzésére. 3 különböző drón, 1 repülőgép és 1 mezőgazdasági vontató szerepel az összehasonlított járművek között. Ezeket a kiinduló adatokat a 3. táblázat tartalmazza.

A Cessna 172 SkyHawk az egyik leghatékonyabb permetező repülőgép. Egymotoros, felsőszárnyas könnyű repülőgép, a világon a legnagyobb példányszámban épített repülőgép. Rendkívül egyszerű felépítésű, megbízható repülőgép. [23]

A DJI Agras MG-1 egy oktokofter, amelyet folyékony peszticidek, műtrágyák és herbicidek precíziós alkalmazásának változó sebességére terveztek. Az Agras MG-1P esetében akár 5 drón együttes vezérlése lehetséges, akár 3 km távolságból, mindezek mellett nagy felbontású videó jelátvitellel. [24]

A DJI Agras T30 mezőgazdasági drón 30 kg-os nagy teherbírású permetező drón hatékonyabbá teszi a permetezését. Az Agras T30 mezőgazdasági drón alkalmas nagy gazdaságok permetezésére. 16 fúvókaelrendezés tovább fejleszti a cseppfűjás technológiájt. [25]

A DJI Agras T20 önálló műveleteket tud végrehajtani különféle terepeken, például termőföldeken és gyümölcsösökben. A T20 20 literes hasznos teherrel rendelkezik, 7 m-es szórásszélességgel párosítva, ezzel hatékonyabbá téve a műveleteket. [26]

Az MTZ 1025.3-as egy orosz mezőgazdasági vontató. 4x4-es hajtása, nagy cm^3 -vel rendelkező motorja és nagy üzemanyagtartója miatt megfelelő az összehasonlításunkhoz. Több művelet elvégzésére is alkalmas, legyen szó permetezésről, szántásról vagy akár tárcsázásról. [27]

Az összehasonlításban használt járművek illusztrációja a 8. ábrán látható.

. A meghatározáshoz egy 1 Ha területű gyümölcsöst vettem alapul, amelyben 8 sor található, soronként 30 darab fával. Az alábbi táblázatban láthatóak a kiindulási adatok. Jelenetős különbségek vannak a járművek között, ami az összehasonlításhoz megfelelő lesz számunkra. A 3 drón nagyjából egyforma adatokkal rendelkezik, azonban több pontban is vannak közöttük különbségek, amelyek jelentősen befolyásolják a rangsorolásunkat.



8.ábra: DJI AgrasMG-1 [24] / DJI Agras T30 [25] / DJI Agras T20 [26] / Cessna 172 SkyHawk [23] / MTZ 1025.3 [27]

3.táblázat: Kiinduló adatok a számításhoz használt járművekről és azok adataival
[saját szerkesztés]

Járművek Attribútumok	Cessna 172 Sky Hawk permetező repülőgép	DJI Agras MG-1 drón	DJI Agras T20 drón	DJI Agras T30 drón	MTZ 1025.3 mezőgazdasági vontató
Vételár [Ft]	2.590.000	1.270.000	8.136.744	6.696.000	9.780.000
Üzemanyag fogyasztás	32 l/óra	1 töltés = 4 repülési óra	1 töltés = 6 repülési óra	1 töltés = 6 repülési óra	20 l/óra
Permetezés hossza [perc]	15	25	15	15	40
Éves biztosítás költsége [Ft]	200.000	40.000	40.000	40.000	250.000
Permetanyag tartály mérete [liter]	80	10	20	30	600
Becsült éves karbantartási díj [Ft]	400.000	50.000	50.000	50.000	300.000

4.2 Számítás Promethee módszerrel

A következő táblázatban, különböző szempontok alapján osztályoztam az 5 járművet és ezek szerint egy 5-ös skálán pontoztam őket Bizonyos adatok meghatározott értéként jelennek meg, azonban egyes szempontok saját számolás alapján kerültek meghatározásra. A hatékonyság szempontnál az adott terület lepermetezésének ideje látható, ami a saját számolásom eredménye. Fogyasztási költségnél pedig az előző szempontban meghatározott idő adat és a jármű fogyasztásával együttesen meghatározott összeg került számításra. A permetezés hosszának a kiszámításához, a 8 fasort, illetve azok hosszát és a repülőgép sebességét vettem alapul. Az összes sor lepermetezéséhez a járműveknek 7x kell végig menniük és ehhez még egy fordulódőt is kalkuláltam. A $t = \frac{s}{v}$ képletet használtam. Repülőgép és mezőgazdasági vontató esetében a jelenlegi üzemanyag árakkal számolva, drónok estében pedig az aktuális energiaárakkal.

Az osztályozásban az 5-ös jelentette a kiválót, 4-es a jót, 3-as a középezt, 2-es a megfelelőt, 1-es pedig a nem megfelelőt. Végezetül egy summázással kapták a végső értékeket, amelyeket a későbbiekben fogok használni

4.táblázat:Járművek osztályozása [saját szerkesztés]

Attribútum \ Járművek	Vételár	Hatékonyosság	Üzemeltetési költségek	Meghízhatóság	Funkció	Fogyasztás költsége	Tartósság	Egyéb költségek	M
Cessna 172 Sky Hawk	4	5	2	3	4	3	3	3	3
DJI Agras MG-1	5	3	4	5	2	5	4	5	4
DJI AGRAS T20	2	5	4	5	2	5	4	5	4
DJI AGRAS T30	3	5	4	5	2	5	4	5	4
MTZ 1025.3	1	2	3	3	5	2	4	3	3

Következő táblázatban a Promethee módszerhez használt szempontok és adatok kerültek feltüntetésre. Súlyozást alkalmaztam fontossági szempontok alapján, amellyel a különböző attribútumok egymáshoz viszonyított jelentőségét határoztam meg, kolléga megkérdezésével.

5.táblázat: Összegzett adatok a számítás elkezdéséhez[saját szerkesztés]

Súlyozás	0,35	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1
Attribútum \ Járművek	Vételár [Ft]	Hatékonyosság [perc]	Karbantartási költségek [Ft]	1 óra üzemeltetés ára [Ft]	Biztosítási költségek [Ft]	Pontozás értékei
Cessna 172 Sky Hawk	2.590.000	15	400.000	24.256	200.000	3
DJI Agras MG-1	1.270.000	25	50.000	940	40.000	4
DJI AGRAS T20	8.136.744	15	50.000	110	40.000	4
DJI AGRAS T30	6.696.000	15	50.000	175	40.000	4
MTZ 1025.3	9.780.000	40	300.000	9600	250.000	3

Első lépésként az alábbi képleteket alkalmazva, előny- és költségkritériumokat vettem. Költségkritérium a vételár, a karbantartási költségek, 1 óra üzemeltetés ára és a biztosítási költségek. Előny kritérium pedig a hatékonyság és a pontozás értékei. Képletbe behelyettesítve pedig a következő értékeket kaptam.

$$R_{ij} = \frac{[x_{ij} - \text{Min}(x_{ij})]}{[\text{Max}(x_{ij}) - \text{Min}(x_{ij})]} \quad \text{Előny kritérium}$$

$$R_{ij} = \frac{[\text{Max}(x_{ij}) - x_{ij}]}{[\text{Max}(x_{ij}) - \text{Min}(x_{ij})]} \quad \text{költségkritérium}$$

$$\text{Pl.: } R_{11} = \frac{[9780000 - 2590000]}{[9780000 - 1270000]} = 0,844888$$

6.táblázat: Előny- és költségkritériumok alkalmazása [saját szerkesztés]

Cessna 172 Sky Hawk	0,844888	0	0	0	0,238095	0
DJI Agras MG-1	-0,15511	0,4	-1	-1	-0,7619	1
DJI Agras T20	0,695652	0	0,14286	0,00456	0,047619	1
DJI Agras T30	-0,30435	0	1,14286	1,00456	-0,95238	1
MTZ 1025.3	-0,30435	1	1,14286	1,00456	-0,95238	0

Ezt követően, kiszámítottam az i-edik alternatíva értékelési különbségeit a többi alternatívához képest. Vagyis, ahogyan az a táblázatban is látszik az összes jármű adatait összehasonlítottam egymással egy kivonás segítségével.

Pl. $D_{12} = 0,844888 - (-0,15511) = 1$, amely a táblázat második oszlopának első eleme.

7.táblázat: Összehasonlítás utáni értékek [saját szerkesztés]

Járművek összehasonlítása egymással						
D12	1	-0,4	1	1	1	-1
D13	0,149236	0	0,142857	0,004556	0,190476	-1
D14	1,149236	0	1,142857	1,004556	1,190476	-1
D15	1,149236	-1	1,142857	1,004556	1,190476	0
D21	-1	0,4	-1	-1	-1	1
D23	-0,85076	0,4	-0,85714	-0,99544	-0,80952	0
D24	0,149236	0,4	0,142857	0,004556	0,190476	0
D25	0,149236	-0,6	0,142857	0,004556	0,190476	1
D31	-0,14924	0	-0,14286	-0,00456	-0,19048	1
D32	0,850764	-0,4	0,857143	0,995444	0,809524	0
D34	1	0	1	1	1	0
D35	1	-1	1	1	1	1
D41	-1,14924	0	-1,14286	-1,00456	-1,19048	1
D42	-0,14924	-0,4	-0,14286	-0,00456	-0,19048	0
D43	-1	0	-1	-1	-1	0
D45	0	-1	0	0	0	1
D51	-1,14924	1	-1,14286	-1,00456	-1,19048	0
D52	-0,14924	0,6	-0,14286	-0,00456	-0,19048	-1
D53	-1	1	-1	-1	-1	-1
D54	0	1	0	0	0	-1

Az összehasonlítás után, az alábbi meghatározás szerint újabb adatokat számoltam. Ha az adat < 0 , akkor 0-át írtam a táblázatba, ha 1 akkor a súlyozás értékét, ha pedig > 1 , akkor a súlyozás értékével egy szorzást is elvégeztem. Ez az alábbi táblázatban látható.

$$P_j(a, b) = 0 \quad \text{ha } R_{aj} \leq R_{bj}$$

$$P_j(a, b) = (R_{aj} - R_{bj}) \quad \text{ha } R_{aj} > R_{bj}$$

8.táblázat: Kiértékelés súlyozás alkalmazásával [saját szerkesztés]

súlyozás						
Hasonlítás	0,35	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1
D12	0,35	0	0,15	0,15	0,1	0
D13	0,052233	0	0,02142	0,00068	0,01904	0
D14	0,402233	0	0,17142	0,15068	0,11904	0
D15	0,402233	0	0,17142	0,15068	0,11904	0
D21	0	0,06	0	0	0	0,1
D23	0	0,06	0	0	0	0
D24	0,052233	0,06	0,021429	0,000683	0,019048	0
D25	0,05223	0	0,02149	0,00063	0,01904	0,1
D31	0	0	0	0	0	0,1
D32	0,29777	0	0,128571	0,14931	0,08095	0
D34	0,35	0	0,15	0,15	0,1	0
D35	0,35	0	0,15	0,15	0,1	0,1
D41	0	0	0	0	0	0,1
D42	0	0	0	0	0	0
D43	0	0	0	0	0	0
D45	0	0	0	0	0	0,1
D51	0	0,15	0	0	0	0
D52	0	0,09	0	0	0	0
D53	0	0,15	0	0	0	0
D54	0	0,15	0	0	0	0

Az összesített preferencia függvény szerint a sorokat, szummázni kellett, amellyel egy újabb adat csoport került feltüntetésre.

$$= \left[\sum_{j=1}^n w_j P_j(a, b) \right] / \sum_{j=1}^n w_j \quad \text{összesített preferencia függvény; } \pi(a, b)$$

$$Pl.: D12 = \sum 0,35 + 0,15 + 0,15 + 0,1 = 0,75$$

9.táblázat: Sorok szummázása [saját szerkesztés]

	0,35	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	SZUM MA
D12	0,35	0	0,15	0,15	0,1	0	0,75
D13	0,0522 33	0	0,0214 29	0,0006 83	0,0190 48	0	0,0933 92
D14	0,4022 33	0	0,1714 29	0,1506 83	0,1190 48	0	0,8433 92
D15	0,4022 33	0	0,1714 29	0,1506 83	0,1190 48	0	0,8433 92
D21	0	0,0 6	0	0	0	0,1	0,16
D23	0	0,0 6	0	0	0	0	0,06
D24	0,0522 33	0,0 6	0,0214 29	0,0006 83	0,0190 48	0	0,1533 92
D25	0,0522 33	0	0,0214 29	0,0006 83	0,0190 48	0,1	0,1933 92
D31	0	0	0	0	0	0,1	0,1
D32	0,2977 67	0	0,1285 71	0,1493 17	0,0809 52	0	0,6566 08
D34	0,35	0	0,15	0,15	0,1	0	0,75
D35	0,35	0	0,15	0,15	0,1	0,1	0,85
D41	0	0	0	0	0	0,1	0,1
D42	0	0	0	0	0	0	0
D43	0	0	0	0	0	0	0
D45	0	0	0	0	0	0,1	0,1
D51	0	0,1 5	0	0	0	0	0,15
D52	0	0,0 9	0	0	0	0	0,09
D53	0	0,1 5	0	0	0	0	0,15
D54	0	0,1 5	0	0	0	0	0,15

A Szumma értékeket használva egy táblázatba felírva szemléltetem, az járművek egymással összehasonlításából kapott értékeket.

$$= \left[\sum_{j=1}^n w_j P_j(a, b) \right] / \sum_{j=1}^n w_j \text{ összesített preferencia függvény; } \pi(a, b)$$

10.táblázat: Preferencia értékek [saját szerkesztés]

Összesített preferencia függvény	Cessna 172 Sky Hawk	DJI Agras MG-1	DJI Agras T20	DJI Agras T30	MTZ 1025.3
Cessna 172 Sky Hawk	0	0,75	0,09339 2	0,84339 2	0,84339 2
DJI Agras MG-1	0,16	0	0,06	0,15339 2	0,19339 2
DJI Agras T20	0,1	0,65660 8	0	0,75	0,85
DJI Agras T30	0,1	0	0	0	0,1
MTZ 1025.3	0,15	0,09	0,15	0,15	0

Következőkben meghatározásra került a pozitív és negatív áramlási folyamat.

$$= \frac{1}{m-1} \sum_{b=1}^m \pi(a, b) \quad (a \neq b) \text{ pozitív áramlás } \varphi^+$$

$$= \frac{1}{m-1} \sum_{b=1}^m \pi(b, a) \quad (a \neq b) \text{ negatív áramlás } \varphi^-$$

11.táblázat: pozitív és negatív áramlási folyamatok [saját szerkesztés]

Áramlás Járművek	Pozitív áram	Negatív áram
	Cessna 172 Sky Hawk	0,632544
DJI Agras MG-1	0,141696	0,374152
DJI AGRAS T20	0,589152	0,075848
DJI AGRAS T30	0,05	0,474196
MTZ 1025.3	0,135	0,496696

A pozitív és negatív értékek egymásból való kivonásával megkaptam a nettó áramlási értékeket

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

$$Pl.: \varphi(a) = 0,632544 - 0,1275 = 0,505044$$

12.táblázat: nettó áramlási értékek [saját szerkesztés]

Áramlás Járművek	Pozitív áram	Negatív áram	Nettó áram
	Cessna 172 Sky Hawk	0,632544	0,1275
DJI Agras MG-1	0,141696	0,374152	-0,23246
DJI AGRAS T20	0,589152	0,075848	0,513304
DJI AGRAS T30	0,05	0,474196	-0,4242
MTZ 1025.3	0,135	0,496696	-0,3617

Végezetül a nettó áramlási értékek felhasználásával egymással rangsorolni tudtam a járműveket, amely az alábbi eredményt hozta számomra.

13.táblázat: nettó áramlási értékek [saját szerkesztés]

Áramlás				
Járművek	Pozitív áram	Negatív áram	Nettó áram	Rangsor
Cessna 172 Sky Hawk	0,632544	0,1275	0,505044	2
DJI Agras MG-1	0,141696	0,374152	-0,23246	3
DJI AGRAS T20	0,589152	0,075848	0,513304	1
DJI AGRAS T30	0,05	0,474196	-0,4242	5
MTZ 1025.3	0,135	0,496696	-0,3617	4

4.3 Számítás kiértékelése

Ahogy az a végső rangsorolásban is láthatjuk, a Promethee módszer, a DJI Agras T20-as drónt rangsorolta legalkalmasabbnak az adott földterület lepermetezésére figyelembe véve a súlyozott kritériumokat és az adott terület méreteit. Mivel a drónok akkumulátor kapacitása is véges és jelenleg hosszú töltési idővel rendelkeznek, ezért lényegesen nagyobb földterület esetén, már nem biztos, hogy ismét egy pilóta nélküli légi jármű kerülne a ranglista elejére. Ebből arra a következtetésre jutottam, hogy egy drón alkalmazása, megvétele azoknak a gazdáknak ideális, akik olyan méretű gyümölcsösökkel rendelkeznek, amelyet 1 töltéssel is le tud permetezni. Illetve fontos szempont a választásnál, hogy milyen más feladat elvégzésére szeretnék még használni őket. Egy mezőgazdasági vontató, azok számára lehet kedvező, akik nem csak a permetezési feladatokat szeretnék ellátni, hanem egyéb föld munkálatokat is. A permetező repülőgép sebessége miatt jó választás lehet, azonban magas karbantartási, biztosítási költségei és vételára miatt csak második lehetett.

Ha egy érzékenységi vizsgálattal módosítjuk a súlyozási adatokat a számolásunk végeredménye szintén változni fog. Ha a vételárnak még az általam meghatározott súlyértéknél is nagyobb jelentősége van akkor a kisebb vételárral rendelkező járművek fognak előrébb végezni a rangsorolásban.

Azonban ezeket a járműveket még több szempont szerint és különböző súlyérték módosítással lehetne összehasonlítani a gazdák tényleges igényeihez alkalmazkodva.

5. Összefoglalás

A dolgozatomban a pilóta nélküli légi járművek alkalmazását szerettem volna bemutatni a mezőgazdasági tevékenységben. Az elején a pilóta nélküli légi járműveket mutattam be és a különböző típusait próbáltam definiálni. Továbbá a különböző kategorizálási csoportok szerint vizsgáltam az eszközöket és azt, hogy mely szakterületeken tudjuk alkalmazni őket. Szerencsére ez egy fejlődő technológia és folyamatosan bővül az alkalmazási területük szélessége és egyre több feladatot tudnak ellátni velük.

A főbb témám a mezőgazdaságban betöltött szerepük és a korábban alkalmazott repülőgépek és azok alkalmazásának bemutatása. A mezőgazdaságon belül is számos területen egyre elterjedtebb a drónok alkalmazása. Rendkívül hasznosak a mezőgazdászok számára, ha termőföldünk, termésünk megfigyeléséről, kár detektálásáról vagy a termés aratásának, öntözésének, trágyázásának megtervezéséről van szó. Egyszerűen elsősorban a gazdáknak segítenek a döntéshozatalban, természetesen nem helyettesítve azt a döntésüket. Ez persze már ebben a formában is megkönnyíti a termelők mindennapi munkáját, de várni kell még néhány évet arra, hogy a drónok ne csak egy megfigyelési, felmérési eszközként lehessenek jelen a mezőgazdaságban, hanem aktív résztvevőkként is.

Gyakornokként a Légügyi Hivatalban dolgozva, volt szerencsém a Pilóta Nélküli Légi Jármű Osztályon dolgozni és betekintést nyerni a drónozás világába. Rengeteg kérelem érkezik be, mind hobby célú felhasználásra, mind mezőgazdasági alkalmazásra. Több cég is forgalmaz mezőgazdasági drónokat és végeznek mezőgazdasági tevékenységet drón segítségével. Én úgy gondolom és a számításokból is arra következtetésre jutottam, hogy pár éven belül ez lehet a legmegfelelőbb módszer a légi mezőgazdasági tevékenységekre. A technológia is fejlődik és még szélesebb körben lehet majd őket alkalmazni. Arról nem is beszélve, hogy a drónok is egyre hatékonyabbak lesznek, azonban a fenntartási költségei nagy mértékben eltérnek a gépek költségeitől. Főleg mivel manapság már nem gyártanak újabbnál újabb technológiás mezőgazdasági repülőgépeket vagy helikoptereket és a mostani piacon lévő gépek gyakoribb karbantartást igényelnek.

A legtöbb cég jó úton halad a teljes automatizáláshoz, mivel a drón már maga méri fel a teljes területet és maga csatlakozik a töltőállomásra. Úgy gondolom még pár év szükséges, hogy ezek a mezőgazdasági drónok ne igényeljenek pilótát és teljesen automatizáltak legyenek. A fejlesztési folyamatok azonban elindultak, a magyar mezőgazdaságban is.

Irodalomjegyzék

- [2] Dronexpert.hu; A legjobb drónok kezdőknek (letöltve 2022. március 10.)
- [8] Wikipedia; RQ-4 Global Hawk (letöltve 2022. március 10.)
- [9] EASA; EASA által kiállított jogosítvány (letöltve 2022. március 10.)
- [11] EASA; Infographics for Drones (letöltve 2022. március 10.)
- [14] Agrotrend; Idén is felszálltak a mezőgazdasági repülőök; (letöltve 2022. március 10.)
- [17] DJI; DJI Agras MG-1 / DJI Agras T30 (letöltve 2022. március 10.)
- [19] Alphadrones; A környezettudatos jövőért mezőgazdasági permetező drón DJI Agras T30 (letöltve 2022. március 10.)
- [20] Dronexpert; Kamerás drón (letöltve 2022. március 10.)
- [1] Tech Target; Drone (UAV) (letöltve 2022. március 10.)
- [3] SKYbrary; Unmanned Aerial Systems (letöltve 2022. március 10.)
- [5] Rada Technologies; UAV Types & Detection (letöltve 2022. március 10.)
- [7] Dr. Maziar Arjomandi; Classification of Unmanned Aerial Vehicles (letöltve 2022. február 20.)
- [10] EASA; Civil Drones (letöltve 2022. február 20.)
- [12] EASA; Infographics for Drones (letöltve 2022. február 20.)
- [13] EASA; What is a LUC? (letöltve 2022. február 20.)
- [15] IOWAAGLITERACY; Why do They do That? Using Airplanes in Agriculture (letöltve 2022. március 1.)
- [16] Jeongeun Kim, Seungwon Kim, Chanyoung Ju and Hyoung Il Son: Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Review of Perspective of Platform, Control, and Applications (letöltve 2022. március 1.)
- [18] Dimosthenis C. Tsouros , Stamatia Bibi and Panagiotis G. Sarigiannidis: A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture (letöltve 2022. március 1.)
- [21] Lizam Abdullah; Application of PROMETHEE method for green supplier selection: a comparative result based on preference functions (letöltve 2022. november 1.)
- [22] Rest Publisher; Promethee Method (letöltve 2022. november 1.)
- [23] Gépmadarak; Cessna-172 (letöltve 2022. november 1.)
- [24] DJI; DJI Agras Mg-1 (letöltve 2022. november 1.)

[25] MyActionCam; DJI Agras T30 (letöltve 2022. november 1.)

[26] MyActionCam; DJI Agras T20 (letöltve 2022. november 1.)

[27] Royaltraktor; MTZ 1025.3 (letöltve 2022. november 1.)