



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Természetvédelmi mérnöki szak**

Pilóta nélküli légitjárművek az intenzív mezőgazdaságban, természetvédelemben

Belső konzulens: Dr. Ujj Apolka
egyetemi docens

Készítette: **Kóczán Máté István**
Neptun kód: UJ1QFD
nappali tagozat

**Gödöllő
2024**

Tartalomjegyzék

<i>Tartalomjegyzék</i>	1
1. Bevezetés és célkitűzés	3
1.1. A téma jelentősége.....	3
1.2. Kutatási célok és kérdések.....	5
2. Szakirodalmi áttekintés	7
2.1. A precíziós mezőgazdaság és a természetvédelem kapcsolata.....	7
2.2. A pilóta nélküli légijárművek evolúciója.....	8
2.3. Pilóta nélküli légijárművek fogalma és csoportosítása	9
2.4. A pilóta nélküli légijárművek felhasználási példák a világ különböző részeiből.....	11
2.5. Természetvédelmi szempontok a mezőgazdaságban.....	12
2.6. Természetvédelmi alapelvek.....	14
2.7. Környezeti hatások és kihívások	17
2.8. Biodiverzitás és fenntarthatóság.....	18
2.9. Pilóta nélküli légijárművek használatának jogi szabályozása	19
3. Anyag és módszertan	21
3.1. A vizsgált terület bemutatása	21
3.2. Vizsgálati módszerek és eszközök.....	22
3.3. Mavic 2 Pro pilóta nélküli légijármű.....	30
3.4. Yuneec H520E pilóta nélküli légijármű	31
3.5. DJI Mavic 2 Pro és Yuneec H520E pilóta nélküli légijármű összehasonlítása	31
3.6. Laquinta DB2 Multispectral hybrid sensor bemutatása	35
3.7. Használt programok.....	36
4. Eredmények és értékelésük (megvitatás)	39
4.1. A precíziós mezőgazdaság és a természetvédelem kapcsolata.....	40
4.2. Integráció lehetőségei	41
4.3. Precíziós módszerek alkalmazása és megoldásaik a természetvédelem érdekében.....	42
5. Következtetések és javaslatok	44
6. Összefoglalás	46
Irodalomjegyzék	48
Táblázatok és ábrák jegyzéke	52

Rövidítések:

UAV: Unmanned Aerial Vehicle, pilóta nélküli légi jármű

RGB: Red, Green, Blue, a kamerák által rögzített színtartományra utal

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index, amely a növények egészségi állapotát elemzi

IPM: Integrated Pest Management, Integrált növényvédelem

RTK: Real-Time Kinematic, a drónok navigációs pontosságát javítja

QGIS: Quantum Geographic Information System, egy nyílt forráskódú térinformatikai szoftver

DEM: Digital Elevation Model, digitális terepmodell

NIR: Near-Infrared Radiation, közeli infravörös sugárzás

GPS: Global Positioning System, globális helymeghatározó rendszer

1. Bevezetés és célkitűzés

1.1. A téma jelentősége

A modern mezőgazdaság forradalma elérte a határt a dróntechnológia már nem csak a jövő ígérete, hanem a mindennapok valósága, amely új dimenziókat nyit a fenntartható növénytermesztésben. Mára már mindenki hallott a drónok szántóföldi kultúrákban történő használatáról, legyen szó kijuttatás vagy éppen monitoring tevékenységről.

A precíziós mezőgazdaság, a modern technológia és digitalizáció együttesen a fenntarthatóbb és hatékonyabb mezőgazdasági módszereket alkalmazva lehetővé teszi a fenntartható jövőkép fogalmát.

Ennek eredményeként a termelők pontosan tudják mérni és szabályozni a talaj minőségét, a növények tápanyag- és vízigényét, valamint a kártevők és betegségek terjedését. Ezáltal a természetvédelmi szempontok érvényesítése a precíziós mezőgazdaságban jelentős lehetőségeket kínál.

Az emberi tevékenység leleményességét úgy ötvözhethetjük az anyagi és a természetvédelem érdekeivel, hogy a gazdáknak is kedvező legyen. Így nemcsak rákényszerítik a termelőket a fenntarthatóbb gazdálkodásra, hanem önérdékből használóivá válnak. Egyúttal hosszútávú érzékenyítő programban vesznek részt, amely természet és emberérdekű gondolkodásmódot nyújt.

Az azonnali pontos adatok segítségével a termelők jobban tudják tervezni és optimalizálni a termés hozamot, ezáltal egy kiszámíthatóbb gazdálkodást elérve, csökkentve a szükséges erőforrások felhasználását. Ez nagymértékben hozzájárulhat a környezetterhelés csökkentéséhez, valamint a biodiverzitás megőrzéséhez.

Az (1. ábra) szemlélteti 2020. decemberében a Kis-Duna Szigetszentmiklósi ágát elég súlyosan folyamatos olajszennyezés érte. A szennyezést a légi felvételeknek köszönhetően gyorsan lokalizálták, megállították és eliminálták.

1. ábra Kis-Duna Szigetszentmiklósi ágában olajszennyezés felmérése drónnal
(Forrás: Máthé Zoltán/MTI/MTVA)



A Budai-hegység (Budaliget és Solymár közötti terület) szalamandra élőhelyének feltérképezését szintén a drónok mérték fel és készítették el.

Az új technológiák bevonásával a termelők pontosabban tudják kezelni a növényvédelmet, minimalizálva a vegyszerek felhasználását és a környezeti terhelést például permetező drónokkal (2. ábra). Az intelligens öntözési rendszerek segítségével a termelők hatékonyabban tudják használni a vízforrásokat, ezáltal csökkentve a vízhiány és a talajerózió kockázatát.

2. ábra Permetezés DJIT50 drónnal
(Forrás: <https://abzdrone.com/termek/dji-agras-t50/s>)



A precíziós mezőgazdaságban alkalmazott műtrágyázási és vetési módszerek segítségével az élelmiszerek minősége és mennyisége is javulhat, növelve a termelők jövedelmét és versenyképességét. Emellett az adatelemzés és monitorozási rendszerek révén a termelők könnyebben tudnak reagálni a környezeti változásokra és veszélyekre, például az aszályra vagy a gazdasági károkra.

A természetvédelmi szempontok érvényesítése a precíziós mezőgazdaságban azonban komplex feladatot jelent. A technológia fejlesztése és alkalmazása mellett fontos az oktatás és tudatformálás is, hogy a termelők megfelelően fel tudják használni az új eszközöket és módszereket. Emellett a szabályozók és a kormányzati intézkedések is segíthetnek a természetvédelmi célok elérésében, például támogatásokkal és jogi szabályokkal.

1.2. Kutatási célok és kérdések

A dolgozat célkitűzése a precíziós mezőgazdaságban alkalmazott dróntechnológiák összehasonlítása, különös tekintettel a DJI Mavic 2 Pro és a Yuneec H520E modellek gyakorlati alkalmazására. A kutatás célja, hogy objektív értékelést nyújtson a drónok RGB és multispektrális képalkotási képességeiről, valamint azok integrálhatóságáról a modern mezőgazdasági gyakorlatokba. Kiemelt figyelmet fordítok a képek pontosságára, az adatfeldolgozási lehetőségekre, és arra, hogyan segítik ezek a technológiák a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatokat és a természetvédelem céljainak elérését. A drónok által készített felvételek lehetőséget biztosítanak a növényzet állapotának pontos felmérésére, a természetes élőhelyek megóvására, és a beavatkozások minimalizálására, hozzájárulva ezzel a biodiverzitás megőrzéséhez. A kutatás eredményei segítik a gazdálkodók döntéshozatalát a drónválasztás során, és elősegítik a precíziós gazdálkodás fejlesztését a környezeti fenntarthatóság szempontjainak figyelembevételével.

A precíziós mezőgazdaság fontos eszköz lehet a természetvédelmi szempontok érvényesítésében, azonban a hatékony és fenntartható mezőgazdasághoz széles körű együttműködésre és intézkedésekre van szükség. A környezetvédelem és a mezőgazdasági termelés összekapcsolása így kulcsfontosságú a jövő nemzedék számára is.

Azonban a precíziós drónok használata a mezőgazdaságban az egész világunkban mindenhol új, még fel nem derített lehetőségeket kínál, amelyek vizsgálata gyakorlatias kérdéseket vet fel. Ennek megfelelően dolgozatomban a következőkre keresem a választ.

- Milyen lehetőségeket kínálnak a drónok a precíziós mezőgazdaságban?
- Érdemes-e, és hogyan érdemes integrálni a drónokat egy gazdaság működésébe?
- Milyen technikai kihívásokkal szembesülhetünk a drónok használata során, különösen a felvételek feldolgozása terén?
- Mennyire megbízható a technológia?
- Hogyan járulnak hozzá a drónok a precíziós mezőgazdasági műveletek fenntarthatóságához és a környezeti terhelés csökkentéséhez? Jövedelmező a felhasználók számára?
- Hogyan befolyásolja a drón által készített ortofotók magassága a gyomnövények felismerésének pontosságát?
- Milyen természetvédelmi előnyei vannak a drónok használatnak a mezőgazdaságban?
- Melyek a leghatékonyabb alkalmazási területei az összehasonlított drónoknak?
- Mennyire térül meg a drónpilóták képzése a mezőgazdasági gazdálkodók számára, és hogyan befolyásolja a döntéshozatalt a drónok kiválasztásakor?
- Milyen hatással van a drónok használata a növényvédelmi beavatkozások pontosságára és a vegyszerhasználat csökkentésére?

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A precíziós mezőgazdaság és a természetvédelem kapcsolata

A precíziós mezőgazdaság és a természetvédelem kapcsolata egyre inkább előtérbe kerül a fenntartható élelmiszertermelés iránti igény növekedésével. A modern mezőgazdasági technológiák, amelyek a precíziós gazdálkodás alapját képezik, lehetővé teszik a gazdák számára, hogy hatékonyabban használják fel a rendelkezésre álló erőforrásokat, miközben minimalizálják a környezeti terhelést. Ez a megközelítés közvetlenül hozzájárul a természetvédelem céljaihoz, mivel a precíziós mezőgazdaság alkalmazásával csökkenthető a talaj, a víz és a levegő szennyezése, valamint a biodiverzitás megőrzése is előtérbe kerül (Hatfield, 2000).

A precíziós mezőgazdaság egyik legnagyobb előnye a célzott tápanyag-kezelés, amely révén a műtrágyákat és növényvédő szereket pontosan a szükséges mennyiségben és a megfelelő helyre juttatják ki. Ez nemcsak a költségek csökkentését teszi lehetővé, hanem jelentősen mérsékli a talajba és a vízbe kerülő vegyszerek mennyiségét, így a szennyezés minimalizálásával hozzájárulnak a környezet védelméhez. A pontos adagolás révén elkerülhető a tápanyagok túlzott kijuttatása, ami gyakran okoz eutrofizációt a természetes vizekben, rontva a vízminőséget és veszélyeztetve a vízi élővilágot (Griepentrog & Kyhn, 2000).

A vízgazdálkodás optimalizálása szintén a precíziós mezőgazdaság fontos eleme, amely közvetlenül kapcsolódik a természetvédelemhez. Az olyan technológiák, mint a csepegtető öntözés és a talajnedvesség-monitoring rendszerek, biztosítják, hogy a növények mindig az optimális mennyiségű vizet kapják, ezzel csökkentve a vízpazarlást és megőrizve a vízkészleteket. Ez különösen fontos a klímaváltozás által sújtott régiókban, ahol a víz rendelkezésre állása egyre bizonytalanabbá válik. Az ilyen technológiák segítenek abban, hogy a mezőgazdaság vízfelhasználása fenntarthatóbbá váljon, ami hosszú távon hozzájárul a környezet megővéséhez (Karunathilake et al., 2023).

A talajvédelem terén is jelentős előnyöket nyújt a precíziós mezőgazdaság. A talajnedvesség folyamatos mérésével és a minimális talajművelés alkalmazásával a gazdák megóvhatják a talaj szerkezetét és termékenységét, csökkentve az erózió veszélyét. A talajerózió minimalizálása kulcsfontosságú a természetvédelem szempontjából, hiszen a talaj elvesztése nemcsak a mezőgazdasági termelést veszélyezteti, hanem a környezetben is jelentős károkat okoz, például a vízfolyások iszapossá válásával.

Ezen túlmenően a precíziós gazdálkodás támogatja a biodiverzitás megőrzését is. A helyspecifikus kezelések lehetővé teszik, hogy a természetes élőhelyek és ökológiai folyosók érintetlenek maradjanak a mezőgazdasági területeken belül, elősegítve a vadon élő fajok túlélését és mozgását. A gazdák így hozzájárulhatnak a biológiai sokféleség megőrzéséhez, amely elengedhetetlen a stabil és egészséges ökoszisztémák fenntartásához.

2.2. A pilóta nélküli légi járművek evolúciója

A pilóta nélküli légi járművek elnevezés, egy angol mozaikszóból Unmanned Aerial Vehicle UAV vagy az Unmanned Aircraft System UAS ered. Az 1849-ben robbanóanyaggal felszállt léghajókon keresztül az 1915 utáni légi fotók készítésén (ortofotók), illetve a katonai felderítésen át az 1980-as évek technológiai robbanásáig hosszú út vezetett.

A fejlődés mozgatórugója, mindig a *comfortable speciebus humanis* (a kényelmes emberi faj) volt. Az ember által alkotott feladatok egyre bonyolultabbak, kivitelezésük egyre komplexebbek lettek. A kívánalmak is változtak. Kezdetben felderítésre, megfigyelésre, rádiótechnikai átjátszásra, rádióelektronikai zavarásra, katonai feladatok végrehajtására hozták őket létre. A repülés időtartama, a hatótávolság, a hasznos teher felhasználhatósága, alkalmazhatósága szempontjai a fejlesztéseknek további lökést adtak. Manapság is egyik legfontosabb tényező az, hogy milyen sebességgel, mekkora a hasznos terhelhetőséggel képesek repülni (Csóré, 2021).

A technológia lehetővé tette, hogy ma már a néhány gramm tömegű (és ezzel azonos terhelhetőségű) minimális távolságot bejáró pilóta nélküli légi járműtől a több tonna terhet viselő, hangsebességet is túllépő drónokról beszélünk (Békési, 2013).

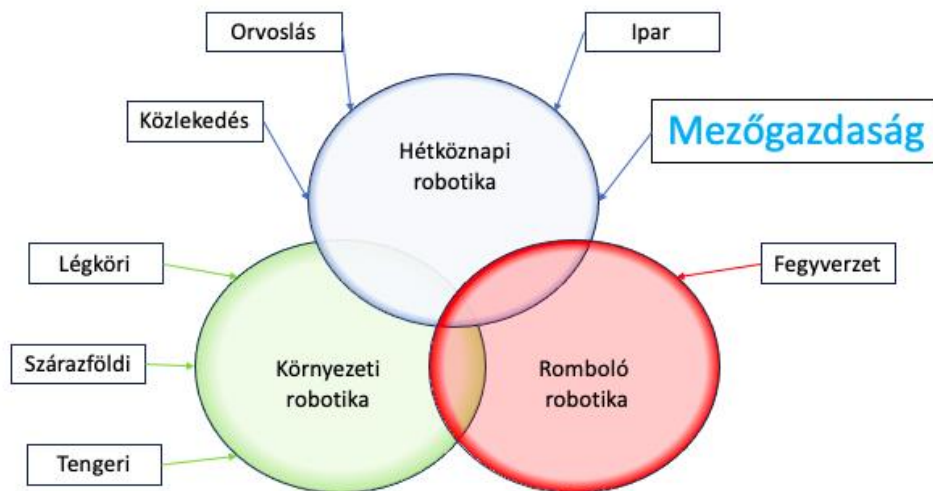
A pilóta nélküli légitárszervek evolúcióját kizárólag az ember által lesabályozott gazdasági, politikai környezetben lehet elképzelni. Ezen egyes államok, illetve az államok közötti kapcsolatokban földi és légi biztonságra tekintettel szigorúan felügyelt rendszerekre, szabályzókra van szükség.

A fejlesztések egyrészt a technikai szerkezetet másrészt differenciált kutatások eredményeinek alkalmazását érintik. Ennek köszönhetően 2016-ban elsőként alkalmaztak Flypro Xeagle program segítségével okosórával vezérelt drónokat az erdőtüzeknél.

2.3. Pilóta nélküli légitárszervek fogalma és csoportosítása

Ahogy a robotika fejlődik, úgy fejlődik a pilóta nélküli társzervek rendszerei is. A felhasználási területeik is ennél fogva lefedik egymást (3. ábra).

3. ábra Robotika felhasználási területei azonosak a pilóta nélküli társzervek rendszereivel
(Forrás: saját ábra, Major, 2023 nyomán)

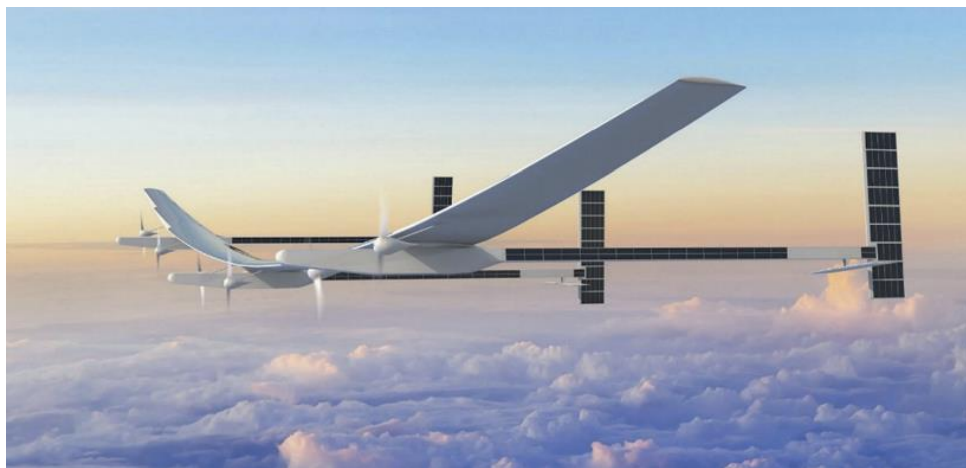


A környezetvédelmi drónok a vizet, a szárazföldet és a levegőt egyaránt figyelik, vizsgálják, monitoringozzák. A tengeri élővilág felmérésében és a szélsőséges időjárási viszonyok előrejelzésében a vizet kémlelő, vizsgáló drónok játszanak jelentős szerepet. A földgolyó

kontinensein lévő erdők, azok ökoszisztémái, a felszíni vizek változásai (áradások, aszályok, gleccserváltozások, megközelíthetetlen erdők, mocsarak felvételezése) előrejelzésében szintén drónok segíthetnek. A légifelvétel készítésével a levegőszennyezettség mérésével, levegőnyomás, hőmérséklet, páraérzékelés in time (időben) adatszolgáltatással a légkörre koncentrálnó drónok segítik az emberiséget (Major, 2023).

Jelenleg a pilóta nélküli légi járműveket meghajtásuk (fosszilis energiával, közvetlenül nyert solar energiával, illetve feltöltött elektromos energiával és hidrogénnel működők), az elvégzett feladataik (ember-áru szállítás, tudományos tevékenységek végrehajtása, monitoringozás az élő környezet vizsgálata, felügyelete), tevékenységi körük szerint (katonai, mezőgazdasági, gyógyászati, kereskedelmi) lehet csoportosítani.

4. ábra Odysseus napelemes, önvezető repülőgép
(Forrás: Csóré, 2021)



Az Odysseus napelemes, önvezető repülőgép feladata, hogy a klímaváltozás adatainak gyűjtésében segítse a kutatókat. Sztratoszférában mozogva vizsgálja globálisan a vegetációt a jégmozgásokat, a talajnedvességet (4. ábra). Működési költsége töredéke egy azonos funkciójú műhold működési költségének (Bodnár, 2019).

Legszűkebb keresztmetszet az energia előállítás, biztonságos és tartós tárolása. Ezek mellett hangsúlyos tényező a repülésbiztonság és a környezetvédelem kérdése is (Juhász-Békési, 2014).

2.4. A pilóta nélküli légitjárművek felhasználási példák a világ különböző részeiből

A pilóta nélküli légitjárművek alkalmazási területei rendkívül sokrétűek, és folyamatosan bővülnek a technológiai fejlődés és a társadalmi igények, szükségletek révén. A kezdeti katonai felhasználás mellett a drónok szerepe egyre fontosabbá válik a kereskedelmi, mezőgazdasági, környezetvédelmi, szórakoztató célú média és tudományos területeken is.

A jövőben valószínűleg tovább bővül új és innovatív felhasználási lehetőségekkel, amelyek tovább növelik a UAV-k jelentőségét a globális gazdaságban és társadalomban.

5. ábra M2 Drone alkalmazása laborminták szállításában.

(Forrás: https://img.directindustry.com/images_di/photo-g/182355-10502449.webp)



Az M2 Drone alkalmazása a laborminták szállításában egy innovatív megoldás, amely jelentősen felgyorsítja és biztonságosabbá teszi a minták szállítását a laboratóriumok között. Az (5. ábra) szemlélteti, hogyan használják az M2 Drone-t különböző szállítási helyzetekben, ahol a földi közlekedés nem megfelelő vagy lassú lenne. A dróntechnológia gyors és hatékony szállítást biztosít, minimalizálva a szállítási időt és a minták károsodásának kockázatát. Kutatások kimutatták, hogy a drónos szállítás nem befolyásolja negatívan a laboratóriumi eredményeket, és gyors alternatívát kínál különösen városi környezetben, ahol a forgalmi torlódások jelentős késéseket okozhatnak (Smith et al., 2023; Johnson et al., 2022).

Tengerbiológiai kutatások során ausztrál kutatók monitoring drónok segítségével a tengeri ökoszisztémák, például a korallzátonyok feltérképezésére használják. Az UAV-k segítenek a korallzátonyok állapotának felmérésében, és nyomon követik a környezeti változásokat.

Elefántok nyomon követése Dél-Afrikában a drónokat hívják segítségül az elefántok és más vadállatok nyomon követésére a természetvédelmi területeken. A drónok továbbá segítenek a vadon élő állatok populációinak megfigyelésében és monitoring feladatok ellátásában. A vadorzás elleni küzdelemben is nagy szerepük van faj megőrzés céljából.

Az Osli-Hany esetében a Rábca aktuális vízszintje befolyásolja azon terület vízmennyiségét, ahol parlagi sas (*Aquila heliaca*), a rétisas (*Haliaetus albicilla*), a kanalasgém (*Platalea leucorodia*), a cigányréce (*Aythya nyroca*) a feketenyakú vöcsök (*Podiceps nigricollis*), a bőjti réce (*Spatula querquedula*) és a gulipán (*Recurvirostra avosetta*) nagy számban szívesen költ. Az ottani állományszámlálást szintén pilóta nélküli légi járművekkel végzik, gyorsan célratörően az állományt a legkisebb mértékben zavarva. A foltos nádiposzáta (*Acrocephalus schoenobaenus*), a nádi tücsökmadár (*Locustella luscinioides*), a nádi sármány (*Emberiza schoeniclus*) és a guvat (*Rallus aquaticus*) sokkal nagyobb példányszámban és sűrűségben költenek, mint bármilyen más gyeptársulásban (Győrig, Tatai, Pelling, 2023).

Természetvédelmi élőhelyrekonstrukciókra kiválóan hasznosíthatók a drónnal történő felmérések, monitorozások. Számos lehetőségek közül csak néhány állat/nyáj számlálás, kamera csapda kép visszakeresése, állatkövetés, vonuláskövetés (pl. rádiós nyomkövető nyakörveken/háromszögelésen keresztül), kerületi felmérések, élőhelykezelések, orvvadászat elleni tevékenységek (bálnák védelme, azonosítás, elrettentés), faj azonosítás (Fintan, 2020).

2.5. Természetvédelmi szempontok a mezőgazdaságban

A természetvédelmi szempontok alkalmazása a mezőgazdaságban nemcsak a biodiverzitás fenntartása érdekében kulcsfontosságú, hanem az ökoszisztéma egészségének megőrzéséhez és a fenntartható gazdálkodás biztosításához is. Ezen célok megvalósításához elengedhetetlen a precíziós technológiák használata és az átfogó monitoringrendszerek kialakítása. A vadmozgások,

valamint a növény- és állatvédelem folyamatos nyomon követése alapvető fontosságú a természetes ökoszisztémák egészségének fenntartásában.

Például a vadmozgások figyelése lehetőséget biztosít a mezőgazdasági területek és a természetes élőhelyek közötti egyensúly megtartására. Az adatok alapján pontos intézkedéseket hozhatunk a növények védelmére és az állatok táplálkozási szokásainak követésére.

”Az olyan modern technológiák, mint az infrakamerás és multispektrális felvételek, segítenek a vízellátottsági problémák feltárásában, és jelentősen hozzájárulnak az öntözési rendellenességek azonosításához (Tilman et al., 2002).

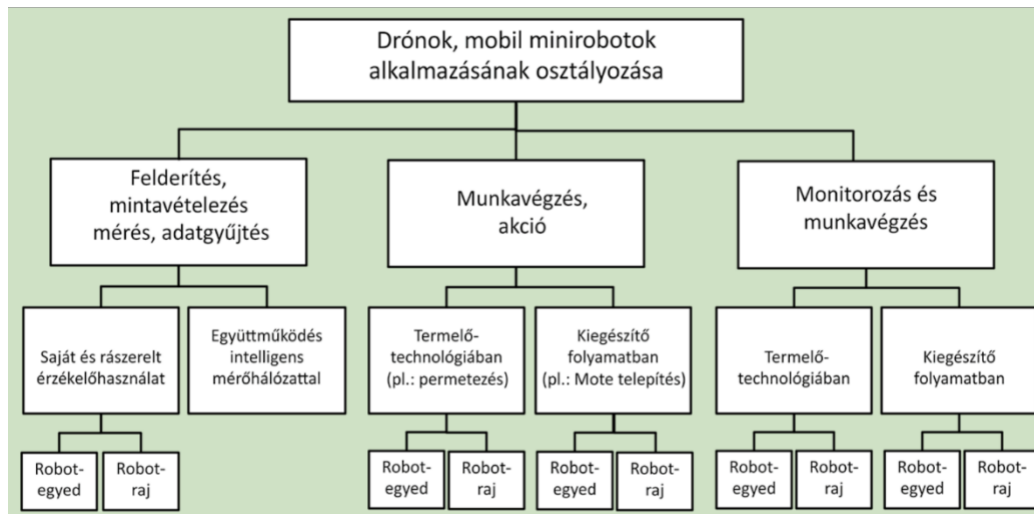
Ez a megközelítés különösen hasznos az éjszakai felvételeknél, amikor a hagyományos módszerekkel nehezen észlelhető problémák is felismerhetők.

A növényvédelem precíziós eszközei, mint például a mikropermetezés, lehetővé teszik a vegyszerhasználat minimalizálását, ami hozzájárul a környezetkímélő gazdálkodáshoz. Ez a megoldás nemcsak gazdaságos, hanem környezetbarát is, mivel kevesebb kemikáliát alkalmaz, csökkentve ezzel a talaj és a víz szennyezését.

Az erdőtüzek elleni védekezés is fontos terület a természetvédelmi szempontok között, ahol a precíziós technológia és a monitoring rendszerek segítenek a tüzesetek korai felismerésében és a gyors beavatkozásban. Ezek az intézkedések hosszú távon elősegítik a mezőgazdasági és az erdészeti területek védelmét.

Az integrált természetvédelmi szempontok lehetővé teszik a gazdálkodók számára, hogy fenntartható módon növeljék termelékenységüket, miközben minimalizálják a természetre gyakorolt negatív hatásokat. A megfelelő adatgyűjtés és a folyamatos monitoring biztosítja, hogy a döntéshozók a legpontosabb és legfrissebb információk alapján hozhassanak helyes következtetéseket, amelyek nemcsak a természeti környezet, hanem a gazdasági fenntarthatóság érdekében is szolgálnak.

6. ábra A drónok és a mobil mini robotok alkalmazásának osztályozása
(Forrás: Bártfai, 2018)



A (6. ábra) bemutatja a drónok és mobil minirobotok különböző alkalmazási területeit a mezőgazdaságban és más iparágakban. A felhasználási módok három fő kategóriába sorolhatók: felderítés, mintavételezés, mérés és adatgyűjtés; munkavégzés és akció; valamint monitorozás és munkavégzés. Minden kategória további specifikus feladatokra bomlik, például a mintavételezésnél saját és külső értékelés, míg a munkavégzésnél olyan akciók, mint a permetezés és a robot-raj technológia alkalmazása.

A drónok előnye a műholdas vagy repülőgéppel történő vizsgálatokkal szemben, hogy az ortofotókon kívül közel azonos időben 3D fotókat is tud prezentálni különböző magasságokból és felbontással. Ez a későbbi kiértékelést nagyban segíti.

2.6. Természetvédelmi alapelvek

A természetvédelem és a mezőgazdaság kapcsolata elválaszthatatlan egymástól, hiszen a mezőgazdasági tevékenységek jelentős hatást gyakorolnak a környezetre, a biodiverzitásra és az éghajlatváltozásra. A természetvédelmi alapelvek alkalmazása a mezőgazdaságban nemcsak a környezet megóvását segíti elő, hanem hosszú távon a fenntartható élelmiszertermelés alapját is képezi. Ezen elvek követése révén a gazdák nemcsak a termés hozamukat javíthatják, hanem hozzájárulhatnak a természeti erőforrások megőrzéséhez is.

Az első és talán legfontosabb alapelv a biodiverzitás megőrzése. A természetes élőhelyek, mint például a mezőgazdasági területeken belüli erdősávok, tavak és mocsarak, kulcsszerepet játszanak a helyi fajok fennmaradásában. Ezek az élőhelyek nemcsak menedéket nyújtanak a vadon élő állatoknak, hanem elősegítik a természetes kártevő-szabályozást is. A monokultúrák helyett a gazdák előnyben részesíthetik a polikultúrákat, amelyek változatosabb növénykultúrák termesztését jelentik, ezzel csökkentve a talaj kimerülésének kockázatát és javítva a környezeti egyensúlyt.

A talajvédelem szintén központi eleme a természetvédelmi alapelveknek. A konzervációs talajművelés, amely minimalizálja a talaj bolygatását, hozzájárul a talajerózió csökkentéséhez és a szerves anyagok megőrzéséhez. A talaj mulcs takarása, például szerves növényi maradványokkal, segít megőrizni a talaj nedvességtartalmát, és csökkenti a kiszáradás és az erózió kockázatát. Ezzel a megközelítéssel a gazdák hosszú távon megőrizhetik a talaj termékenységét, ami alapvető a mezőgazdaság fenntarthatósága és a jövő generációk szempontjából.

A vízgazdálkodás szintén kiemelkedő szerepet játszik a természetvédelemben. A hatékony öntözési technikák, mint például a csepegtető öntözés, csökkentik a vízpazarlást és megóvják a vízkészleteket. Emellett a műtrágyák és peszticidek szabályozott használata minimalizálja a vízszennyezés kockázatát, megakadályozva a vegyi anyagok lemosódását a vízfolyásokba. Ezáltal nemcsak a termőföldek, hanem a környező vizek és azok élővilága is védelmet kap.

Az integrált növényvédelem (IPM) a kártevők és betegségek elleni védekezésben is természetbarát megoldásokat kínál. A kémiai növényvédő szerek minimalizálása és a biológiai módszerek előtérbe helyezése segít abban, hogy a mezőgazdasági területek kevésbé terheljék a környezetet. A természetes ellenségek, mint például ragadozó rovarok vagy biológiai növényi kivonatok használata, hatékonyan és környezetkímélő módon segíti a növények védelmét.

A természeti erőforrások fenntartható használata érdekében a gazdálkodóknak meg kell fontolniuk a megújuló energiaforrások alkalmazását is. A nap- és szélenergia felhasználása a mezőgazdasági tevékenységek során csökkentheti a fosszilis tüzelőanyagoktól való függőséget, és ezzel

mérsékelheti a szén-dioxid-kibocsátást. A tápanyag-utánpótlás optimalizálása, például a szerves trágya előnyben részesítése, szintén hozzájárul a talaj egészségének fenntartásához.

Az ökoszisztéma-szolgáltatások támogatása érdekében a mezőgazdasági területeken beállított tájelemek, mint például zöld folyosók vagy vízgyűjtők, elősegítik a biodiverzitás megőrzését és a természetes folyamatok fenntartását. Az ilyen intézkedések lehetővé teszik a vadon élő fajok mozgását és túlélését, miközben hozzájárulnak a mezőgazdasági területek ökológiai egyensúlyának megőrzéséhez.

Végül, a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás is kulcsfontosságú a természetvédelmi alapelvek szempontjából. A gazdák olyan módszereket alkalmazhatnak, amelyek növelik a mezőgazdasági rendszerek rugalmasságát, például szárazságtűrő növényfajták termesztésével és agrárerdészeti rendszerek kialakításával, amelyek elősegítik a szénmegkötést és az éghajlatváltozás hatásainak mérséklését.

Ezek a természetvédelmi alapelvek nemcsak a környezet megóvását szolgálják, hanem hozzájárulnak a mezőgazdasági termelés fenntarthatóságához és a jövő generációk élelmiszer-ellátásának biztosításához is. A gazdálkodók és a természetvédelem közötti együttműködés tehát alapvető fontosságú a fenntartható mezőgazdaság megvalósítása érdekében.

"A természetvédelmi alapelvek alkalmazása a mezőgazdaságban nemcsak a környezet megóvását segíti elő, hanem hosszú távon a fenntartható élelmiszertermelés alapját is képezi"(Keesstra et al., 2016).

2.7. Környezeti hatások és kihívások

Mint a 7. ábrából is látható, az üvegházhatású gázok kibocsátásában legmasszívabban meghatározó tényező a közlekedési ágazat, ezen belül is a nemzetközi légitranszport. A fosszilis energiával működő légi eszközök nemcsak a környezetet szennyezik (hang, károsanyag kibocsátással), hanem a globálisan kimerülőben vannak.

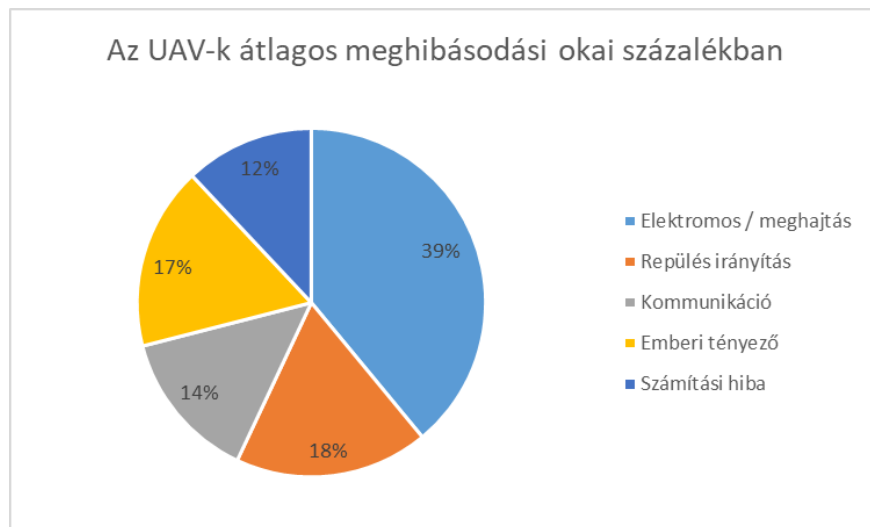
7. ábra Az üvegházhatású gázok kibocsátása szektoronként
(Forrás: Európai Környezetvédelmi Ügynökség 2019)



Ezzel szemben működés közben szennyezőanyag-kibocsátásról az alacsony zajszinttel rendelkező elektromos meghajtású pilóta nélküli légitáncoknál nem beszélhetünk. Az energiaforrás elméletben végtelenül rendelkezésre áll. Megoldandó feladat viszont az akkumulátorcellák, töltési idejének lerövidítése, élettartamának meghosszabbítása, újrahasznosításuk. Az ilyen típusú légitáncok további hátránya a rövid repülési idejükből és a viszonylag kis teljesítményükből fakad (Óvári, 2019).

Jelenleg a pilóta nélküli légitjárműveknél nagy az emberi tényezőből adódó kockázat, amit a 8.ábra is szemlélteti. Ez visszavezethető arra a tényre, hogy ezek a járművek földi irányításúak és karbantartásuk is humán kezelőszemélyzetet igényel, továbbá automatikus fenntartásuk közvetlen elektronikai kapcsolatot igényel.

8. ábra Az UAV-k átlagos meghibásodási okai százalékos megoszlásban.
(Forrás: saját ábra, Békési, 2020 nyomán)



A fejlődés igen gyors az ebből eredő hibalehetőségek is eléggé nagy kockázatot hordoznak magukban (Békési, 2020).

2.8. Biodiverzitás és fenntarthatóság

Ma a mezőgazdaságban, természetvédelemben, vadgazdálkodásban egy technológiai forradalom zajlik. A felhasznált input anyagok (növényvédőszer, műtrágyák) és a viszonylag jó biodiverzitással rendelkező élőhelyek értékes volta megkívánja az egyre precízebb, pontosabb, szakszerűbb eszközök használatát. Az UAV rendszerek ehhez a forradalomhoz mikrokontrollerekkel, NIR és multispektrális kamerákkal GPS-el és egyéb érzékelőkkel felszerelve segítik a természetvédőt, a gazdálkodót az optimális növényvédőszer felhasználásban, a vadkárok

felmérésében, a növények fenológiai változásainak nyomonkövetésében (Rodriguez, Negro, Mulero, Rodriguez, Hernández-Pliego & Bustamante 2012, Ries & Marzoff 2003).

Az UAV rendszerek jól használhatók a technológiai növénytermesztési hibák, vadkárok, és természeti károk (jégeső, talajuntság, vízhiány) esetében (Kovacs és Zhang 2012). A vizsgált területek viszonylag kis költséggel felmérhetők, és nagy biodiverzitásukra tekintettel jól tervezhetők (Teschner, Gombkötő,).

A kutatók az adott területről meghatározott időszakonként ún. vegetációs leltárt készítenek, rendszeres felmérésekkel monitoroznak a mintaterületeken (Csiha, T, N., 2023). Az ezekből kinyert adatokból lehet következtetéseket levonni az adott terület biodiverzitására (Mäkipää, 2022).

2.9. Pilóta nélküli légi járművek használatának jogi szabályozása

Magyarországon a drónnal végzett növényvédelmi munkákat 44/2005 FVM-GKM-KvVM együttes rendelet szabályozza.

2018-ban lépett hatályba az új, a polgári légi közlekedés területén alkalmazandó közös szabályokról és az Európai Unió Repülésbiztonsági Ügynökségének létrehozásáról szóló (EU) 2018/ 1139 rendelet (más néven Alaprendelet vagy Basic Regulation), mely kiter a pilóta nélküli légi járművek használatára is (150 kg-nál kisebb) (Sándor, Pusztai, 2021).

„Az Országgyűlés 2020-ban az őszi ülészakán tárgyalta, és fogadta el a pilóta nélküli légi járművek üzemelésével összefüggő egyes törvények módosításáról szóló törvénycsomagot, 13 novellát (a továbbiakban: Novella). A törvény módosítási javaslat kiterjedt a pilóta nélküli légi járművek üzemeltetését, használatát érintő szabályok megalkotására, a magánélet védelme érdekében megfogalmazott új tényállásokra, a jogellenes használattal szembeni fellépés jogi alapjának megteremtésére.

A szabálytalan drónhasználat esetén a hatóság bírságot szab ki, a többi között bírság jár lakott területen eseti légtér nélküli repülésért, a regisztráció hiányáért, no Drone Zone légtér részben való

repülésért, a bejelentés elmulasztásáért és jogosulatlan adatrögzítésért, vagy kép és hangfelvétel készítéséért (Dróntörvény, 2021).

A Rendelet a polgári felhasználású pilóta nélküli repülő eszközök osztályba sorolásától eltérően a hasznos terhet magukba foglaló maximális tömegük alapján A1, A2, B1, B2, C, D, E kategóriába sorolja a pilóta nélküli állami járművek jogosítványait. Továbbá a rendelet megkülönböztet Nyílt (maximum 120 m-ig fotó videó, felmérés készítésére látótávolságon belül), Speciális (látótávolságon belül permetezés), és Engedélyköteles (3 m feletti legnagyobb mérettel rendelkező drónok személyszállítás, vagy túl magas kockázatú speciális kategóriájú műveletek) kategóriát. Ezekről a kategóriáktól természetesen elkülönül az ún. játék kategória (maximum 120 gr felszálló súlyú drón maximum 100 m távolságra a pilótától).

Általánosságban elmondható, hogy a jegyzett kategóriáknál:

- regisztrálni kell a drónt és az üzemben tartóját,
- 250 gr feletti felszálló súlynál felelősségbiztosítás megléte kötelező
- Repülés előtt - a repülés fontosabb paramétereit rögzítendő - használni kell a MyDrone Space alkalmazást
- Lakott terület felett a használat szigorúbb. Csak eseti légtér foglalással végezhető repülés
- A repülési napló (Flight log) vezetése kötelező.

Európában 2019. évben hozták létre a 945-ös és a 947 sz. rendeleteket (2021-től léptek hatályba).

A szabályozás a drónok elterjedésével és használatával folyamatosan változik. Ilyen szabályozandó terület a drónok zajterhelése. A feladat bonyolultságát adja, hogy a pilóta nélküli járműveknek más a meghajtása (sárkány szerkezet, a mechanikai meghajtás), más a hajtómű elhelyezkedése és megint más a maximális felszálló tömeg (Palik, Csermely, 2016).

3. Anyag és módszertan

3.1. A vizsgált terület bemutatása

9. ábra Tájkép a vizsgált területről (Napraforgó tábla)

(Forrás: saját fotó 2023. június 10.)



A vizsgált terület 9.ábrán látható, közigazgatásilag Tolna vármegyéhez tartozik. A település a hat nagy táj közül a Dunántúli-Domság része. A tájat a Balaton, a Sió-völgy, a Kapos völgye, és a Belső Somogy hordalékkúpja határolja el szomszédjaitól. Java részben Somogy megye területén helyezkedik el, de keleten átnyúlik Tolna megye területére is, így Felsőnyék is ebbe a nagytájba tartozik a Tolnai Hegyhát kistáj részeként. Felsőnyék község és környékén a mezőgazdasági területeken elsősorban agyagos és vályogos talajok találhatók, amelyek magas tápanyagtartalommal rendelkeznek és jól megtartják a nedvességet. Az agyagos talaj nehéz, lassan melegszik fel, de megfelelő a nedvességkedvelő növények számára, mint például a káposzta vagy burgonya számára. A vályogtalaj, ami egy kevert típusú talaj, kiváló termőképességgel bír és számos növény számára ideális, beleértve a gabonaféléket és zöldségeket. Mindkét talajtípus megfelelő vízelvezetésével ideális a régió mezőgazdaság munkáihoz.

3.2. Vizsgálati módszerek és eszközök

A vizsgált területen alapvetően két eszközt használtam, rendelkezésemre állt a családi gazdaságunk tulajdonában lévő DJI Mavic 2 Pro drón illetve a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem -től kölcsönkapott Yuneec H520E típusú drónja.

Két különböző eszközzel végeztem felvételezést egy 6 hektáros területről, három különböző magasságból (120 m-12.ábra, 80 m-13.ábra, és 50 m-14.ábra). Az így kapott felvételekből ortomozaiákat készítettem, amelyeket ezt követően elemeztem és összehasonlítottam az eredményeket.

A kísérleti területen a napraforgó 8-10 leveles állapotában történt az első felmérés. Ekkor a fő szempont a tábla borítottságának meghatározása volt, melyet három különböző magasságból készült légifelvételek összehasonlításával végeztem. A mezőgazdasági területen lévő napraforgó kultúra állapotának megítéléséhez elengedhetetlen, hogy az ott megjelenő gyomnövényeket is azonosítsuk. A különböző gyomnövények megkülönböztetéséhez személyes terepfelmérésre van szükség, azonban ezt követően a légifelvételek elemzése szoftverek segítségével lehetővé teszi a gyomnövények automatikus elkülönítését, ezáltal lehetőséget teremt a részletes adatgyűjtésre.

Amennyiben a drón 50 méteres magasságban repül, a kultúrnövények és a gyomnövények részletei jól láthatóvá válnak. Ezzel a repülési magassággal azonban jelentősen megnő a többlet adat feldolgozást igénylő művelet, mivel a területről így sokkal több kép készül, mint 120 méteres magasságból.

A 120 méteres repülési magasság viszont megfelelőbb, ha a különböző adatgyűjtési számításokat, például területmérést vagy gyomnövényborítottság, esetleg vadkár felmérését kívánjuk elvégezni. Ez a magasság elegendő információt szolgáltat a mezőgazdasági terület állapotának átfogóbb értékeléséhez, miközben csökkenti az adatkezelési terhelést is. A három kép, amelyek különböző magasságból készültek (120 m, 80 m és 50 m), jól szemlélteti a drón magasságának hatását az adatgyűjtés részletességére. A 120 méteres magasságban készített felvétel szélesebb területet fed le, és alkalmas a terület általános állapotának gyors felmérésére, azonban a részletek kevésbé kivehetők. Az ilyen magasságú felvételek ideálisak a mezőgazdasági területek határainak meghatározásához és nagyobb területek gyors áttekintéséhez.

A 80 méteres magasságból készített kép már több részletet mutat, így alkalmasabb a növényállomány egészségi állapotának monitorozására, például vegetációs indexek (NDVI) vagy

gyomnövények terjedésének nyomon követésére. Ez a magasság egy jó kompromisszumot nyújt a részletesség és a lefedett terület között.

Az 50 méteres magasságból készített kép kiemelkedően részletes, ami lehetővé teszi az egyes növények, gyomnövények és egyéb talajszintű jellemzők azonosítását. Ez a magasság ideális a precíziós mezőgazdasági feladatokhoz, mint például foltszerű permetezés, hiszen a részletek szinte minden szinten láthatók, azonban hosszabb feldolgozási időt és nagyobb tárhelyet igényel a képfeldolgozás.

10. ábra Légifelvétel 50m -ről bal oldali kép DJI Mavic 2 Pro, jobb oldali kép Yuneec H520E drón által készített eredeti kép. Forrás: Saját képek



11. ábra Légifelvétel 50m -ről bal oldali kép DJI Mavic 2 Pro, jobb oldali kép Yuneec H520E drón által készített manipulált kép. (Forrás: Saját képek)



A (10. ábra) eredeti drónfelvételei 50 méteres magasságból készültek, és a "Buhin" nevezetű napraforgótábla állapotát mutatják be, ahol a szegély mentén vadméreg gyomként nőtt. Az eredeti képek jól szemléltetik a terület általános állapotát, de a gyomok elkülönítése a szegélyben

nehezebben látható. Az eredeti felvételek a drón kamerájának természetes színeit és kontrasztját mutatják, amelyek elegendőek egy általános területelemzéshez.

Azonban a (11. ábrán) látható manipulált képek, amelyekben megváltoztattam a tónusokat, a kontrasztot, az árnyékokat és a hőmérsékletet, sokkal szembetűnőbb módon emelik ki a különbségeket, különösen a gyomnövények jelenlétét. Ezen módosítások nélkülöztek bármilyen speciális képfeldolgozó szoftvert; egyszerű, néhány másodperces beállításokkal, például telefon segítségével érhető el az ilyen kontrasztos különbség. Az eredmény azt mutatja, hogy a manipulált képek segíthetnek a gyomok, mint például a vadkender, hatékonyabb azonosításában. Speciális szoftverek segítségével, mint például QGIS vagy PIX4D sokkal eredményesebb és látványosabb eredmények érhetőek el.

Az ilyen módosított felvételek különösen hasznosak lehetnek, ha a mezőgazdasági területeken foltszerű gyomterjedés következik be, mivel a kontraszt kiemelésével a gyomnövények könnyebben észlelhetők és izolálhatók. Bár jelen esetben a gyomok főként a zöldítési szegély mentén fordultak elő, a képek módosítása jól szemlélteti, hogy a gyomfoltok elkülönítése még gyors és egyszerű képmanipulációval is látványos eredményeket hozhat.

12. ábra Térképrészlet 120 méter magasból
(Forrás: saját fotó)



13. ábra Térképrészlet 80 méter magasból
(Forrás: saját fotó)



14. ábra Térképrészlet 50 méter magasból
(Forrás: saját fotó)



15. ábra RGB (red, green, blue) és NDVI Normalized Difference Vegetation Index kép
(Forrás: myactioncam, <https://myactioncam.hu/multispektralis-dronok-elonyok-es-felhasznalasi-esetek-246>)



Az ortomozai képek olyan nagy felbontású térképek, amelyeket drónok több száz, vagy akár ezer átfedő kép alapján készítenek, majd szoftveresen összeillesztenek. A képek összeállításához szükséges átfedés általában 70-80% között mozog, amely biztosítja, hogy az egyes képek megfelelően illeszkedjenek egymáshoz, és pontos, torzításmentes térképet hozzanak létre. Ha például egy 6 hektáros területet 50 méteres magasságból rögzítünk, a képek átfedésének köszönhetően körülbelül 150-200 képre lesz szükség a teljes terület lefedéséhez.

Az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) képek elemzése során a növényzet egészségi állapotát mérjük. A (1. táblázat) különböző indexek felhasználásimódját ismerteti. Az NDVI-képek (15. ábra) az infravörös és a látható spektrum különbségeit használják a növények klorofilltartalmának és fotoszintetikus aktivitásának mérésére. A multispektrális sávok ahogy (2. táblázat) is mutatja különböző hullámhosszokat használ. Ez különösen hasznos a mezőgazdaságban, mivel az egészséges növények magasabb NDVI-értékeket mutatnak, míg a stresszes vagy beteg növények alacsonyabb értékekkel rendelkeznek. Az 50 méteren készített felvételeknél a szenzor által észlelt terület nagyobb, így a drón több hektárt is lefedhet egyetlen repülés alatt, de a képek felbontása még mindig elég nagy ahhoz, hogy részletes elemzést nyújtson a növényzet állapotáról. Egy 6 hektáros terület felméréséhez szükséges képek száma függ a drón

kamerájának látómezőjétől és az átfedéstől, de ez az átfedés biztosítja a térképek összeilleszthetőségét és a pontos vegetációs elemzéseket.

A megfelelő átfedési arány segít elkerülni a pontatlanságokat, különösen a nagyobb, heterogén növényterületeknél. Az ortomozaik és NDVI képek kombinálása pontos képet ad a növények egészségi állapotáról, és időben lehetőséget nyújt a beavatkozásokra, mint például az öntözés vagy a műtrágyázás optimalizálására.

1. Táblázat: Gyakran használt vegetációs indexek és felhasználásuk

(Forrás: <https://myactioncam.hu/multispektralis-dronok-elonyok-es-felhasznalasi-esetek-246>)

Index	Mit árul el	Felhasználási mód	Képlet (elektromágneses spektrumsávok)
NDVI	A leggyakrabban használt vegetációs index, amely betekintést nyújt a növények klorofilltartalmába. Ez egy olyan mutató, amely a növényzet zöldességét, sűrűségét és egészségét mutatja, és a korai szakaszban a növényzet erősségének becslésére használható.	- Növényi életerő - Különbségek a talaj vízellátottságában - Lombozat tápanyagtartalma (ha a víz nem korlátozó tényező) - Terméspotenciál	$(\text{Nir}-\text{Red})/(\text{Nir}+\text{Red})$
NDRE	A kutatások kimutatták, hogy ez az index betekintést nyújt a növények klorofilltartalmába és annak változásaiba a vegetációs időszak későbbi szakaszában. A termés egészségi állapotában bekövetkező változásokat előrehaladottabb szakaszokban érzékeli, mivel olyan vörös szegélyű fényt használ, amely sokkal mélyebbre hatol a levelekbe, mint a vörös fény (amelyet az NDVI-ben használnak). Ahol intenzívebb a lombkorona, ott célszerű az NDRE-t használni.	- A levél klorofilltartalma - Növényi életerő - Stressz észlelése - Műtrágyaigény - Nitrogénfelvétel	$(\text{Nir}-\text{RedEdge})/(\text{Nir}+\text{RedEdge})$
OSAVI	A talajviszonyok fontos tényezői a növények egészségének a korai növekedési szakaszokban, különösen, ha a növényeket ritkán ültetik. Ez a mutató figyelembe veszi a talaj állapotát, és jó mutatója a növények klorofilltartalmának a korai növekedési szakaszban.	- Talajpixelek megkülönböztetése - Figyelembe veszi a fény nem lineáris kölcsönhatását a talaj és a növényzet között. - A klorofill kimutatására tervezett egyes kombinált indexek szerkezeti indexeként használatos.	$(\text{Nir}-\text{Red})/(\text{Nir}+\text{Red}+0.16)$
GNDVI	Ez az index a zöld hullámot használja a klorofilltartalom kiszámításához az NDVI vörös hullámai helyett, és a kutatások szerint stabilabb, mint az NDVI index. Sűrű lombkoronájú vagy a fejlődés előrehaladottabb szakaszában lévő növényeknél használatos.	- A növény lombkoronájának víz- és nitrogénfelvételének meghatározása	$(\text{Nir}-\text{Green})/(\text{Nir}+\text{Green})$

A kísérleti területen készült képek alapján ortofotók hozhatók létre, amelyeket különböző szoftverek segítségével tovább lehet elemezni. Ezek a programok lehetővé teszik például a gyomnövényfoltok, kártevők foltszerű megjelenésének feltérképezését, vagy multispektrális képalkotással a növények tápanyagigényének, illetve a talaj nedvességtartalmának szintén foltszerű detektálását. Ezek az adatok térképre vetíthetők, majd könnyen integrálhatók a mezőgazdasági gépekbe, például traktorokba, permetezőgépekbe vagy kombájnokba, pendrive vagy felhőalapú adatmegosztás révén.

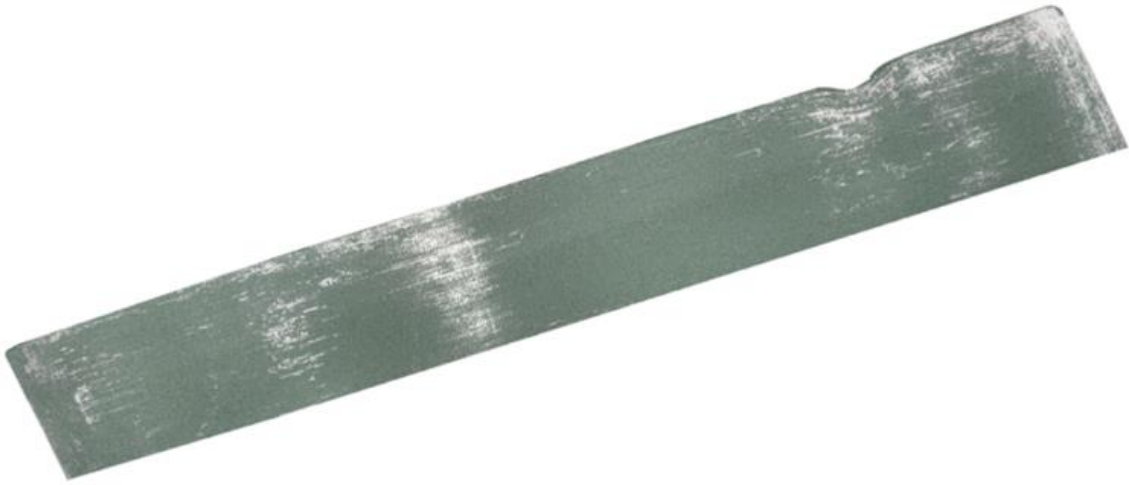
Ez az összehangolt technológia lehetővé teszi a drónok és mezőgazdasági gépek együttes munkáját. Az új technológia költséghatékony, mivel a gazdálkodók számára a drónok viszonylag kis beruházást jelentenek a mezőgazdasági gépekhez képest, viszont jelentős megtakarítást eredményezhetnek a vegyszer- és anyagfelhasználás terén, valamint a termés hozam növelésében is.

2. Táblázat: Multispektrális sávok és amit látnak.

(Forrás: <https://myactioncam.hu/multispektralis-dronok-elonyok-es-felhasznalasi-esetek-246>)

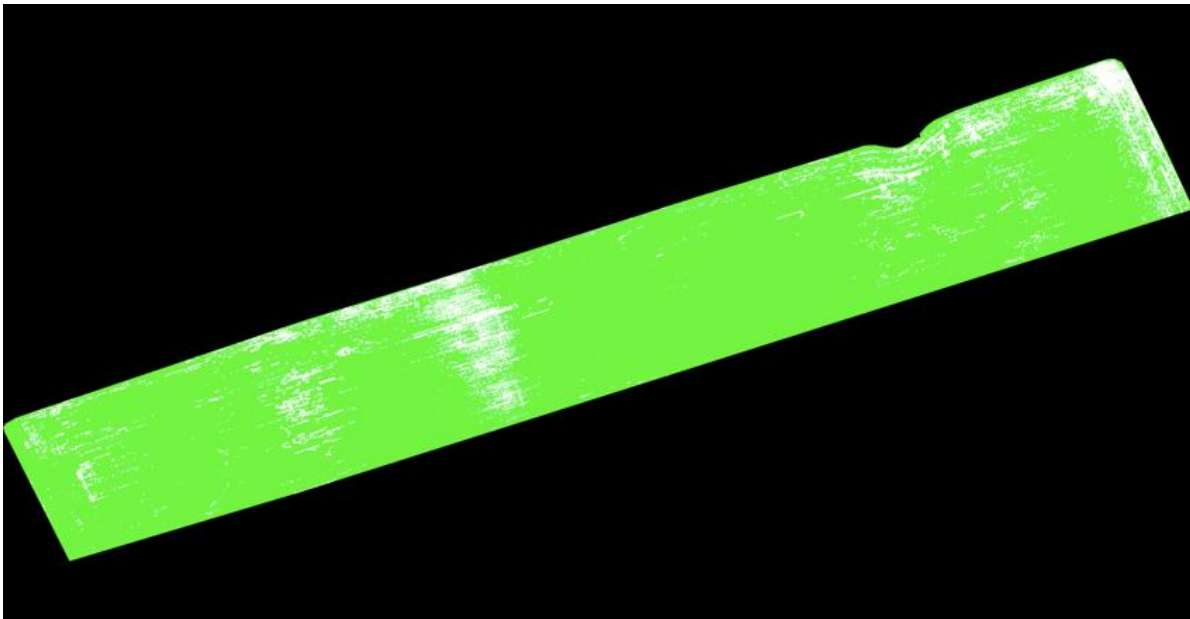
Spektrális sáv	Hullámhossz	Felhasználási mód
Red	600-700nm	A vegetatív növekedés és életerő, a növénytípus, a páratartalom és a levélfelület-index megállapítására szolgál.
Near-infrared	700-900nm	A növények egészségének és termelékenységének mérésére szolgál.
Red-edge	700-780nm	A termesztési stressz kimutatására szolgál, jelezheti a klorofilltartalom változását.
Green	500-600nm	A lombkoronaszint mérésére és a gyomnövekedés észlelésére szolgál.
Blue	450-500nm	A vízstressz, a betegségek és a növények egészségi állapotában mutatkozó nagy különbségek kimutatására szolgál.

16. ábra vizsgált terület ortomozaik képmetszett
(Forrás: saját szerkesztésű ortofotó)



Eredeti, kimetszett színes kép, 120m méter magasból

17. ábra vizsgált terület ortomozaik manipulált képmetszett
(Forrás: saját szerkesztésű ortofotó manipulált)



A 17.ábra a 16.ábra manipulált képe, amely kísérleti területről készült ortofotó, célja a kontrasztos láthatóság növelése volt. Az élő növényzet, jelen esetben a napraforgó kultúra, élénk zöld színnel van ábrázolva, míg a fedetlen talaj fehér színnel jelenik meg, amely a terület 9,1%-át teszi ki.

A felmérés során megfigyelhető, hogy az erózió, különösen víz okozta kár, jelentős hatással volt a talajra, ami a magok kimosódásához vezetett. Ez a jelenség különösen aggasztó, mivel a talajerózió nemcsak a termés hozamot csökkenti, hanem hosszú távon is károsan befolyásolja a mezőgazdasági fenntarthatóságot. Az ilyen típusú megfigyelések alapvetően fontosak a precíziós mezőgazdaság területén, mivel lehetőséget biztosítanak a gazdálkodók számára a kockázatok azonosítására és a megfelelő védelmi intézkedések kidolgozására.

3.3. Mavic 2 Pro pilóta nélküli légijármű

Hasselblad L1D-20c kamera: A Mavic 2 Pro egyik legfontosabb eleme a 20 megapixeles, 1 hüvelykes CMOS szenzorral felszerelt Hasselblad kamera. Ez a kamera rendkívül nagy dinamika tartománnyal (14 f-stop) és színmélységgel (10 bit) rendelkezik, ami részletgazdag és élénk képeket biztosít.

4K videófelvétel: A drón képes 4K felbontású videók rögzítésére 10 bites színmélységgel, amely lehetővé teszi a nagy felbontású videó rögzítést. A HDR videó rögzítése is támogatott, így még lenyűgözőbb képi világot érhetünk el.

Repülési teljesítmény: A Mavic 2 Pro akár 31 perc repülési idővel és 8 km maximális hatótávolsággal rendelkezik, ami lehetővé teszi nagy területek lefedését egyetlen repülés alatt. A drón maximális sebessége 72 km/h.

Fejlett érzékelőrendszer: A Mavic 2 Pro minden irányban akadályérzékelő szenzorokkal van felszerelve, így biztonságosabb repülési élményt nyújt, különösen összetett környezetben.

Hyperlapse funkció: Ez a funkció lehetővé teszi látványos time-lapse videók készítését anélkül, hogy utólagos feldolgozásra lenne szükség. A drón stabilan tartja a helyzetét, miközben hosszabb ideig rögzíti a jeleneteket.

Intelligens repülési módok: A Mavic 2 Pro különböző repülési módokat kínál, mint például a TapFly, az ActiveTrack 2.0, és a Waypoint 2.0, amelyek segítenek a felhasználóknak bonyolult felvételek készítésében.

3.4. Yuneec H520E pilóta nélküli légi jármű

Hatrotoros kialakítás: A H520E hat rotorja nagyobb stabilitást és megbízhatóságot biztosít, különösen nehéz környezeti körülmények között. Ez a konfiguráció lehetővé teszi, hogy a drón akkor is biztonságosan folytassa a repülést, ha egy rotor meghibásodik.

Hosszú repülési idő: A drón akár 30 percig is képes repülni egyetlen feltöltéssel, amely elegendő időt biztosít a nagyobb területek feltérképezésére és alapos felügyeletére.

Moduláris kamera rendszer: A Yuneec H520E kompatibilis különböző kameramodulokkal, mint például a termikus képalkotásra képes E10T vagy a nagy felbontású E90 kamera. Ez lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy különféle feladatokhoz igazítsák a drónt, legyen szó hőkamerás felvételekről, részletes térképezésről vagy magas minőségű videók rögzítéséről.

Precíziós GNSS rendszer: A drón kettős GNSS (GPS + GLONASS) helymeghatározó rendszerrel van felszerelve, amely rendkívül pontos pozíciókövetést biztosít, még bonyolult terepen is. Ez különösen fontos olyan feladatoknál, mint a pontos térképezés vagy az érzékeny területeken való repülés.

Fejlett repülési módok: A H520E számos intelligens repülési móddal rendelkezik, beleértve az automatikus repülési útvonalak létrehozását, az intelligens követést, és a geofencinget (a drón automatikusan elkerüli a tiltott repülési zónákat).

ST16S földi állomás: A H520E-hez tartozó ST16S földi állomás egy nagy teljesítményű távirányító beépített érintőképernyővel, amely valós idejű telemetria adatokat és élő videó streamelést biztosít a drón és a kamera működésének teljes körű irányításához.

3.5. DJI Mavic 2 Pro és Yuneec H520E pilóta nélküli légi jármű összehasonlítása

Felsőnyéken, a Buhin nevű szántóföldön két légifelvételt készítettem különböző drónokkal, hogy összehasonlítsam azok gyakorlati alkalmazását a modern mezőgazdaságban, különösen a precíziós gazdálkodás területén. A kutatásom célja a DJI Mavic 2 Pro és a Yuneec H520E drónok összehasonlítása volt napraforgó táblák felvételezése során, különös figyelmet fordítva az ortofotók és képek alapján történő kiértékelésre. A drónokat napraforgó táblák felett repülve

teszteltem, értékelve a használhatóságukat, képminőségüket, ár-érték arányukat, valamint a működésükhöz szükséges technikai eszközöket és egyéb szempontokat.

A DJI Mavic 2 Pro egy költséghatékony és könnyen kezelhető drón, amely lenyűgöző színvilágú és részletgazdag RGB-képeket készít az 1 hüvelykes CMOS szenzornak köszönhetően. Ezek a képek különösen hasznosnak bizonyultak, amikor vizuális ellenőrzésre és RGB képekre volt szükségem. Ugyanakkor a Mavic 2 Pro nem alkalmas multispektrális képek készítésére, ami korlátozta a precíziós gazdálkodásban történő felhasználási lehetőségeit. Az akkumulátor kapacitása tekintetében a drón körülbelül 25-30 perc repülési időt biztosított, amely 6-8 hektár lefedésére volt elegendő, így különösen hasznosnak találtam, amikor csak RGB képekre volt szükségem.

A Yuneec H520E drón fejlettebb képességekkel rendelkezett, különösen a multispektrális felvételek készítése terén, ami elengedhetetlen volt a növényállapot és a talajviszonyok pontos elemzéséhez. A drón különböző kameramodulokkal szerelhető fel, beleértve a multispektrális kamerát, amely lehetővé tette a növényzet állapotának részletes megfigyelését és elemzését. Az akkumulátora egy töltéssel körülbelül 25 perc repülési időt biztosított, amely 5-6 hektár lefedésére elegendő volt, így nagyobb területek esetén több akkumulátor használatára volt szükségem. Bár bonyolultabb kezelést és magasabb költségeket jelentett, a pontosabb adatok miatt gyakran indokoltnak találtam a használatát.

A drónok üzemeltetéséhez szükséges volt egy nagy teljesítményű laptop is, amely képes volt a képfeldolgozásra és a nagy adatmennyiség kezelésére, ezért egy legalább Intel i7 processzorral, minimum 16 GB RAM-mal és egy NVIDIA GTX 1660 vagy jobb grafikus kártyával felszerelt eszközt használtam. A nagy adatmennyiség miatt külső SSD-t is használtam, hogy biztosítsam a megfelelő tárhelyet. Fontosnak tartottam, hogy a drónokat megfelelő időjárási viszonyok között használjam, a stabil repülés érdekében kerülve a nagy szélsőséget, ködös, párás időjárást és szélsőséges hőmérsékleteket, hogy a felvételek minősége mindig kifogástalan legyen.

A kutatás során megállapítottam, hogy a DJI Mavic 2 Pro ideális választás volt, amikor elsősorban RGB képekre volt szükségem, mivel könnyen kezelhető és költséghatékony, azonban a

multispektrális felvételek készítésére nem alkalmas. Ha pontosabb elemzést és multispektrális adatokat igényeltem a mezőgazdasági felmérés során, akkor a Yuneec H520E drón használatát részesítettem előnyben. Alternatívaként figyelembe vettem a DJI Mavic 3M-et is, amely támogatja a multispektrális képalkotást. Minden esetben elengedhetetlen volt, hogy megfelelő technikai eszközöket és azokhoz a megfelelő kompetenciájú képzési tudás birtokában legyek.

A kutatásom során a drónokat többféle gyakorlati célra is felhasználtam, például a Yuneec H520E-vel végzett multispektrális felvételezést kísérleti módszerként. Bár az időjárási viszonyok és technikai problémák miatt ezek a felvételek nem lettek teljes mértékben értékelhetők, mégis rendkívül hasznos tapasztalatot jelentettek, és egyértelművé tették, hogy a módszer megvalósítható és hatékony lehet. Noha a kísérlet ezen szakasza nem adott pontos adatokat, az alkalmazás lehetőségei és a módszertan továbbfejlesztése kétségtelenül lehetséges és ígéretes.

18. ábra Yuneec H520E drón felmérés közben
(Forrás: saját fotó 2023)



Az 18.ábra a Yuneec H520E, míg a 19.ábra a DJI Mavic 2 PRO drón modellek, amelyekkel dolgoztam a kutatásom során.

19. ábra DJI Mavic 2 PRO drón

(Forrás: <https://www.techradar.com/reviews/dji-mavic-2-pro>)



A felvételek célja az volt, hogy összehasonlítsuk a két eszköz teljesítményét, és megállapítsuk, melyik drón alkalmasabb a szántóföldek dokumentálására a képminőség, felbontás, adatfeldolgozási sebesség, valamint a gyomnövények és a kultúrnövények pontos elkülönítésének hatékonysága tekintetében. Az 1. és 2. táblázatban a drónok technikai összehasonlítását láthatjuk, melyek különböző szempontok alapján értékelik a két eszközt, mint például a kamera típusa, felbontás, repülési idő, stabilitás. Ezek a táblázatok segítenek átlátni, melyik drón milyen területen nyújt kiemelkedő teljesítményt, és milyen kompromisszumokat jelent a mezőgazdasági alkalmazások szempontjából, így a felhasználók könnyebben dönthetnek a számukra legmegfelelőbb eszközről.

3.táblázat Yuneec H520E és a DJI Mavic 2 PRO drónok technikai adatainak összehasonlítása

	Yuneec H520E	DJI Mavic 2 Pro
Felbontás	2048 x 1365 pixel	2048 x 1365 pixel
Színmód:	RGB	RGB
Fájlformátum	JPEG	JPEG
Átlagos fényerő	126,53	158,33
Kontraszt	209	237
Kamera	Cserélhető kamerarendszerek, 4K videó	20 MP, 1" CMOS, f/2.8-f/11, 4K videó felbontás
Tömeg	1633 g	907 g
Méret összecsuksva	Nem összecsukskható, nagyobb méretű	214×91×84 mm
Repülési idő	Akár 28 perc	Akár 31 perc
Hatótávolság	Akár 7 km	Akár 8 km
Maximális sebesség	72 km/h	72 km/h
GPS	GPS	GPS + GLONASS
Alkalmazások	Kutató-mentő műveletek, ellenőrzés, térképezés, felmérés	Légi fényképezés, videózás, tartalomkészítés
Speciális funkciók	Hosszú repülési idő, stabil erős szélben, DataPilot	Minden irányú akadályérzékelés, Hyperlapse, HDR
Ár	~ 2 170 000 Ft	~ 540 000r Ft

3.6. Laquinta DB2 Multispectral hybrid sensor bemutatása

Multispektrális képkalkotás: A LaQuinta DB2 képes egyszerre több spektrumban – például a vörös, zöld, kék, infravörös és közeli infravörös (NIR) tartományokban adatokat gyűjteni (21.ábra). Ez lehetővé teszi, hogy a felhasználók olyan részleteket is észleljenek, amelyeket a hagyományos

kamerák nem képesek rögzíteni. Az ilyen multispektrális felvételek különösen hasznosak a növényzet állapotának, a fotoszintetikus aktivitásnak és a tápanyag-ellátottság felmérésében.

Nagy felbontású képalkotás: A DB2 szenzor nagy felbontású képeket készít, amely lehetővé teszi a pontos elemzést és a részletes térképezést. Ez különösen fontos a precíziós mezőgazdaságban, ahol az apró különbségek is jelentős hatással lehetnek a terméshozamra és a növényvédelmi döntésekre.

Hibrid érzékelő technológia: A DB2 szenzor hibrid érzékelési technológiát alkalmaz, amely egyesíti a passzív multispektrális képalkotást az aktív, például LiDAR vagy más távolságmérési technikákkal. Ez lehetővé teszi a földterületek 3D-s modellezését, valamint a vegetáció struktúrájának és a talajfelszín tulajdonságainak pontos elemzését.

Könnyű integráció: A szenzor könnyen integrálható különböző drónplatformokra, ami rugalmas alkalmazási lehetőségeket biztosít a felhasználók számára. A könnyű súlya és kompakt kialakítása révén többféle dróntípuson is használható, beleértve a kisebb méretű, nagy manőverezőképességű UAV-kat.

Valós idejű adatfeldolgozás: A LaQuinta DB2 támogatja a valós idejű adatfeldolgozást, így a felhasználók azonnal hozzáférhetnek az összegyűjtött információkhoz. Ez különösen hasznos terepi munkák során, ahol gyors döntéshozatalra van szükség.

Könnyű adatkezelés: A szenzor által gyűjtött adatok könnyen exportálhatók és integrálhatók különféle adatfeldolgozó szoftverekbe, amelyek lehetővé teszik a részletes elemzést, valamint a térképezést és a modellezést. Ez a tulajdonság különösen hasznos a mezőgazdasági elemzésekben, ahol a döntéshozatal során figyelembe kell venni a különböző környezeti tényezőket.

3.7. Használt programok

A **PIX4D** Fields egy vezető szoftvermegoldás a fotogrammetria és a térképezés területén, amelyet széles körben használnak a drónok által készített képek feldolgozására és 3D-s modellek, ortofotók, valamint térképek létrehozására. A PIX4D különböző iparágakban alkalmazható.

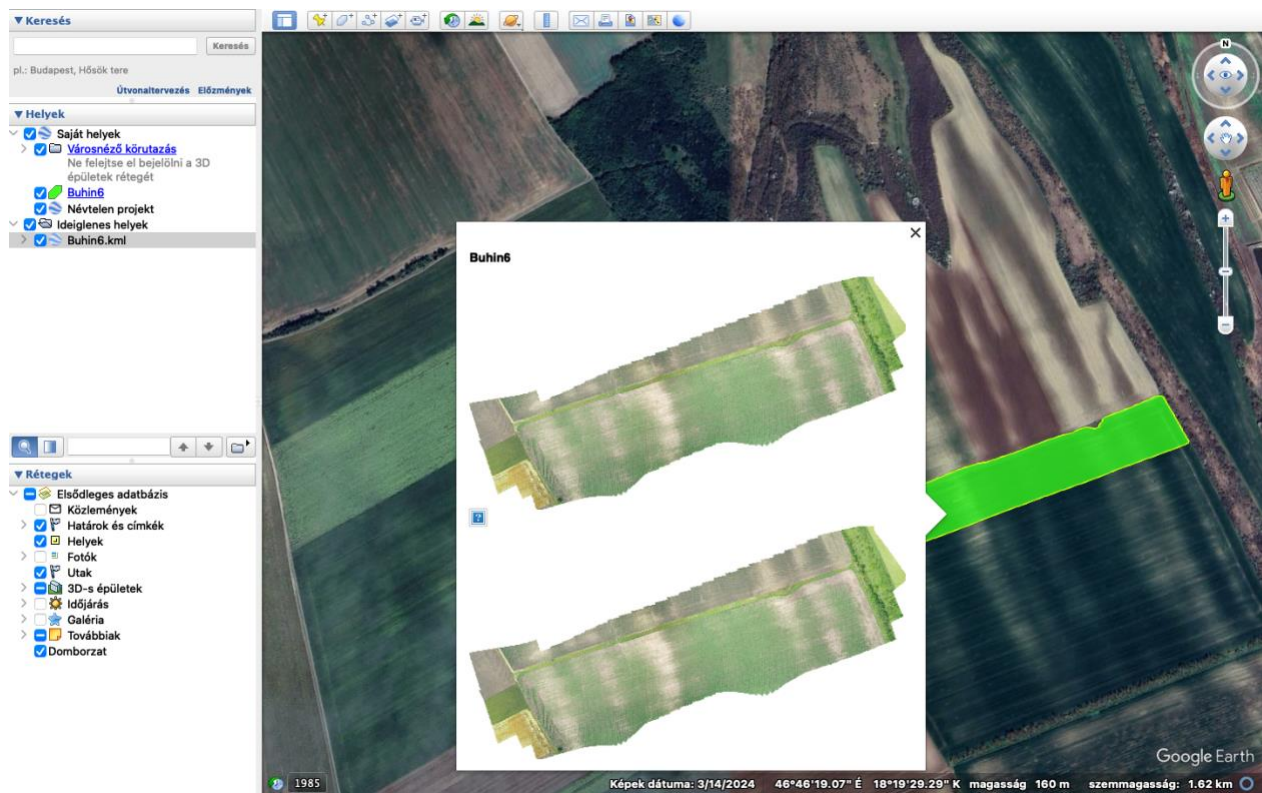
DJI Terra Agriculture egy RTK rendszert támogató elterjedt szoftver. Hasznos funkció a szoftverekben a zónásítás. Az adott, de eltérő indexű területekhez határok jelölhetők ki és a határokon belül különböző kijuttatási értékeket (növényvédőszer, lombtrágya) lehet rendelni. Ezzel létrehozhatók az ún. zónatérképek, amelyek a földi gépek RTK rendszereihez kapcsolódva, felhasználhatók a differenciált kezeléseknél (foltok kezelésére). 2-3 cm/pixel felbontás mellett az adatokat a földhivatali rendszerrel már össze lehet vetni, illetve kiegészíteni.

A **QGIS** egy nyílt forráskódú térinformatikai szoftver, amely lehetővé teszi különféle geospaciális adatok kezelését, elemzését és vizualizálását. A mezőgazdaságban kiemelten használják térképezési és adatfeldolgozási célokra, beleértve a drónok által készített ortofotók és NDVI képek elemzését is. A QGIS lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy egyedi zónákat határozzanak meg, és ezeket az információkat integrálják a precíziós mezőgazdaságban használt rendszerekbe. Ezáltal segíti a differenciált növényvédőszer- és műtrágya kijuttatást a hatékonyabb termelés érdekében.

A **Google Earth Pro**, amint azt a 20. ábra is mutatja, egy ingyenesen elérhető térképezési és földmegfigyelési szoftver, amely lehetővé teszi nagy felbontású műholdképek és térinformatikai adatok megjelenítését. Különösen hasznos a mezőgazdasági területek távérzékelésére, mivel a drónok által készített ortofotók integrálhatók és összehasonlíthatók a műholdas felvételekkel. Az eszköz segítségével könnyen nyomon követhető a területek változása, valamint a különböző növényfajták és gyomok elterjedése. A mért adatok exportálhatók, és más térinformatikai rendszerekbe is integrálhatók, például QGIS-be.

A **Litchi** egy népszerű, harmadik fél által fejlesztett drónvezérlő alkalmazás, amely a DJI drónokhoz használható. Széles körű funkciókat kínál, beleértve az automatikus útvonaltervezést, a waypoint alapú repülést és a POI-k (Point of Interest) automatikus követését. A mezőgazdasági felhasználás során a Litchi segítségével előre meghatározott útvonalakon lehet repülni, ami pontos adatgyűjtést biztosít a növényterületek felmérésére. Továbbá a szoftver lehetőséget nyújt az RGB és multispektrális felvételek készítésére is, így alkalmas precíziós mezőgazdasági alkalmazásokra.

20. ábra Ortofotó injektálása Google Earth Pro-ba
(Forrás: Google Earth Pro, saját szerkesztésű)



21. ábra Multispektrális felvétel készítése DJMavic 3M drónnal
(Forrás: <https://www.aerosmart.ae/blog/precision-farmings-new-tool-the-mavic-3-multispectral/>)



4. Eredmények és értékelésük (megvitatás)

Az RGB kamerával ellátott drónok közötti összehasonlítás során a DJI Mavic 2 Pro és a Yuneec H520E jelentős különbségeket mutat mind az ár, mind a képminőség és felhasználás szempontjából. A DJI Mavic 2 Pro 20 MP-es Hasselblad kamerával van felszerelve, amely rendkívül részletes, éles képeket biztosít, ideális mezőgazdasági monitorozásra. Ez a drón különösen alkalmas olyan feladatokra, mint a termésállapot felmérése, a növényi stressz korai jeleinek felismerése, valamint a vetési vagy aratási időszakok hatékonyságának növelése. Az RGB képeket a termelők olyan szoftverekbe integrálhatják, mint a DroneDeploy vagy az Agisoft Metashape, amelyek képesek a képek 3D modelljeit létrehozni, ami hasznos a terület topográfiájának felmérésére és a vetési minták elemzésére.

A Yuneec H520E RGB kamerája szintén kiváló minőségű képeket készít, de főként a stabilitása és robusztus kialakítása teszi kiemelkedővé, különösen szelesebb körülmények között. A Yuneec drónok előnye, hogy bővíthetők multispektrális kamerával, ami a növények egészségéről és a talaj állapotáról pontosabb adatokat szolgáltat, így, ha a gazdálkodónak később multispektrális felvételekre van szüksége, ezt az opciót beépítheti. Azonban fontos megjegyezni, hogy a DJI Mavic 3M már rendelkezik multispektrális kamerával, így alternatívaként kiválthatja a Yuneec drónt, amennyiben a felhasználó már megszokta a DJI által kínált egyszerű kezelhetőséget.

Az RGB képek elemzése során a drónok képesek nagy pontossággal feltérképezni a növényzet állapotát, azonosítani az esetleges hiányosságokat, kártevők jelenlétét, valamint a vízellátási problémákat. Az RGB képekkel végzett munka jelentősége abban rejlik, hogy a termelők vizuálisan követhetik a termés fejlődését, különösen a napraforgó és hasonló nagy területen termelt növények esetében. A kapott adatok integrálhatók a modern mezőgazdasági rendszerekbe, amelyek képesek a képeket részletes elemzéssel, például NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) értékekkel kiegészíteni, amelyek megbízhatóan mutatják a növények egészségi állapotát.

A két drón között az egyik fő különbség a szoftveres integráció lehetősége. A DJI széleskörű szoftveres támogatottsága révén több mezőgazdasági szoftverrel integrálható, és ezek a platformok számos adatfeldolgozási lehetőséget kínálnak, mint például a Pix4D és a PrecisionMapper, amelyekkel a felhasználók 2D és 3D térképeket hozhatnak létre a terület alapos elemzéséhez. A

Yuneec drónjai hasonló integrációkat biztosítanak, de jellemzően nagyobb technikai ismereteket igényelnek, és drágább megoldások.

Tudományos kutatások is megerősítik, hogy a multispektrális képeket biztosító drónok, mint például a Yuneec H520E, akár 20-30%-kal hatékonyabb termésfelügyeletet biztosítanak, különösen akkor, ha a növények stressztűrését és vízellátási állapotát kell pontosan meghatározni. Az RGB kamerák azonban a gyors és egyszerű ellenőrzés során megfelelőek, mivel alapvető adatokat szolgáltatnak a növényzet állapotáról, így előrejelzést adhatnak a várható hozamra vonatkozóan.

Összességében elmondható, hogy a DJI Mavic 2 Pro egyszerűsége és költséghatékonysága miatt ideális választás lehet olyan mezőgazdasági üzemek számára, amelyek nem igénylik a multispektrális elemzést, míg a Yuneec H520E komolyabb igényeket szolgál ki, ahol a növényzet egészségének és a talaj állapotának alapos monitorozására van szükség. A DJI Mavic 3M alternatíva lehet, ha multispektrális funkciókat szeretnénk kombinálni a DJI egyszerű kezelhetőségével és alacsonyabb árkategóriájával.

Kutatói tapasztalatok alapján az RGB ortomozaikok használata jelentősen megkönnyíti a gyomok területi felmérését, bár a gyomok közvetlen felismerése kihívás. A különböző növények eltérő fényvisszaverési tulajdonságai alapján, bizonyos szoftverek, mint például a QGIS és a Pix4D, képesek az eltérő növényfajokat elkülöníteni. A felvételek elemzésekor a szoftverek képesek fajspecifikus térképeket generálni, amellyel a gyomok borítását és elterjedését pontosan kiszámíthatjuk. Így a terület gyalogos bejárása elkerülhető, hiszen a spektrális különbségek segítségével a gyomok könnyen azonosíthatók és dokumentálhatók.

A kutatásaim alátámasztják, hogy az RGB képekből származó adatokat kombinálva térinformatikai szoftverekkel (például QGIS) pontos felmérések készíthetők, ami lehetővé teszi a gyomkorlátozás tervek célzott és hatékony kidolgozását. Ez a módszer nagymértékben növeli a precíziós mezőgazdaság hatékonyságát, mivel a gyomirtó szerek felhasználása pontosabban tervezhető, csökkentve a környezeti terhelést, miközben növeli a termés hozamot.

Ezáltal a gyomfelismerés nem csupán gyorsabb, hanem környezetbarát is lehet, hiszen a drónok által készített felvételek elemzése révén a szükséges beavatkozások pontosan megtervezhetők és végrehajthatók.

4.1. Integráció lehetőségei

Elsősorban, elengedhetetlen meghatározni, milyen módon kívánjuk integrálni a technológiát a gazdaságunkba. Az egyik lehetőség, hogy külső szolgáltatókat bízunk meg a feladatok elvégzésével; azonban hosszú távon ez a megoldás költségesebb és kiszámíthatatlanabb lehet. Alternatívaként saját magunk is végezhetjük a munkát, amihez elengedhetetlen a technológiai ismeretek megszerzése, amit képzések révén érhetünk el, valamint szükség lesz a megfelelő eszközök beszerzésére is. Bár ez az utóbbi megközelítés hosszú távon költséghatékonyabb lehet, a kezdeti nehézségek beleértve az induló tőke és az időigény ráfordítását jelentős kihívásokat jelenthetnek az elindulás során.

A mezőgazdasági drónok alkalmazásának bevezetése komoly felkészülést és jelentős befektetést igényel. Ahhoz, hogy saját gazdaságunkban hatékonyan és jogszerűen használhassak monitoring és permetező drónokat, több képzésen és vizsgán kellett részt vennem. Az alábbiakban bemutatom a folyamatot, amelyen végig haladtam.

Az első lépés az A1-A3 kategóriájú vizsga letétele volt. Ez a vizsga alapvető tudást biztosít a drónok biztonságos és szabályszerű használatáról, és az ehhez kapcsolódó vizsgadíj is. Ezt követően az A2 kategóriájú vizsga következett, amely a nagyobb, bonyolultabb drónok használatához szükséges. A tanfolyam költségei eltérőek lehetnek, de lehetőség van arra is, hogy a vizsgát ingyenesen, egy jelképes vizsgadíjjal teljesítsük.

A következő lépés a speciális pilóta nélküli légijármű pilóta képzés elvégzése volt, amely már a drónok mezőgazdasági alkalmazására fókuszált. Ez a képzés elengedhetetlen volt ahhoz, hogy mélyebb ismereteket szerezzek a drónok működéséről és használatáról.

A növényvédelmi drónpilóta képzés megkezdése előtt szükséges volt egy 80 órás növényvédelmi szaktanfolyam elvégzése, ami a zöld könyv megszerzését tette lehetővé. Ez a tanfolyam elengedhetetlen a növényvédelmi szerek alkalmazásához szükséges szakismeretek megszerzéséhez.

Ezután a növényvédelmi drónpilóta képzés következett, amely különösen fontos volt a permetezési feladatokhoz. Ez a képzés biztosította, hogy a drónokat a növényvédelmi előírásoknak megfelelően tudjam használni, minimalizálva a környezeti kockázatokat.

Összességében a dróntechnológia bevezetése a gazdaságba nemcsak anyagi befektetést, hanem jelentős időráfordítást is igényelt. A képzések és vizsgák költségei összességében jelentősek, de

ezen elengedhetetlenek ahhoz, hogy a drónokat hatékonyan és a jogszabályoknak megfelelően tudjam alkalmazni a gazdasági tevékenységeim során. A folyamat végére úgy érzem, hogy a befektetés megtérül, hiszen a drónok segítségével jelentősen növelhetem a termelés hatékonyságát és fenntarthatóságát.

4.2. Precíziós módszerek alkalmazása és megoldásaik a természetvédelem érdekében.

A precíziós módszerek alkalmazása a technológiai fejlődés ütemétől függ. Az UAS/UAV rendszereken alkalmazható méréstechnikák pontosságát, feldolgozhatóságát az alkalmazott szenzorok (MEMS giroszkóp, MEMS magnetométer iránytű, ultrahangos és lézeres távolságmérő, környezeti fényérzékelő, GPS) használata, fejlettsége adja.

A biocönózis állapota gyorsan, olcsón és precízen nagy gyakorisággal, érintésmentesen felmérhető. Megfelelő adatbázisok és szoftverek létrehozásával a természet és társadalom dinamikus egyensúlyát meg lehet őrizni. Virtuális billentyűzet az okosórák által vagy hanggal vezérelhető automata vagy félautomata vezérelt drón már képes lehet a precíziós mezőgazdaságban, természetvédelemben tényleges munkára.

Az adatgyűjtés és elemzés jelenti a munkafolyamat jelentős részét, ami számos kihívást tartogat. A monitorozási tevékenység során készült nagy felbontású képek tárolásához nagy kapacitású adathordozóra és tárolóegységre van szükség, mint például külső SSD-re vagy SD kártyára. Ez azért fontos, mert a későbbi elemzésekhez szükséges a magas felbontású képek részletes vizsgálata. Emellett elengedhetetlen egy nagy teljesítményű, legalább 16 GB RAM-mal rendelkező laptop, amely segítségével az ortofotók elkészítése gyorsabbá és hatékonyabbá válik. Ez különösen fontos lehet szoros határidők esetén vagy amikor a munka nem tűr halasztást.

22. ábra Felsőnyék ”Buhin” nevezetű szántóföld területfelmérés a Yuneec H520E drónnal.
(Forrás: Saját kép)



A 22. ábra bemutatja a Yuneec H520E drón alkalmazását a Buhin nevű területen végzett felmérés során, amelyet Dr. Ujj Apolka, Döbröntey Réka és Sebők András közreműködésével végeztünk. A képen napraforgó táblát látunk, ahol a csapat tagjai a drón adatgyűjtési folyamatában vesznek részt, amely során a terület pontos monitorozása és elemzése zajlik. A felvétel jól szemlélteti a terepi munkát és a modern technológia alkalmazását a precíziós mezőgazdasági gyakorlatban.

5. Következtetések és javaslatok

Vizsgálatom tárgya a pilóta nélküli légi járművek használata volt, elterjedésének lehetősége az intenzív mezőgazdaságban, természetvédelemben.

A kutatás eredményei alapján megállapítható, hogy a pilóta nélküli légi járművek (drónok) a mezőgazdaságban és természetvédelemben számos előnyt nyújtanak, különösen a precíziós mezőgazdaság terén. Az alkalmazott technológiák például a DJI Mavic 2 Pro és a Yuneec H520E lehetőséget biztosítanak a vegetáció állapotának részletes monitorozására, a pontos adatelemzésre, és hozzájárulnak a fenntarthatóbb mezőgazdasági gyakorlatokhoz. A drónokkal végzett vizsgálatok során kiderült, hogy a magasabb felbontású képek és a multispektrális szenzorok segítségével jelentős pontossággal mérhetőek a növényállapot különbségei, ami alapvető fontosságú a precíziós gazdálkodásban.

Az optimális feltételek biztosításától azonban még messze vagyunk, de lehetőségek adóttak. Érttem ez alatt a korlátozottságot, mely az UAV repülő szerkezetekre telepíthető bevizsgált mérőeszközöknek a speciális és veszélyes üzemi körülmények közötti működéséből adódik. A megfelelő, speciális feladat elvégzéséhez a mérőműszerek is határt szabhatnak (látható, szabad szemmel láthatatlan tartományban működő objektívek, pozíció jelzők, időjárásellenálló rendszerek).

Az UAV kiszolgálóegységeinek rendelkezésre kell, hogy álljanak (dokkolók, energiatárolók, szállítóeszközök) a megfelelő környezeti, emberi tényezők is. Emberi tényezőként még mindig befolyásoló tényező a szoftver és kezelési hibák, a jogszabályi háttérnek való megfelelés.

Nem szabad elfelejteni viszont az UAV eszközökben rejlő hasznosságot. Kameráik a műholdas felvételeknél nagyobb felbontást nyújtanak (10x10 m/pixel helyett 2-3 cm/pixel felbontás), továbbá felhős időben is biztos üzemben használhatók.

Kis méretűknél fogva alkalmas vegetációs indexek készítésére, és az ezekből létrehozott NVDI alkalmas gyepek terméshozam-bebecslésére. Kiegészítheti, sőt helyettesíthetik a földhivatali térképrendszereket. Természetvédelemben ennél fogva jelenleg jobban hasznosíthatók.

Jelenleg termésnövelők, lombtrágyák, növény kondicionálószer, mikrobiológiai szerek, illetve egyetlen rovarölő szer (Mospilan 20 SG) kijuttatása engedélyezett. A lehetőség, bármily csábító, itt nagyon korlátozott. A technológia ez esetben, ebben a felhasználási szegmensben még nem minden esetben megbízható. Megfigyeléseim alapján a kijuttatás még kockázatos, optimális időjárási viszonyok mellett lehet csak megfelelő eredményeket elérni különben kockáztatjuk az elpárolgás vagy elsodródási károkat. Az összetett időjárási viszonyok optimális körülményeire fokozott odafigyelést és szaktudást igénylő feladat.

Ennélfogva mező, erdő, illetve állományszegélyek (főleg a természetvédelmi terület határán) kezelése jelenleg nem megoldható. Környezetvédelmi területeken nagyon szigorú és beszűkített a használatuk.

Használatuk jövedelmező lehet a térképészetben, a védett erdősávok fasorok speciális lekezelésében (készthelyi vadgesztenyében aknázómolyok ellen) vagy például az erdészetekben (vadfelmérésekben, állományfertőzöttségnél, tüzeseteknél). A beszerzési árak, szabályozott jogi környezet, a rájuk installált eszközök kezdetlegessége és ennél fogva az ára a jövedelmezőségi rátát csökkenti.

A jövő gazdaságában mindenképp számolni kell ezekkel az eszközökkel. Az emberi tényezőből eredő kockázatok csökkentésével bármely természeti adottságok mellett és környezetben programozottan, akár rendszerben is jól felhasználhatók lesznek az UAV légi járművek.

6. Összefoglalás

A precíziós mezőgazdaság és a természetvédelem ötvözete a modern technológia révén átalakítja a jövő mezőgazdaságát, fenntartható megoldásokat kínálva az emberiség előtt álló környezeti kihívásokra. Az utóbbi években a pilóta nélküli légitjárművek (drónok) szerepe kulcsfontosságúvá vált ezen a területen, hiszen ezek az eszközök nagy pontossággal gyűjtik az adatokat, lehetőséget biztosítva a mezőgazdasági területek és természetvédelmi szempontból értékes élőhelyek monitorozására. Kutatásom célja a drónok gyakorlati alkalmazásának és hatékonyságának vizsgálata volt, különös tekintettel a DJI Mavic 2 Pro és a Yuneec H520E modellek összehasonlítására. A kutatásomat egy 6 hektáros mezőgazdasági területen végeztem, ahol két drónt használtam: a családi gazdaságunk DJI Mavic 2 Pro modelljét, valamint a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem által kölcsönzött Yuneec H520E típust. A felvételek három különböző magasságból (50 m, 80 m és 120 m) készültek, és RGB valamint multispektrális képalkotási módszerekkel kerültek elemzésre. Az ortomozaik és NDVI képek feldolgozásához olyan speciális szoftvereket alkalmaztam, mint a PIX4D Fields és a QGIS, melyek lehetővé tették a részletes vegetációelemzést és a gyomnövényborítottság meghatározását. A kutatás során megállapítottam, hogy a 120 m-es magasságból készített felvételek előnye, hogy kevesebb tárhelykapacitást igényelnek, és a feldolgozási műveletek gyorsabban elvégezhetők, így ideálisak nagy területű adatszámításokhoz és a mezőgazdasági terület általános állapotának felméréséhez. Ezzel szemben az 50 m-es magasságú felvételek részletesebb képet nyújtanak a területről, ami különösen hasznos lehet a növények és gyomnövények azonosításához, bár jelentős tárhely kapacitást igényelnek, és a feldolgozásuk több időt vesz igénybe. Ez a részletesebb módszer akkor ajánlott, ha pontos gyomnövényfelismerésre van szükség, feltéve, hogy a felvételek elemzéséhez megfelelő szakmai tapasztalattal rendelkezünk. A drónok teljesítményének összehasonlítása során a DJI Mavic 2 Pro kiemelkedett a költséghatékonyság és az RGB képminőség terén, míg a Yuneec H520E előnye a multispektrális felvételek készítésében rejlett, ami különösen fontos a precíziós mezőgazdasági gyakorlatokban, például a növények egészségi állapotának elemzésénél és a beavatkozások tervezésénél. A felvételek segítségével pontos térképek készültek, amelyek lehetővé tették a növényállomány egészségének és a gyomnövények eloszlásának részletes nyomon követését. A drónok által készített ortofotók és térképek szakmai tudással könnyen integrálhatók a modern

mezőgazdasági gépek rendszerébe, például SD-kártya használatával vagy felhőalapú megosztással, ha az adott gép támogatja ezt a technológiát. A napjainkban elterjedt mezőgazdasági gépek, mint például a traktorok vagy permetezőgépek, képesek ezeket a precíziós térképeket használni a munkaműveletek, illetve a permetezési folyamatok során. Ez lehetővé teszi a foltszerű kezeléseket, amelyek révén a gazdák a legkisebb energia és vegyszerfelhasználással tudnak dolgozni, csökkentve a környezeti terhelést és növelve a termelés hatékonyságát. Természetvédelmi szempontból is jelentős előnyökkel jár ez a technológia, hiszen a célzott beavatkozásoknak köszönhetően kevesebb vegyszer jut a környezetbe, amely hozzájárul a biodiverzitás megőrzéséhez, miközben a gazdák pénzt és időt spórolnak meg. A kutatásom során nemcsak a drónok gyakorlati alkalmazására koncentráltam, hanem arra is, hogy a szükséges szakmai kompetenciákat megszerezsem. Ennek érdekében egy éven át több drónpilótai képzésen is részt vettem, amelyek lehetővé tették számomra, hogy a legmagasabb szintű szakmai felkészültséggel végezzem el a vizsgálatokat és a drónos adatgyűjtést. Ezek a képzések biztosították, hogy a szakdolgozatom során alkalmazott technológiák maximális kihasználásával pontos és megbízható eredményeket érhessek el. Emellett kutatásom során azt is vizsgáltam, hogy a gazdálkodók számára mennyire megugorható ez az elvárás, azaz a drónpilótai képesítések megszerzése a precíziós mezőgazdasági technológiák alkalmazása érdekében. A fenntarthatóbb jövő érdekében ezek a képzések nemcsak elérhetőek, de hosszú távon megtérülő befektetést jelentenek a gazdálkodók számára, hiszen a modern technológiák alkalmazása jelentősen javítja a termelés hatékonyságát és csökkenti a környezeti terhelést. Az eredmények azt mutatják, hogy a monitoring drónok hatékonyan alkalmazhatók a precíziós mezőgazdaságban, jelentősen hozzájárulva a gazdálkodási folyamatok optimalizálásához és a fenntarthatósági célok eléréséhez. A drónok által nyújtott adatgyűjtés és elemzés segíti a gazdálkodókat a döntéshozatalban, csökkenti a szükséges erőforrások felhasználását, és elősegíti a természetvédelmi szempontok integrálását. Az új technológiák nemcsak a mezőgazdasági hatékonyság növelésére alkalmasak, hanem jelentős mértékben csökkentik a környezeti terhelést is, hozzájárulva ezzel a biodiverzitás megőrzéséhez és a természetes élőhelyek védelméhez. Az eredmények és a kutatás alapján egyértelművé vált, hogy a dróntechnológia nemcsak a mezőgazdasági hatékonyság növelésében játszik kulcsszerepet, hanem a környezetvédelem integrálásában is. Ezek az eszközök és módszerek új távlatokat nyitnak meg a fenntartható gazdálkodás előtt, elősegítve a biodiverzitás megőrzését és a természeti erőforrások felelősségteljes felhasználását.

Irodalomjegyzék

1. Békési, L., & Békési, B. (2020). Forgószárnyas pilóta nélküli légi járművek. *Economica*, 6(2), 88-98. <https://doi.org/10.47282/ECONOMICA/2013/6/2/4421>
2. Békési, B., Papp, I., & Szegedi, P. (2020). UAV-k légi és földi üzemeltetése. *Economica*, 6(2), 99-117. <https://doi.org/10.47282/ECONOMICA/2013/6/2/4422>
3. Békési, L. (2016). A pilóta nélküli légi járművekkel kapcsolatos alapismeretek. *Repüléstudományi Közlemények*, XXVIII. évfolyam.
4. Békési, B., & Juhász, M. (2014). Pilóta nélküli légi járművek energia forrásai. *Economica*. <https://ojs.lib.unideb.hu/economica/article/view/4311>
5. Bodnár, Zs. (2019). Ultrakönnyű napelemes óriásdrón vizsgálja nemsokára a klímaváltozást. <https://qubit.hu/2019/01/14/ultrakonnyu-napelemes-oriasdron-vizsgalja-nemsokara-a-klimavaltozas>
6. Csóré, A., & Major, G. (2021). A pilóta nélküli légi járművek (UAV) evolúciója. *Repüléstudományi Közlemények*, 33. évfolyam, 1. szám, 171-191. <https://doi.org/10.32560/rk.202112021.13>
7. Juhász, M., & Békési, B. (2020). Pilóta nélküli légi járművek energia forrásai. *Economica*, 7(1), 92-100. <https://doi.org/10.47282/ECONOMICA/2014/7/1/4311>
8. Óvári, Gy., Békési, B., & Fehér, K. (2019). Az elektromos meghajtású repülés lehetőségei. *Természet-, műszaki- és gazdaságtudományok alkalmazása nemzetközi konferencia*. <https://ojs.elte.hu/index.php/tmgank/article/view/672/579>
9. Oláh, Gy., & Ánizsfeld, R. (2002). Új generációjú üzemanyagcellák. <http://epa.oszk.hu/00700/00775/00049/1564-1569.html>
10. Stojcsics, D., & Léczfalvy, Á. (2021). Robotrepülők fejlesztésének módszerei és eredményei. *Gépészet | Robotika*. <https://doksi.net/hu/get.php?lid=37761>
11. Major, G., & Békési, B. (2024). Földön, vízen, levegőben – pilóta nélkül, avagy a robotok segítenek vagy ártanak? *Repüléstudományi Közlemények*. <https://real.mtak.hu/198622/>
12. Palik, M., & Rohács, J. (2022). UAV, UAS, RPA, drón, robotrepülőgép – új technológiák alkalmazása II. rész. *Haditechnika*. <https://real.mtak.hu/175718/>

13. Rozovicsné, F. K., Békési, L., & Óvári, Gy. (2014). A napenergia és a repülőgépek. *Szolnoki Tudományos Közlemények*, XVIII. évfolyam, 1419-256X 2060-3002.
14. Tóth, M. (2024). Mezőgazdasági robot fejlesztése és jövőbeli bővíthetősége. *Gazdálkodástudományi Közlemények*.
<https://ojs.lib.unideb.hu/gazdalkodaskozlemenyek/article/view/14022>
15. Kovacs, M. J., & Zhang, C. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture. *Review Precision Agriculture*.
<https://www.parrot.com/global/drones/parrot-ardrone-20-elite-edition#parrot-ardrone20-elite-edition>
16. Hardin, P. J., & Hardin, T. J. (2010). Small-Scale Remotely Piloted Vehicles in Environmental Research. *Geography Compass*.
17. Csiha, T. N. (2023). Ember és drón az információs társadalom korában.
<https://orcid.org/0000-0003-1734-6326>
18. Mäkipää, R. (2022). Measuring biodiversity – expert’s comment on counting numbers of species: “It doesn’t say all that much”. *Forest.fi* (BlogPost). URL:
<http://tinyurl.com/4srafbvu>
19. Sándor, P., & Pusztai, Z. (2021). A hazai pilóta nélküli légitármű-rendszerekre vonatkozó szabályozás EU-s jogszabályoktól való eltéréseinek bemutatása. *RepTudKoz*.
<https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/reptudkoz/article/view/5305>
20. Palik, C., & Csermely, B. (2016). Javaslat a pilóta nélküli repülőgépek zajterhelésének vizsgálatára. *RepTudKoz*.
<https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/reptudkoz/article/view/4450>
21. Győrig, P., Tatai, K., & Pellinger, A. (2023). Fészkelő madárfajok az Osli-Hanyban 2013-2022 között. DOI: 10.17242/MVVK_37.07
22. Fintan, C. (2020). 12 Best Follow Me Drones And Follow You Technology Reviewed.
<https://www.dronezon.com/drone-reviews/best-follow-me-gps-mode-drone-technology-reviewed/>
23. Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.

24. Keesstra, S., Bouma, J., McBratney, A. B., & van Oost, K. (2016). The role of soils in ecosystem services: A perspective on the ecological and economic significance of soils. *Soil*, 2(2), 89-93.
25. MyActionCam (2024). Multispektrális drónok: előnyök és felhasználási esetek. Letöltve: 2024. szeptember 27. <https://myactioncam.hu/multispektralis-dronok-elonyok-es-felhasznalasi-esetek-246>
26. Hatfield, J. (2000). Precision Agriculture and Environmental Quality: Challenges for Research and Education. *National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service, USDA, Ames, Iowa*. <http://www.arborday.org/>
27. Karunathilake, E. M. B. M., Le, A. T., Heo, S., & Chung, Y. S. (2023). The Path to Smart Farming: Innovations and Opportunities in Precision Agriculture. *Agriculture*, 13(8), 1593. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081593>
28. Griepentrog, H. W., & Kyhn, M. (2000). Strategies for Site-Specific Fertilization in a Highly Productive Agricultural Region. In *Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture*. <https://link.springer.com/>
29. Smith, J., Brown, K., & White, L. (2023). Drone Transport of Laboratory Samples: Efficiency and Safety. *Critical Values*, 11(2), 28-33. <https://academic.oup.com/criticalvalues/article/11/2/28/4935012>
30. Johnson, D., Williams, R., & Taylor, M. (2022). The Effects of Drone Transportation on Routine Laboratory Sample Quality. *De Gruyter*. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/issue-2022-03/html>

Jogforrások

- 2012. évi II. tv. a szabálysértésekről, a szabálysértési eljárásról és a szabálysértési nyilvántartási rendszerről
- 2020. évi CLXXIX. törvény a pilóta nélküli légi járművek üzemelésével összefüggő egyes törvények módosításáról
- 2012. évi C. tv. a büntető törvénykönyvről
- 1995. évi XCVII. törvény a légiközlekedésről
- 1971. évi 25. törvényerejű rendelet a nemzetközi polgári repülésről Chicagóban, az 1944. évi december hó 7. napján aláírt Egyezmény és annak módosításáról szóló jegyzőkönyvek kihirdetéséről
- 38/2021. (II. 2.) Korm. rendelet a pilóta nélküli állami légi járművek repüléséről.
- A Bizottság (EU) 2019/947 végrehajtási rendelete
- Országgyűlési napló 168/1. szám, Budapest 2018. november 18. 23759. hasáb

Táblázatok és ábrák jegyzéke

1. ábra	Kis-Duna Szigetszentmiklósi ágában olajszennyezés felmérése drónnal4 (Forrás: Máthé Zoltán/MTI/MTVA)	4
2. ábra	Permetezés drónnal4 (Forrás: https://abzdrone.com/termek/dji-agras-t50/s)	4
3. ábra	Robotika felhasználási területei azonosak a pilóta nélküli járművek rendszereivel (Forrás: saját ábra, Major, 2023 nyomán)	9
4. ábra	Odysseus napelemes, önvezető repülőgép10 (Forrás: Csóré, 2021).....	10
5. ábra	M2 Drone alkalmazása laborminták szállításában.11 (Forrás: https://img.directindustry.com/images_di/photo-g/182355-10502449.webp)	11
6. ábra	A drónok és a mobil mini robotok alkalmazásának osztályozása14 (Forrás: Bártfai, 2018).....	14
7. ábra	Az üvegházhatású gázok kibocsátása szektoronként17 (Forrás: Európai Környezetvédelmi Ügynökség 2019)	17
8. ábra	Az UAV-k átlagos meghibásodási okai százalékban18 (Forrás: saját ábra, Békési, 2020 nyomán)	18
9. ábra	Tájkép a vizsgált területről (Napraforgó tábla)21 (Forrás: saját fotó 2023. június 10.)	21
10. ábra	Légifelvétel 50m -ről bal oldali kép DJI Mavic 2 Pro, jobb oldali kép Yuneec H520E drón által készített eredeti kép. Forrás: Saját képek.....	23
11. ábra	Légifelvétel 50m -ről bal oldali kép DJI Mavic 2 Pro, jobb oldali kép Yuneec H520E drón által készített manipulált kép. (Forrás: Saját képek)	23
12. ábra	Térképrészlet 120 méter magasból.....25 (Forrás: saját fotó)	25
13. ábra	Térképrészlet 80 méter magasból.....25 (Forrás: saját fotó)	25
14. ábra	Térképrészlet 50 méter magasból.....25 (Forrás: saját fotó)	25
15. ábra	RGB (red, green, blue) és NDVI Normalized Difference Vegetation Index kép26 (Forrás: myactioncam, https://myactioncam.hu/multispektralis-dronok-elonyok-es-felhasznalasi-esetek-246)	26
16. ábra	Vizsgált terület ortomozaik képmetszett29 (Forrás: saját szerkesztésű ortofotó).....	29
17. ábra	Vizsgált terület ortomozaik manipulált képmetszett29 (Forrás: saját szerkesztésű ortofotó manipulált	29
18. ábra	Yuneec H520E drón felmérés közben33 (Forrás: saját fotó 2023)	33
19. ábra	DJI Mavic 2 PRO drón.....34	34

(Forrás: https://www.techradar.com/reviews/dji-mavic-2-pro)	34
20. ábra Ortofotó injektálása Google Earth Pro-ba	38
(Forrás: Google Earth Pro saját szerkesztésű	38
21. ábra Multispektrális felvétel készítése DJMavic 3M drónnal	38
(Forrás: https://www.aerosmart.ae/blog/precision-farmings-new-tool-the-mavic-3-multispectral/)	38
22. ábra Felsőnyék "Buhin" szántóföld területfelmérés a Yuneec H520E drónnal.	43
(Forrás: Saját kép)	43
1. Táblázat: Gyakran használt vegetációs indexek és felhasználásuk.....	27
(Forrás: https://myactioncam.hu/multispektralis-dronok-elonyok-es-felhasznalasi-esetek-246)	
2. Táblázat: Multispektrális sávok és amit látnak.....	28
(Forrás: https://myactioncam.hu/multispektralis-dronok-elonyok-es-felhasznalasi-esetek-246)	
3. táblázat Yuneec H520E és a DJI Mavic 2 PRO drónok technikai adatainak összehasonlítása.....	35

Köszönetnyilvánítás

Elsősorban köszönetet szeretnék mondani Dr. Ujj Apolka Tanárnőnek, a konzulensemnek, és Dr. Máthé Lászlónak, külső konzulensemnek, akik szakmai iránymutatásukkal és tanácsaikkal támogatták a dolgozat elkészítését.

Köszönettel tartozom Döbröntey Rékának és Sebők Andrásnak a terepi munkában nyújtott szakmai segítségükért és hogy időt és energiát nem kímélve támogattak munkám során.

Hálás vagyok szüleimnek, Kóczán György édesapámnak és Manninger Klára Katalin édesanyámnak, akiknek a támogatása nélkül ez a munka nem jöhetett volna létre. Köszönöm nagybátyámnak, Kóczán Csabának, hogy biztosította az eszközöket a munkám során, és hogy szakmai vitáink során sokat tanulhattam tőle.

Köszönettel tartozom a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetemnek, amiért megadták a bizalmat, és lehetőséget biztosítottak eszközeik használatára, valamint, hogy részt vehettem a Közép-Duna Menti Kiemelt Térség agrárszektor fejlesztését célzó egyetemi kutatásban.

NYILATKOZAT

szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kóczán Máté István
A Hallgató Neptun kódja: UJ1QFD
A dolgozat címe: Pilóta nélküli légi járművek az intenzív
mezőgazdaságban, természetvédelemben
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Vidékfejlesztés és Fenntartható Gadáság Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Agrárökológiai és Ökológiai Gazdálkodás Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítást teszek, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024. év 10. hó 11. nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Kóczán Máté István (név) (hallgató Neptun azonosítója: UJ1QFD) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2024. év 10. hó 11. nap



belső konzulens