

SZAKDOLGOZAT

Trugly Bence Mátyás

2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus**

Környezettudományi Intézet

Precíziós mezőgazdasági szakmérnök szak

**Monitoring drónok gyakorlati felhasználásának értékelése
állományvizsgálatok során, különös tekintettel a mezei pocok
kártételére**

Belső konzulens: Dr. Csorba Ádám
egyetemi docens
Tanszék: Környezettudományi Intézet,
Talajtani Tanszék

Készítette: Trugly Bence Mátyás

**Gödöllő
2024**

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	2
2. Irodalmi áttekintés	3
2.1. A pilóta nélküli légi űrművek (UAV) és a légi fotózás legfontosabb mérföldkövei	3
2.2. A modern pilóta nélküli légi járművek (UAV) csoportosítása	6
2.3. Pilóta nélküli légi járművek általános felhasználási lehetőségei	7
2.4. Pilóta nélküli légi járművek felhasználási lehetőségei a növénytermesztésben	8
2.4.1. Input anyag kijuttatása	8
2.4.2. Állományvizsgálatok	9
2.5. A mezei pocok biológiája és mezőgazdasági jelentősége	12
3. Anyag és módszer	13
3.1. A vizsgálati területek és az állományok bemutatás	13
3.2. A vizsgálatra használt eszközök	14
3.3. A felvételezés módszerei és a repülési paraméterek	15
3.4. A terepi felvételek feldolgozása	16
3.5. A felvételek összehangolása a Tolna megyei helyszín esetén	17
3.6. Minta terület kiválasztása és a vegetációs indexek kiszámítása	18
3.7. Növények és talajfoltok elkülönítése az indexek alapján	19
3.8. A teljes terület borítási értékeinek meghatározása és a további területek felmérései ..	21
4. Eredmények és értékelésük	23
4.1. Az ortomozaik illesztés eredményei	23
4.2. Az index számítás eredményei a Tolna megyei helyszín mintaterületein	25
4.3. A különböző indexek küszöbértékei és az osztályozás eredményei a mintaterület alapján	26
4.4. A növényi borítottság meghatározása a különböző indexek alapján a Tolna megyei helyszínen	29
4.5. Növényi borítottság meghatározása a Pest és Fejér megyei területeken, pocokkár becslése	31
5. Következtetések és javaslatok	33
6. Összefoglalás	36
7. Köszönetnyilvánítás	38
8. Irodalomjegyzék	39
9. Ábrák és táblázatok jegyzéke	45

1. Bevezetés, célkitűzés

A 4. ipari forradalomnak köszönhetően a technológiai fejlődés az élet minden területén, így a mezőgazdaságban is tetten érhető. A modern munkagépek és erőgépek mellett számos olyan eszköz is rendelkezésre áll, amik nem közvetlenül egy-egy munkaművelet ellátására vagy hatékonyságának javítására szolgálnak, hanem döntéstámogatási funkcióval bírnak. Ilyen eszközök lehetnek a kombájnokba szerelt hozammérők, a digitális meteorológia mérőeszközök, a műholdak vagy éppenséggel a monitoring drónok.

A pilóta nélküli légi járművek (UAV – drónok) egyike a leggyorsabban növekvő ipari szegmenseknek, egyaránt csábító befektetésnek számít akár kormányzati, akár civil szereplők számára (Kapustina, 2021). A Drone Industry Insights jelentése szerint 2018-ra a drónpiac mérete elérte a 14,1 milliárd USD-t, és a 2024-es évre háromszoros piaci növekedést prognosztizálnak (Droneii, 2020). Ezek az eszközök nem kizárólag mezőgazdasági hasznosításra alkalmasak, egyre nagyobb az érdeklődés irántuk a csomag- és személyszállítás, a katasztrófavédelem, a kockázatkezelés, ipari létesítmények megfigyelése, illetve felügyelete szemszögéből is (Perreault és Behdinan, 2021).

Szakdolgozatomban azt mutatom be, honnan és milyen úton érkeztünk meg arra a technológiai szintre, amely manapság „átlag emberek/termelők” számára is elérhető. Emellett azt vizsgálom, hogy a monitoring drónok miként illeszthetők be a mezőgazdasági döntéstámogatásba. Konkrét példákon keresztül ismertetem milyen lehetőségeket kínálnak ezek a gépek, milyen feltételek mellett és milyen módszerekkel vethetők be és hogy mik a korlátjaik. Munkám során egy esettanulmányon keresztül ismertetem egy döntéselőkészítési folyamat lépéseit, az adatgyűjtéstől az adatok feldolgozásán át azok kiértékeléséig.

A szakdolgozatban szereplő konkrét esetek apropóját a 2023-2024-es extrém pocok gradációja, illetve a repce növény bizonytalan kelése adta. Az ominózus repce táblák vizsgálatának célja az volt, hogy multispektrális kamerával ellátott és RGB kamerás monitoring drónok segítségével felmérjem a növényállomány borításának mértékét, megállapítsam az eltérő felvételezési módok egymáshoz viszonyított eltéréseit és a felmérések pontosságát. További célom az volt, hogy egy adott területen becsüljem meg az állományban keletkezett kár mértékét, ezáltal pontos információt biztosítsak a termelő számára, amely alapján könnyedén meghozhatja azt a döntést, hogy érdemes-e megtartani azt a bizonyos állományt és további jelentős költségeket vállalnia vagy érdemesebb-e inkább terminálni a kultúrát és más növénybe fektetni.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A pilóta nélküli légi járművek (UAV) és a légi fotózás fejlődésének legfontosabb mérföldkövei

Az első ismert pilóta nélküli légi jármű a Montgolfier fivérekhez köthető, akik 1782-ban fejlesztettek ki egy légballont, amit szalma és gyapjú elégetésével töltöttek meg meleg levegővel. Ennek köszönhetően 1783-ban két ízben, először a franciaországi Annoay-ban, később Versailles-ban mutatták be a repülő eszközüket a széles közönségnek. A versailles-i demonstráció során 8 percig lebegett a légballon, fedélzetén egy báránnyal, kakassal és kacsával és biztonságosan ért földet 3,2 km-re a felszállás helyétől (Britannica, 2023).

A pilóta nélküli légi járművek első gyakorlati alkalmazására pedig 56 évvel később, 1849-ben került sor, mikor is az osztrák hadsereg vetette be őket Velence ostromához. Franz von Uchatius osztrák tüzér fejlesztéseinek köszönhetően 30 perces repülésre képes 10-13 kg-os időzített kioldószerkezettel ellátott gyújtóbombákkal szerelt légballonokat irányítottak a város fölé a szél segítségével, ám nagy károkat nem tudtak okozni így az ellenségnek, mivel a ballonok nagyrésze a szélirány változása miatt célt tévesztett, nagyrészüket pedig viaszodródott az indítás irányába, az osztrák frontvonal mögé (Mikesh, 1973).



1.ábra: Souvenirs d'Artistes 1962-es litográfiája az első légifelvételeket készítő Nadar-ról (forrás: <http1>)

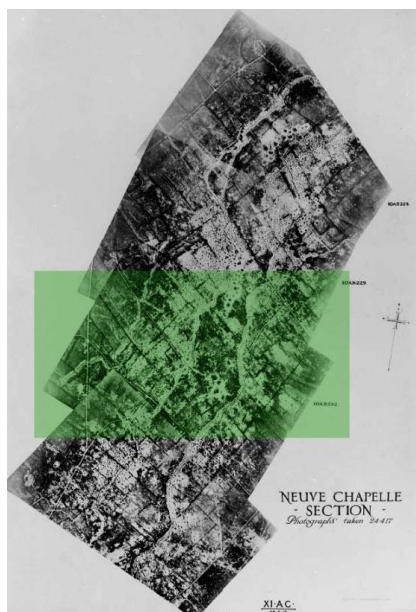
Az első légifelvétel Nadar (Gaspard-Félix Tournachon) nevéhez köthető, aki 1858-ban készített fényképeket egy francia faluról (Petit-Bicêtre), 80 m magasból szintén hőlégballon segítségével, nedves kollódiumos eljárással (Britannica, 2024). 1896-ban Alfred Nobel (a dinamit feltalálója) egészen más megközelítést dolgozott ki a légi felvételek készítésére, rakétákra szerelt kamerákat fejlesztett ki, egy évvel később pedig sikerült képeket készítenie az első rakétára szerelt kamerával (Skoog, 2010).



2. ábra: Alfred Nobel rakéta kamerájával készült légi felvétel 1897-ből (forrás: <http2>)

A pilóta nélküli járművek történetének meghatározó alakjai közé tartozik Nikola Tesla is, hiszen hozzá köthető az első rádióhullámokkal irányított eszköz (egy modellhajó), melyet 1898-ban mutatott be nagyközönség előtt a Madison Square Garden-ben rendezett Első Éves Elektronikai Kiállításon. A „védett jel továbbítás” (protected message transmission) technológiája az interferenciákkal szemben rendkívül ellenállónak bizonyult, mivel a két transzmitter és a két vevő egység felé eltérő hullámhosszúságú jeleket továbbított. Feltehetően ezt a technológiát szabadalmaztatta 1903-ban (Marinic, 2008), és gyakorlatilag hasonló elven működnek a mai távirányítású eszközök is.

Az első világháború idejére már a fényképezés és a repülés is olyan szintű rutinfeladattá vált, hogy 1915 márciusában a brit hadsereg elkészítette az első ortomozaikot a neuve chapelle-i csata során, melynek segítségével feltérképezték a német lövészárkokat, tüzérségi állásokat (Chasseaud, 2018).



3. ábra: Az első ortomozaik, mely 1915. április 24-én készült (forrás: <http3>)

Az első pilóta nélküli irányított légi járművet szintén hadászati célokra hozták létre. 1917-ben Charles Kettering az Egyesült Államok Haditengerészete számára fejlesztette ki a később „Kettering Bug”-ként elhíresült légi torpedót, egy merevszárnyú, légcavaros eszközt, melyet 40 lóerős négyütemű robbanómotor hajtott és 80 kg robbanóanyagot volt képes 120 km-es távolságba eljuttatni (Garcia Carillo, 2011). A gép egy előre meghatározott célpont fölé repült és amikor elérte azt, a hajtása leállt, szárnyai leváltak majd becsapódott és felrobbant. Összesen 50 db készült belőle, élesben azonban egyszer sem vetették be (National Museum of the U. S. Air Force, 2024). Az első valós időben irányítható UAV-t a Brit Királyi Légierő fejlesztette ki 1934-re: a „Queen Bee”-t a kiképzések során célpontnak használták és rádióhullámokkal a földről irányították. Hatótávja 480 km volt, akár 5 km magasságba is tudott emelkedni és 160 km/h-ás sebességgel volt képes haladni (Garcia Calillo, 2011).



4.ábra: Egy képslapon a „Queen Bee” és a kezelője (forrás: <http4>)

Az első irányított megfigyelő drónt az izraeli hadsereg fejlesztette ki és vetette be 1973-ban. A Tadiran Mastiff egy 4,25 m hosszú, 72-138 kg felszálló tömegű és 50 km-es hatótávolságú UAV volt, ami egyszerre volt képes valós idejű megfigyelésre és adatgyűjtésre az ellenséges csapatok mozgását megfigyelni vagy feltérképezni a szír légiállomásokat (Prisacariu, 2022).



5. ábra: Az 1973-mas Tadiran Mastiff (forrás: <http5>)

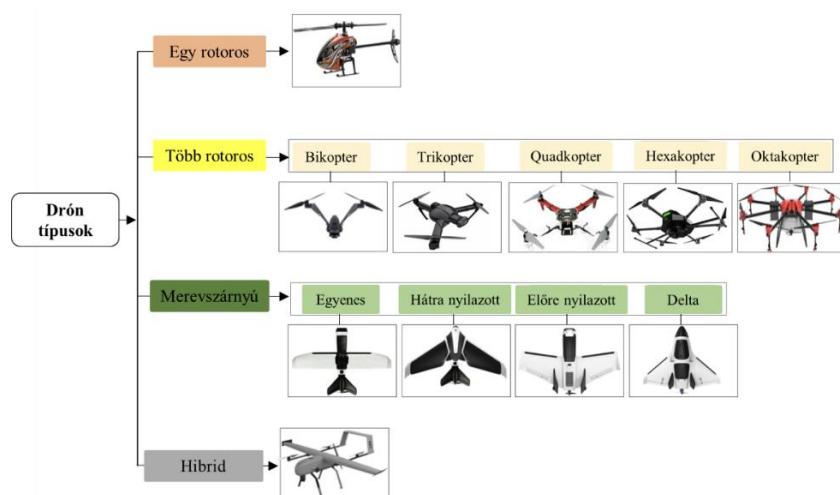
Az izraeli és amerikai együttműködésnek köszönhetően a két ország drónfejlesztési projektjei egyre jelentősebb eredményeket értek el, 1995-ben pedig a gyakorlatban is debütált az első Predator (RQ-1) drón (Boyne, 2009). Ennek az eszköznek a földi irányítását szimultán

egy pilóta és egy szenzor/fegyver kezelő végezte és akár 24 órás bevetésre is képes volt. Ez a drón már multispektrális célzó-rendszerrel volt felszerelve, amely egy infravörös szenzorból, színes és monokróm TV kamerából és lézeres jelölő eszközökből állt és az irányításhoz, valamint az adattovábbításhoz műholdas kapcsolatot használt. A drón szenzorrendszerének adatai alapján a pilóták valós idejű szimulációval követhették nyomon az eseményeket (Schreiber, 2002).

A drónok első civil bevetésekre való kiterjesztése szintén az Egyesült államokhoz fűződik, mikor a Katarina hurrikán által okozott károk felmérésre, illetve az áldozatok felkeresésére és kiszabadítására használták a technológiát. Ezek alapján ebben az évben az USA FAA (Amerikai Egyesült Államok Szövetségi Repülési Hivatala) engedélyezte a drónok és a légtér civilek általi használatát (U.S. Government Publishing Office, 2006). 2010-ben pedig a Parrot bemutatta az első okostelefonnal összekapcsolható és irányítható UAV-t ([http 6](http://6)). A 2013 januárjában megjelent DJI Phantom modellje pedig már az átlagember számára is elérhetővé tette a jó minőségű légifelvételek készítését, a HD kamerával szerelt típusokat 1000 USD körüli összegért lehetett megvásárolni a kiadás évében (Coxworth, 2013).

2.2. A modern pilóta nélküli légi járművek (UAV) csoportosítása

Mára a pilóta nélküli légi járművekkel számos formában találkozhatunk, a típusokat könnyedén csoportosíthatjuk a szárnyaik alapján. Így a légballonok mellett alapvetően két főcsoportot különböztethetünk meg; a merevszárnyú (Fixed-Wing Dornes) és forgószárnyú (rotoros) drónokat (Rotor Dornes). Ez utóbbi csoportot tovább bonthatjuk egy- (helikopter) illetve több rotoros (multikopter) drónokra, illetve léteznek merevszárnyú és rotoros (hibrid) drónok is (Rhardwaj, 2024).



6. ábra: Drónok csoportosítása a szárnyaik típusa szerint (forrás: [http7](http://7))

A merevszárnyú drónok általában energiahatékonyság szempontjából előnyösebbek, mivel hasonló mennyiségű energia befektetésével nagyobb távot képesek repülni, mint a multikopterek. Egyszerűbb a felépítésük, ezért olcsóbbak és kisebb a fenntartási költségük is. Ugyanakkor, ellentétben a multikopterekkel, nem képesek gyors és komplex manőverek végrehajtására, kevésbé stabilak repülés közben és egységnyi méretre vetítve kisebb tömeget képesek magukkal cipelni. Mindezek alapján a felszíni vizsgálatok végrehajtására általában előnyösebbek a multikopterek (Boon, 2006).

2.3. Pilóta nélküli légi járművek általános felhasználási lehetőségei

Ahogy a történeti áttekintésből is kitűnik, bár a drónok fejlesztése és felhasználása a kezdetekben leginkább hadászati célzattal történt, a technológia egyre olcsóbbá és elérhetőbbé válása mára számos egyéb lehetőséget is kínál. Míg a katonai felhasználás elődegesen az ellenséges területek feltérképezésére, légvédelemre és légicsapások végrehajtására irányul, a civil szférában is egyre jelentősebbé válik a technológia (Lashari, 2019).

A drónok egyre fontosabb szerepet töltenek be a logisztika területén is. Kínában a jelentős technikai fejlesztések mellett jogszabályi szinten is támogatják a technológiát. Különösen 2020-óta övezi kiemelt figyelem az érintkezés mentes szállítási módokat, ennek köszönhetően a drónokkal történő csomagszállítás egyre jelentősebbé válik az országban. A DJI 2023 augusztusában mutatta be hivatalosan a FlyCart30-as modelljét, ami akár 40 kg-os csomag szállítására képes és 28 km-es hatótávolsággal rendelkezik (Chen, 2023).

A drónok egyik legmeghatározóbb funkciója a légifelvételek készítése. Mivel a modern drónok fedélzeti GPS egységgel és kamerával vannak ellátva, az általuk készített kép egyes pontjainak (pixeleinek) helyzete kisebb-nagyobb pontossággal meghatározhatók (Tahar, 2016). Ezáltal sokféle felderítési/térképezési feladat ellátására használhatók ezek az eszközök. A korai civil monitoring drónhasználat egyik példája a katasztrófavédelem. Akár a katasztrófa kialakulása előtti monitoring feladatokra, előrejelzésre, akár a bekövetkezése után a lehető leghatékonyabb kárfelmérésre és túlélők keresésére, segélycsomagok szállítására egyaránt bevezethető a technológia (Erdelj, 2017). A drónok bevetése lehetőséget kínál olyan bekövetkezett katasztrófák hatásának vizsgálatára, amik in-situ emberi közreműködés esetén egészségkárosodással járna. Például a csernobili nukleáris katasztrófa estén az elzárt területek sugárzásának felmérésére (Connor, 2020).

Autonóm drónrendszerek segítségével egyes járványok elleni küzdelem is hatékonyabbá válhat. Bizonyos szúnyogok által terjesztett betegségek (pl.: Dengue láz) terjedése jelentősen csökkenthető, ha van lehetőség időben bemérni a forrópontokat, azokat az objektumokat, ahonnan a kórokozó vektorjai zavartalanul és nagy mértékben felszaporodhatnak, majd onnan szét terjedhetnek (Sreeram, 2018). A monitoring drónok emellett természetes élőhelyek megfigyelésére, vadon élő állatállományok felmérése, például madár populációk vizsgálatára is használható, ráadásul ez a módszer gyakran pontosabb az emberek által földről történő becsléseknél (Abd-Elrahman *et al.*, 2005).

Mindezekon kívül a megfelelően beállított repülési paraméterek és elegendő átfedéssel készített képsorozat segítségével a technológia lehetőséget kínál egy objektum/terület felvételezését követően 3 dimenziós modellek készítésére is. Ezáltal könnyedén archiválhatók és elemezhetők térbeli modellek formájában régészeti és kulturális értékek (Çabuk *et al.*, 2007) épületek, építési területek (Irschara *et al.*, 2010), létrehozhatók digitális domborzati modellek, melyek a geomorfológiai, vagy a hidrológiai vizsgálatokhoz is felhasználhatók (Ouédraogo *et al.*, 2014).

2.4. Pilóta nélküli légi járművek felhasználási lehetőségei a növénytermesztésben

2.4.1. Input anyag kijuttatása

Egy pilóta nélküli légi jármű agráriumban történő első dokumentált esete 1906-ra datálható és az új-zélandi John Clervaux Chaytor nevéhez köthető, aki egy hevederes hőlégballon segítségével juttatott ki vetőmagot olyan belvizes területekre, amiket más módon nem tudott megközelíteni (Cerro, 2021). A levegőből történő drónok általi vetés iránt a mai napig fennmaradt az érdeklődés, legyen szó erdők tarvágása utáni újra telepítéséről (Marzuki *et al.*, 2021) aprómagok, például repce (Huang *et al.*, 2020) vagy takarónövények (Drew *et al.*, 2023) vetéséről, illetve olyan növények esetén, amelyek vízzel borított területre kerülnek, mint a például a rizs (Liu *et al.*, 2022). A magok szórása mellett lehetőség adódik akár szilárd műtrágyák kijuttatására is (Yu *et al.*, 2019), bár a szántóföldi gyakorlatban kimondottan nem hatékony ez a módszer, mivel az erre bevethető legelterjedtebb drónok kapacitása igen kicsi (8-30 kg), így a területteljesítményük messze elmarad egy hagyományos függesztett vagy vontatott műtrágyaszórókétól.

A szilárd anyagok kijuttatása mellett napjainkra egyre jelentősebbé válik a folyékony anyagok, elsősorban növényvédőszer, illetve lombtrágyák drónokkal való kijuttatása is. A légi növényvédelem (klasszikus, fedélzetről irányított helikopterek által) elsőként 1945-ben debütált (Sehsah, 2012), Magyarországon pedig viszonylag hamar, 1954-től vette kezdetét a

technológia átültetése a gyakorlatba (Eke, 2004). A technológia népszerűsége okán, illetve, hogy olyan esetben is be lehetett vetni, amikor a hagyományos földi kijuttató eszközöket nem, 1985-ben, a Yamaha bemutatta az első pilóta nélküli légi permetező gépet, az RMAX-ot, ami a klasszikus helikopterek mintájára készült (Chen *et al.*, 2021). Ezt a gépet még egy 20 lóerős kétütemű belsőégésű motor hajtotta, 30 kg hasznos teher cipelésére volt alkalmas, teljesen megtöltve 94 kg-os felszálló tömeggel rendelkezett (Sato, 2003). Napjainkra viszont az elektromos meghajtású permeteződrónok váltak dominánssá. Kínában például ahol 2021-ben 93,3 millió hektáron hajtottak végre légi növényvédelmet drónokkal, a 233 elérhető permetező drón típusból 187 (több mint 80%-a) elektromos meghajtással rendelkezik (Hu *et al.*, 2022).



7. ábra: Yamahar RMAX (forrás: <http8>)

A permetezés mellett azonban van más lehetőség is a légi növényvédelemre. A biológiai növényvédelem számos parazitoid (más fajba tartozó egyed testében élő, fejlődő és abból táplálkozó) tojásfürkész-darázs fajt (*Trichogramma spp.*) tart számon, melyek természetes ellenségei egyes kártevő lepkéknek (pl. a szélsőségesen poligák gyapottok bagolylepke – *Helicoverpa armigera* vagy a specialista káposztalepke – *Pieris brassicae*) vagy a poloskáknak (pl. zöld vándorpoloska – *Nezara viridula*) (Dodiya *et al.*, 2023). A fürkészdarázsak bábjaikat tartalmazó kapszulák kihelyezésére egy hatékony módszer lehet a megfelelő kialakítású adapterrel ellátott drónokkal való kijuttatás (Song *et al.*, 2023).

2.4.2. Állományvizsgálatok

A különböző anyagok kijuttatásához képest a mezőgazdasági kutatások jóval nagyobb figyelmet szentelnek a drónok monitoring/vizsgálati célból való felhasználására. Mivel a precíziós gazdálkodás egyik legfontosabb elemméhez, a helyspecifikus/változó dózisú kijuttatáshoz pontos térbeli adatokra van szükség, területek/állományok felméréséhez a kezdetektől kezdve használtak fel légi felvételeket (Stafford, 2000). Mivel ezeket a felvételeket

kezdetekben személyzettel ellátott légi járművek segítségével állították elő, ez kifejezetten költséges, időigényes és komplex logisztikai feladat volt, kevésbé tudott elterjedni és kisebb mennyiségű adat szolgáltatására volt képes. Ám a pilóta nélküli légi járművek által végzett LARS (Low Altitude Remote Sensing – alacsony magasságú távérzékelés) ígéretes alternatívát kínált, amellyel, hogy akár centiméteres felbontású adatok gyűjtését és felhasználhatóságát közel valós időben tette lehetővé (Zhang és Kovacs, 2012).

Területek/állományok vizsgálatára különböző szenzorokkal (általában kamerákkal) ellátott drónok használhatók. A látható fényt tartományban működnek az RGB (Red-Green-Blue) kamerák, de az ember számára nem látható fény tartományban is mérni képesek a multi- illetve hiperspektrális vagy hőkamerák (Olson és Anderson, 2021). A multispektrális kamerák néhány (3-12) csatornán és csatornánként szélesebb spektrumon (30-100 nm) érzékelnek, míg a hiperspektrális szenzorok akár több száz vagy ezer, de keskenyebb spektrumot lefedő csatornán (5-20 nm) gyűjtenek adatot (Adão *et al.*, 2017). A vizsgálat célja határozza meg, hogy milyen szenzorra van szükség. A mezőgazdasági gyakorlatban jelenleg leginkább az RGB kamerák terjedtek el, melyek viszonylag olcsók és bizonyos feladatokra jól használhatók, azonban ezek a NIR (közeleli infravörös) és RE (Red Edge – vörös él) csatornák hiányában kevésbé adnak pontos képet a növényzet állapotáról (Deng *et al.*, 2018).

Egyszerű RGB kamerákkal készült légifelvételek segítségével a vörös és zöld csatornák DN (Digital Number) értékei alapján számolt indexekkel (pl.: NGRDI – Normalized Green-Red Difference Index) növényi biomassza becsülhető, mivel lucerna esetén erős korrelációt mutatott az index értéke a növényi biomassza egységnyi területre vetített mennyiségével (Hunt *et al.*, 2005). Szintén RGB kamerával készített felvételek alapján kukorica korai tőszámlálására is van lehetőség, megfelelő GSD (Ground Sample Distance – terepi pixelméret) mellett mélytanuló algoritmusokkal (Velumani *et al.*, 2021). Hasonló módszerrel, csak eltérő repülési paraméterekkel pedig alma ültetvény várható hozamát is mérték már fel, a georeferált képeken látható termések számlálásával (Apolo-Apolo *et al.*, 2020). Ha pedig az RGB fotókból DSM-et (Digital Surface Model – digitális felszín modell) hoztak létre, egy adott területen lévő objektumok (ez esetben növények) magassága is meghatározható, ráadásul, ha ez a felmérés a vegetáció során több alkalommal is ismétlésre kerül az egyes genotípusok dőlési hajlama is vizsgálható (Chufeng *et al.*, 2024).

Amennyiben nem csak a látható fény tartományon belül, hanem akár NIR vagy RE csatornával is rendelkező kamera rendszer áll rendelkezésre, úgy még sokrétűbb állományvizsgálatok elvégzésére van lehetőség. Bár pusztán RGB felvételek segítségével is van

lehetőség távérzékeléssel akár egy cukorrépa állományon belül is gyomtérképet készíteni, az osztályozást végző modellek, neurális hálózatok pontosabbak, ha a NIR csatornát is figyelembe vesszük, a felvételek térbeli felbontása (GSD – Ground Sample Distance) pedig legalább 1,5 cm/pixel (Lottes *et al.*, 2017).

A drónok segítségével akár növényi betegségek elterjedését is felmérhetjük. Például a szőlő arany színű sárgaságát okozó fitoplazma (Grapevine flavescence dorée phytoplasma) tünetei a vörös és zöld csatornák alapján számított indexek (RGI – Red Green Index vagy GRVI – Green Red Vegetation Index) valamint a levelek becsült antocián-koncentrációjának (zöld és NIR vagy zöld NIR és RE alapú indexek alapján) együttes figyelembevételével vörös fajtákon közel 90%-os pontossággal kategorizálhatók be az egyes növények az egészséges vagy beteg csoportokba (Albetis *et al.*, 2017). Búza állományokat felmérve pedig a vörös, RE és NIR csatornákat felhasználva akár a sárga rozsdá (*Puccinia striiformis*) fertőzés korai észlelésére is van lehetőség (Nguyen *et al.*, 2023).

Bizonyos indexek (NDVI, MSAVI, $CI_{red\ edge}$) felhasználásával a növények nitrogén-koncentrációja is becsülhető, amely egy differenciált tápanyagkijuttatási térkép készítéséhez is felhasználható (Liu *et al.*, 2018). NDVI, NDRE és GNDI indexekkel pedig a növények víztartalma is becsülhető, ami az öntözés optimalizáláshoz nyújthat segítséget (Mndela *et al.*, 2023). Az NDVI térkép alapján különböző klasszifikációs eljárásokkal a mezei pocok (*Microtus arvalis*) által okozott kárt is mérték már fel lucernában, továbbá az állat járatának számát is felmérték (Plaza, 2022).

2.5.A mezei pocok biológiája és mezőgazdasági jelentősége

A mezei pocok egy hazánkban szinte mindenhol megtalálható rágcsáló faj (<http9>). Zömök testű, 110 mm-nél általában kisebb, a kifejlett példányok testtömege 40 g körüli. Bundája felül barnásszürke, a hasi részen pedig világosabb szürkés színű. Télen főleg nappal, nyáron inkább éjszaka aktív. Kora tavasztól november első feléig tart a szaporodási időszaka, a nőstény 19-21 napos vemhességi idő után 3-15 utódot hoz a világra, erre pedig évente akár 5-6 alkalommal is képes. Tél végén általában bolygatatlan területeken (erdőszélén, árokpartokon vagy füves-bozótos töltéseken) tanyáznak, később pedig innen vonulnak át az akkumulátor-területekre, melyek lehetnek évelő pillangósok (lucerna tábla) vagy kalászos vetések (Balázs et al., 1998, Jablonowski, 1913).



8. ábra: A mezei pocok (forrás: <http9>)

A pocok számára kedvező élőhelyek a parlagi, ugaroltatott területek is, de mivel jelentősen megcsappantak ezek a területek, kénytelen az állat a termesztett növények között élni. Életterén lyukakat fúr, ahol fial és vackol, de járatrendszereket is létre hoz. Amennyiben az időjárás számukra kedvező (száraz, meleg tél) és elegendő táplálék áll rendelkezésre, rövid idő alatt nagymértékben felszaporodhat (Jablonowski, 1913), ezt nevezzük gradációnak, ami 3-6 évente bekövetkezik. A nagy egyedsűrűség azonban stresszeli az állományt, így a gradáció idővel összeomlik. Jelentős mezőgazdasági kártevő, szinte minden termesztett növényen táplálkozik, gyümölcsfák gyökerétől a zöldegeken át a szántóföldi növényekig. Egyes becselesek szerint az állati kártevők által okozott termés kiesés 10-12%-ért felelős. (Balázs et al., 1998).

3. Anyag és módszer

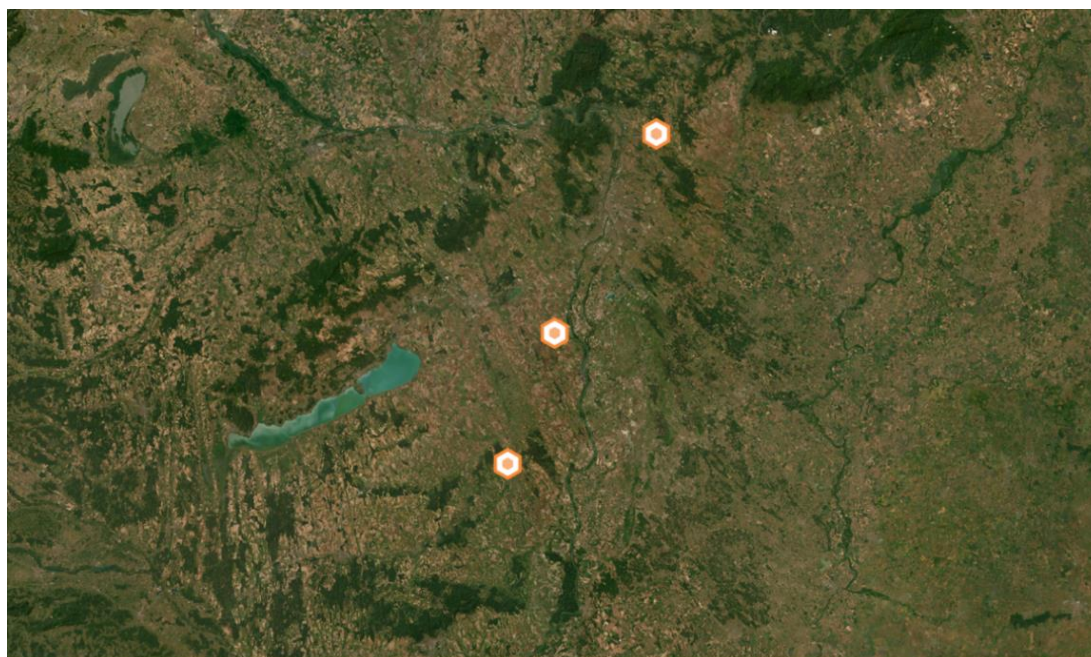
3.1. A vizsgálati területek és az állományok bemutatás

Annak érdekében, hogy megvizsgáljam, a drónok pocokkár felmérésre való alkalmasságát, 3 helyszínen mértem fel őszi káposztarepce állományokat. Észak-Tolna megyében, Fejér megyében és Pest megyében, Kisménedi melletti állományokat felvételeztem, a helyszínek adatait az 1. táblázatban foglaltam össze. A Tolna és Fejér megyei állományokban jelentős pocokkárról tájékoztattak, míg Pest megyei területet referenciaként, olyan területet választottam, ahol nem volt jelentős kár.

1. táblázat: A felvételezett állományok legfontosabb paraméterei (forrás: saját munka)

Helyszín	Felvételezés dátuma	Fenológiai (BBCH)	Terület mérete	Sortáv (cm)	Vetett csíraszám	Elővetemény
Fejér	2024.03.01	31-33	69,9	25	500.000	Őszi árpa
Pest	2024.03.05	31-33	4,1	15	400.000	Durum búza
Tolna	2024. 03. 18-19.	51-52	73,7	25	400.000	Őszi búza

A felvételek készítésekor a Fejér (2024. 03. 01.) és Pest megyei (2024. 03. 05.) állományok azonos fenológiában voltak, a BBCH skála (Weber és Bleiholder, 1990, Lancashire *et al.*, 1991) szerinti 31-33 stádiumban (szármegnyúlás kezdete, 1-3 megnyúlt ízköz). A Tolna megyei repcéket 2024. 03. 17-én és 18-án felvételeztem, ekkorra a növények már átléptek a zöldbimbós stádiumba (BBCH 51-52 – látható bimbók, bimbók a legfiatalabb levelek szintjén).



9. ábra: A vizsgálati helyszínek ESRI SAT (frissítve 2024. március 28-án) felvételre vetítve



10. ábra: Mezei pocok által megrágott repce és pocoklukak a megritkított állományban (Fejér megye, 2024. 03.01.) és a pocokok által megkímélt terület (Pest megye, 2023. 03.05.)

3.2. A vizsgálatra használt eszközök

Az állományvizsgálatokhoz két DJI eszközt, egy Mavic Air 2 S és egy Mavic 3M típusú drónt használtam. Pest és Fejér megyékben a Mavic Air 2 S-sel, míg Tolna megyében a Mavic 3M-mel is felvételeztem ugyan azt a táblát. A Mavic Air 2 S kizárólag egy 20 MP-es RGB kamerával rendelkezik, míg a 3M a szintén 20 MP-es RGB kamera mellett rendelkezik 4 db egyenként 5,5 MP-es kamerával melyek eltérő, szűk spektrumban készítenek felvételt (G: 550 ± 16 nm, R: 650 ± 16 nm, RE: 730 ± 16 nm, NIR: 860 ± 16 nm) (dl.djicdn.com), valamint ez az eszköz rendelkezik napfény szenzorral is.

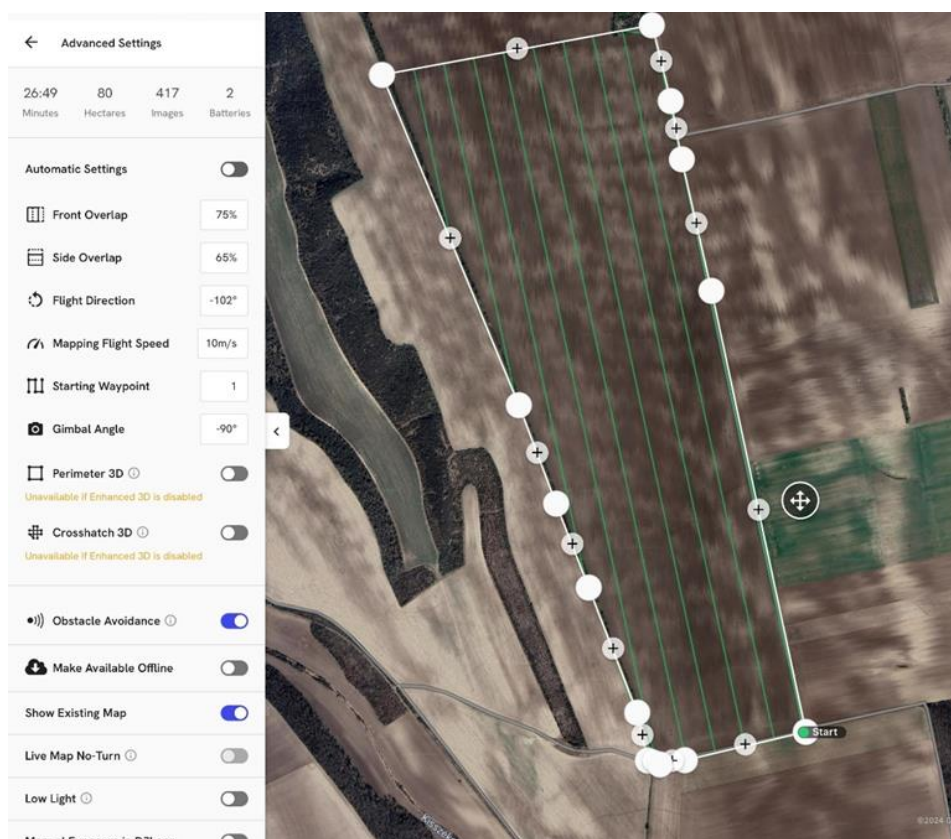


11. ábra: A felvételezéshez használt drónok DJI Mavic 3M (balra) DJI Mavic Air 2 S (jobbra)
(forrás: <http10> és <http 11>)

A Mavic 3M távirányítója (RC) egyben kijelző is és autonóm vezérlő funkcióval rendelkező szoftver fut rajta, így itt a repülési paramétereket az eszköz saját RC-jén lehet beállítani, míg az Air 2 S RC-je esetén szükséges egy mobil eszköz (Android vagy iOS operációs rendszerrel) csatlakoztatása. Ebben az esetben egy iPad látta el a kijelző és vezérlő funkciót az Air 2 S-nél.

3.3. A felvételezés módszerei és a repülési paraméterek

A Mavic 3M-el történő felvételezéskor az eszköz saját RC-jén állítottuk be a repülési paramétereket, az AIR 2 S esetében pedig az RC-re csatlakoztatott iPad-en a DJI Flight (DroneDeploy) alkalmazásban jelöltük ki a felvételezni kívánt állományt, állítottam be a repülési paramétereket és ezen keresztül futott az autonóm repülés folyamatos felügyelet mellett. A repülések alkalmával minden esetben 75 %-os elülső- (front-) és 65 %-os oldalsó átfedést (side overlap) állítottam be. A repülési magasság beállításai, illetve a fény is időjárási viszonyok minden esetben eltérőek voltak egymástól, ezek részleteit a 2. táblázatban foglaltam össze. A felvételezett területet minden esetben a táblahatár szélétől pár méterrel kijebb jelöltem ki, hogy az illesztéskor a vizsgált területen belül pontosak legyenek az illesztési pontok.



12. ábra: A Tolna megyei terület felvételezésének útvonala és beállításai a DJI Flight alkalmazásban

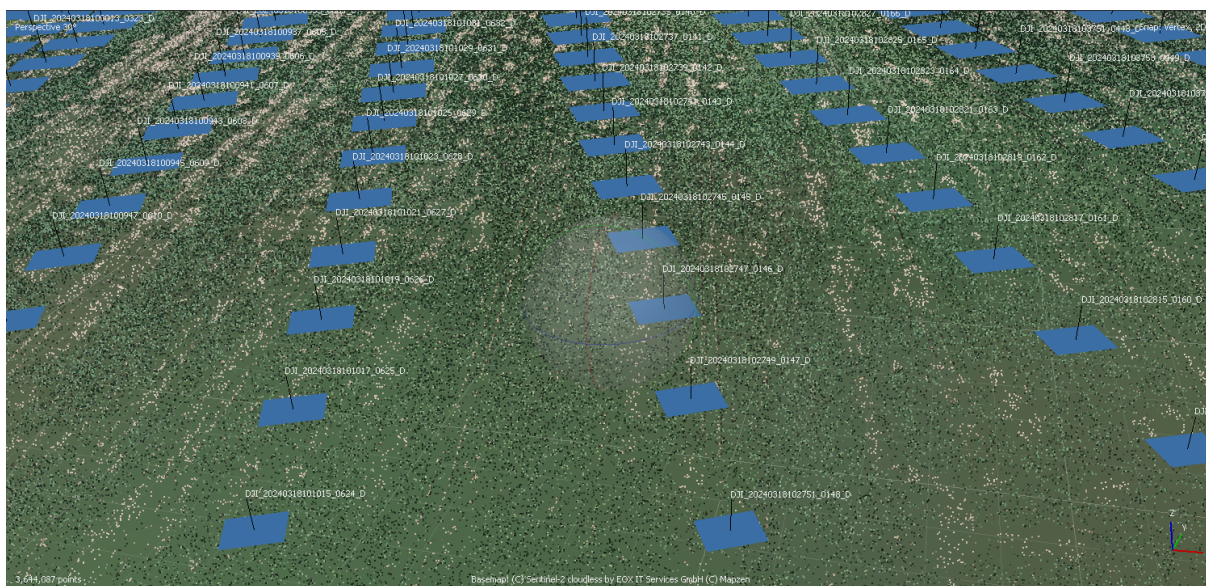
2. táblázat: A felvételezési és repülési paraméterek (forrás: saját munka)

Felvételezés	Dátum	Kezdet	Vége	Idő	Fotók száma	Fény-viszonyok	Magasság	GSD (cm/px)
Fejér	2024.03.01	14:16	15:35	1:19	667	Borult	100 m	2,9
Pest	2024.03.05	12:36	12:42	0:06	65	Napos	100 m	2,9
Tolna 3M RGB	2024.03.18	9:49	13:06	3:17	3 680	Felhős	60 m	1,3
Tolna 3M Spekrál	2024.03.18	9:49	13:06	3:17	14 720	Felhős	60 m	2,2
Tolna Air 2 S	2024.03.19	16:37	17:11	0:34	405	Felhős	120 m	3,3

A Mavic 3M-el történő felvételezés során a különböző kamerák szimultán rögzítették az adatot, így az RGB és az eltérő spektrumon felvételező kamerák ugyan akkor (az egymáshoz képesti helyzetükből adódó minimális különbséget leszámítva) ugyan arról a felületről készítették a felvételeket.

3.4. A terepi felvételek feldolgozása

Az felvételezéseket követően az elkészült képeket a drón SD kártyájáról asztali számítógépre másoltam, az RGB fotókat pedig az Agisoft Metashape nevű szoftverrel dolgoztam fel. A képek importálását követően, első lépésként a szoftver segítségével a képeket a drón által hozzárendelt GPS pozíció alapján sorba rendeztem, így kaptam meg a kötési pontokat (tie points).



13. ábra: Az egyes fotók helyzete és a kötési pontok a sorba rendezést követően

Ezután kalibráltam a kamerákat a kötési pontok alapján, majd kötési pontok magassági koordinátái alapján létrehoztam a digitális domborzati modellt (DEM – Digital Elevation Model). Az elkészült modell alapján pedig létre hoztam az ortomozaiákat, melyeket exportáltam, ezeket a továbbiakban QGIS szoftver segítségével dolgoztam fel.

A Mavic 3M-es multispektrális felvételeinek feldolgozását az RGB fotók feldolgozásához hasonlóan végeztem, de mivel a különböző kamerák egymás mellett helyezkednek el, a különböző csatornákon rögzített képek egymáshoz képest elcsúsznak (Lorenz *et al.*, 2017), annak érdekében, hogy az eltérő spektrumokon készült felvételek egymással pontos átfedésben legyenek, és ez ne befolyásolja negatívan az indexek számításának eredményeit, korrigálnom kellett az elcsúszást.

Ezen felül ennél a felvételezésnél az enyhén felhős és szeles időnek köszönhetően a fényviszonyok sűrűn változtak az adatgyűjtés során, ezért az elkészült ortomozaikon spektrumonként kalibráltam a reflektancia értékeket. Mivel kalibrációs panelekkel nem rendelkezttem, így a kalibráláshoz a drón napfény szenzorát használtam. Az egyes csatornákon tehát relatív reflektancia értékek jelentek meg. Ezek alapján ez a módszer nem standardizált, így más eszközzel, más fényviszonyok között eltérő atmoszférikus háttérsugárzás esetén a felvételek azonos reflektanciával rendelkező (tehát teljesen azonos fényvisszaverő tulajdonságú) terület esetén a DN értékek akár 12-17%-ban is eltérhetnek egymástól (Crusiol *et al.*, 2020), ezáltal az így számított indexek értékei egy az egyben más felvételezések során gyűjtött adatokkal csak ekkora mérési bizonytalanság mellett összemérhetők. Például teljesen azonos növények elérő körülmények közötti vagy másik eszközzel történő felvételezés esetén valamilyen mértékben eltérő NDVI értéket mutathatnak, akkor is, ha a fény elnyelő és fényvisszaverő tulajdonságaik megegyeznek.

A relatív reflektancia értékeket a szofver DN (digital number) értékekben fejezi ki 0-255-ös skálán. Ezután az egyes spektrumokon készült raszter állomány értékeihez a QGIS-ben raszter kalkulátorral 1-et hozzáadtam, annak érdekében, hogy a további feldolgozáskor a 0-s értékeket ne fordítsa át a szoftver „nincs adat” értékekké, amik hiányos képekhez vezetnek, így végül a relatív reflektancia értékek a különböző spektrum tartományokon belül 1-256-os skálán kerültek kifejezésre. A felvételeket minden esetben EPSG:32634-es (WGS84 UTM zone 34) vetületi rendszerbe exportáltam.

3.5. A felvételek összehangolása a Tolna megyei helyszín esetén

Mivel vizsgálatom egyik célja az volt, hogy összehasonlítsam a különböző eszközökkel és módszerekkel történő felmérések eredményeit, a Tolna megyei terület esetén a gyakorlatilag 3 felvételezési módot (Mavic 3M RGB, Mavic 3M Spektrális, Air 2 S RGB) kellett összehangolom annak érdekében, hogy az összehasonlítás eredményei hitelesek legyenek. Mivel a spektrális felvételek mind a 4 csatornáját külön ortomozaiikként exportáltam, így a legegyszerűbb az volt, ha ezekhez a felvételekhez igazítom a szimultán készült RGB és a másnap az Air 2 S-el készült felvételt. Először a Mavic 3M RGB felvételét georeferáltam. Mivel az egyes spektrumok monokróm fotóink a pontos részletek kevésbé kivehetően, a spektrális felvételek vörös és zöld csatornáiból készült kompozitot használtam a georeferáláshoz. Ezután pedig a másnap készült felvételt georeferáltam, az előzővel azonos módon, 12 pont kijelölésével, Affin típusú transzformációval, a mintavételezési módszernek pedig a harmadfokú spline-t választottam a QGIS-ben.

3.6. Minta terület kiválasztása és a vegetációs indexek kiszámítása

A Tolna megyei helyszín felvételein végeztem el az összehasonlító elemzést az RGB és spektrális felvételek között, viszont ez a terület közel 74 ha, ami igen hosszúra nyújtotta volna ezt a folyamatot, és hatalmas mennyiségű adatot termelt volna, ezért kijelöltem egy olyan 1 ha-os területet, ami megfigyeléseim szint jól reprezentálja a tábla egészét. Annak érdekében, hogy a mintaterület a lehető legpontosabb legyen (nagyjából 1 pixel pontosságú), a korábban már georeferált ortomozaikokból kivágott mintákat ismét georeferáltam, ezúttal 6 pont alapján szintén Affin típusú transzformációval, a mintavételezési módszernek pedig itt is a harmadfokú spline-t választottam.

Elsőként ezen a területen számítottam ki a különböző indexeket, melyek közül voltak olyanok, ahol a spektrális felvételek csatornáit is használtam (NDVI – Rouse et al., 1974, NDRE – Barnes et al., 2000), illetve olyanok is, amikhez csak az RGB felvételeket használtam (NGDRI – Gitelson et al., 2002, GRRI – Gamon et al., 1999, VDMI – Wang et al., 2015, VARI – Gitelson et al., 2003). A vizsgálathoz használt vegetációs indexek formuláit a 3. táblázatban foglaltam össze.

3. táblázat: A vizsgálat során kiszámított indexek (NIR- közeli infravörös, RE – vörös él, R – vörös, G – zöld, B – kék) (forrás: saját munka)

Index neve	Rövidítés	Formula
Normalised Difference Vegetation Index	NDVI	$(\text{NIR}-\text{R}) / (\text{NIR}+\text{R})$
Normalised Difference Red Edge Index	NDRE	$(\text{NIR}-\text{RE}) / (\text{NIR}+\text{RE})$
Normalised Green Red Difference Index	NGRDI	$(\text{G}-\text{R}) / (\text{G}+\text{R})$
Green-Red Ration Index	GRRI	G/R
Visible-Band Difference Vegetation Index	VDMI	$(2*\text{G}-\text{R}-\text{B}) / (2*\text{G}+\text{R}+\text{B})$
Visible Atmospherically Resistant Index	VARI	$(\text{G}-\text{R}) / (\text{G}+\text{R}-\text{B})$

Az értékelés során szerettem volna megvizsgálni, hogy milyen mértékben befolyásolja a pontosságot a spektrális felbontás (egy-egy csatorna spektrum tartományának szélessége), valamint a GSD (amit a repülési magasság és a kamera által készült kép felbontása ad), továbbá az eltérő fényviszonyok. Ezért minden felvételre (ahol lehetőség volt rá), kiszámoltam ugyan azt az indexet. Mivel az 3M spektrális kamerái nagyon szűk, míg az RGB jóval szélesebb spektrum tartományban mér egy-egy csatornán, hogy pusztán ez a különbség összemérhető legyen a Mavic 3M RGB felvételének felbontását lerontottam a spektrális felvételekére (GSD

1,3 cm/px-ről 2,2 cm/px-re). Az AIR 2 S-sel pedig kétszer olyan magasan és nagyon eltérő fényviszonyok között repültem, így ezen a felvételen a még nagyobb GSD hatása mellett a növények árnyékának zavaró hatását is vizsgálni tudtam.

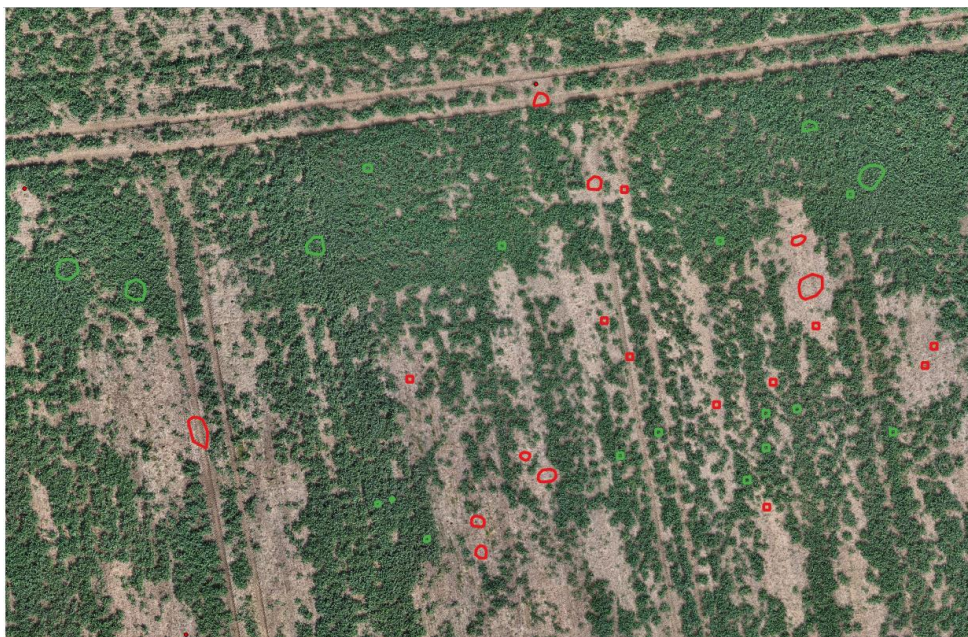
3.7.Növények és talajfoltok elkülönítése az indexek alapján

Plaza (2022) nyomán, egy felületen a növények és a talajfoltok elkülönítésének lehetséges módja az NDVI értékek alapján történő csoportosítás. Annak érdekében, hogy az indexszámítás által létrejött raszter állományokon belül el tudjam különíteni a talaj és növény pixeleket, meg kell határozni egy küszöbértéket (threshold), aminél ha egy adott pixel értéke magasabb, úgy az egyik, ha alacsonyabb a másik csoportba került. Az indexek kiszámítása után éppen ezért QGIS-ben létrehoztam egy vektor réteget, ahol olyan poligonokat rajzoltam az RGB fotó alapján, amin egyértelműen elkülönülnek a növények és a talajfoltok. A poligonok attribútum tábláján létrehoztam egy „Class” oszlopot, ahol növényeket 1-gyel a talajfoltokat 0-val jelöltem. 10 poligont talajfoltokra 10 db-ot pedig a növényekre rajzoltam. Ezek képezték az általam végrehajtott algoritmus feltanító adathalmazát (training data set). Ennek a rétegnek a segítségével övezet statisztikával (zonal statistics) meghatároztam az adott poligonokba eső raszter állományok (különböző indexek) pixeleinek számát; értékeinek minimum, maximum, átlag, medián, szórás és összeg értékeit.

Ezáltal határoztam meg, hogy az azonos és eltérő felvételezések nyomán számolt különböző indexek esetén mi legyen a küszöbérték a növény és talajfoltok elkülönítésére a különböző indexek esetén. A küszöbértékek meghatározását követően raszterkalkulátorral bináris állományt hoztam létre, ahol a küszöbérték feletti volt az adott pixel értéke, ott az eredmény raszteren 1-es, ahol alatta, ott 0-ás értéket kaptam.

Ezután teszteltem a hipotézist. A teszteléshez létrehoztam azonos méretű négyszögletes poligonokat (hogy a hamis + és hamis – értékeket a pixelek száma a poligonon belül minimálisan befolyásolja). szintén 10-10 db-ot, amiket növényeken és talajfoltokon helyeztem el, majd ezeken szintén övezetstatisztikával meghatároztam, hogy a teszt poligonok esetén mennyi a pixelek száma, összege, átlaga és szórása. Amennyiben a pixelek összege eltért a pixelek számától a növények esetén (tehát a 1-esek között szerepelt 0), az azt mutatta, hogy hány olyan pixel van a teszt poligon területén, amit tévesen talajként azonosítottam az adott index küszöbértéke alapján (tehát hamis –). Ellenkező esetben azokat a pixeleket mutatta az eredmény, ahol tévesen növényként azonosítottam a talajfoltokat (hamis +). Ezen felül a teszt négyzeteken kívül eső területeket vizuálisan is ellenőriztem, úgy, hogy a bináris raszter

állományokat részben átlátszóvá téve rávetítettem az RGB ortomozaikra, így jól láthatóvá vált számomra, hogy valóban pontosan határoztam-e meg a küszöbértéket a teszt poligonok és az ellenőrző négyzeteken kívül eső területekre is.



14. ábra: A küszöbérték meghatározásához létrehozott feltanító poligonok és az ellenőrző négyzetek az 1 ha-os mintaterületen a Mavic 3M RGB felvételein (piros – talaj, zöld – növény)

A különböző vegetációs indexek küszöbértékeinek meghatározása után, az ellenőrző négyzetek segítségével nemcsak a hipotézisemet tudtam ellenőrizni (tehát hogy az egyes indexek esetén mennyire pontosan határoztam meg a küszöbértéket) hanem az is, hogy az általam létrehozott különböző osztályozások (classification) egymáshoz képest mennyire pontosak a hamis + és hamis – értékek alapján.



15. ábra: Azonos teszt négyzetek az Air 2 S felvételén



16. ábra: A küszöbérték vizuális vizsgálata – az NDVI (felül) és az NDRE (alul) alapján számított bináris raszter 50%-os átlátszósággal az RGB felvételre vetítve

3.8.A teljes terület borítási értékeinek meghatározása és a további területek felmérései

A különböző indexek pontosságának meghatározása után a Tolna megyei terület minta részén a legpontosabbnak ítélt indexek és küszöbértékek alapján a teljes területre is meghatároztam a borítást, majd a végeredményeket összehasonlítva megállapítottam az eltérő módszerek egymáshoz mért eltérését. Ezután a legpontosabbnak ítélt kizárólag RGB kamerával is kiszámolható indexet kiszámoltam egy számomra pocokkár mentesnek ítélt területre (Pest megyei helyszín), hogy megállapítsam, azonos fejlettségű állomány mekkora felszíni borítással bír (mivel például a művelőutak miatt, ebben az állapotban nem elvárható a 100%-os fedettség). Végezetül pedig azonos módszerrel meghatároztam a Fejér megyei helyszínen is a növényi borítást, ez alapján pedig megbecsültem a pockok által okozott kár mértékét.

A Pest és Fejér megyei helyszínen a küszöbértékek meghatározását már csak vizuális vizsgálat alapján végeztem el, viszont ezeken a területeken is ellenőriztem a pontosságot (hamis

– ás hamis + mértéke) a Tolna megyei helyszínhez hasonló módon, azzal a különbséggel, hogy itt nem tesz négyzeteket, hanem a Tolna megyeihez feltanító poligonokhoz hasonló, általam rajzolt teszt poligonokat használtam, mivel a tesz négyzetek túl kicsik lettek volna.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Az ortomozaik illesztés eredményei

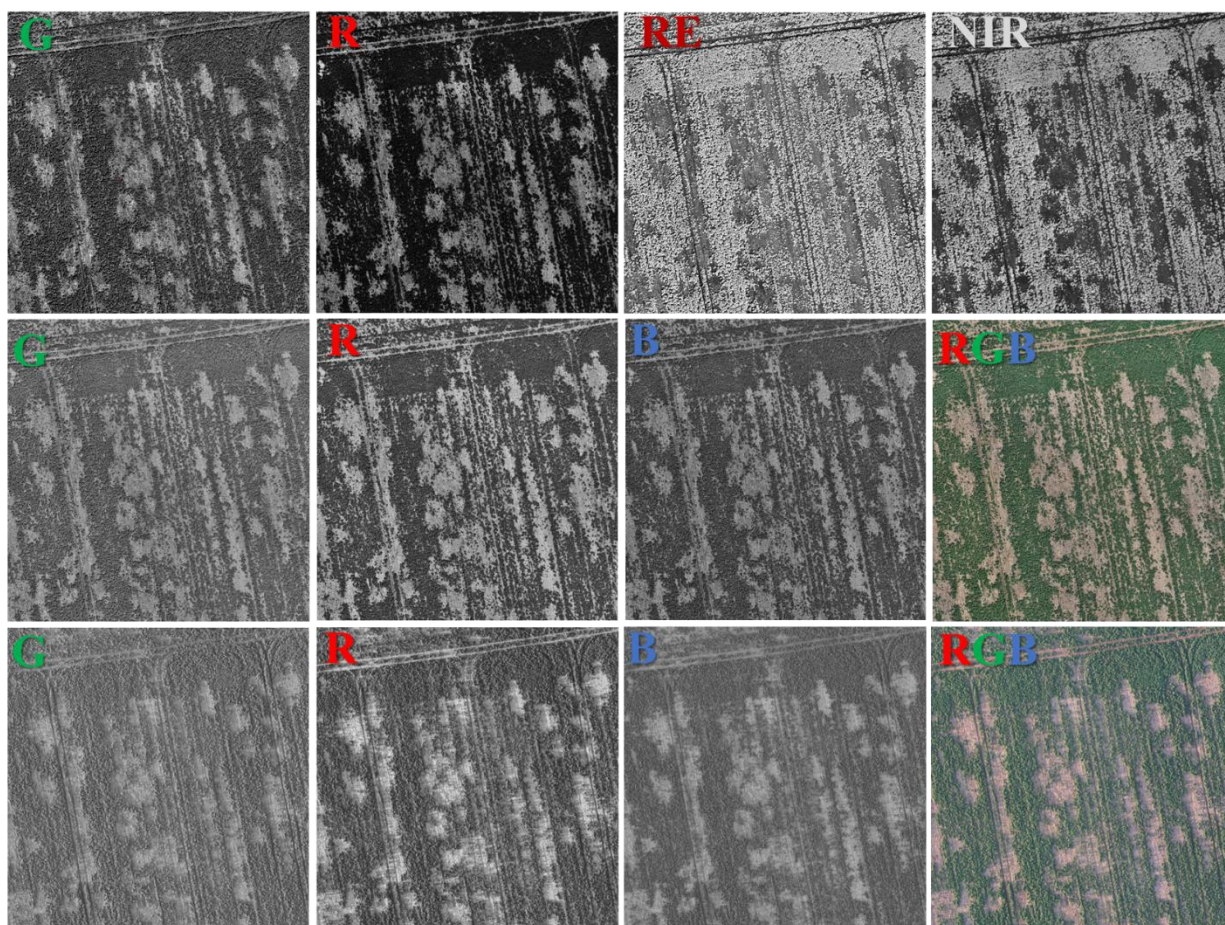


17. ábra: A Mavic 3M (fent) és az Air 2 S (lent) RGB kamerás felvételeiből illesztett valós színes ortomozaikok

A 17. ábrán, a valós színes felvételeken jól látszik az eltérő napszaktól és emiatt az eltérő napállásból eredő különbség. Míg a késő délelőtt – kora délután készült 3M (fenti) felvételei világosabbak és mentesek a tábla szélén lévő fasor árnyékától, továbbá a repce növények sem vetnek árnyékot a sorközökre, illetve egymásra, az Air 2 S felvételei sötétebbek, és az árnyékok miatt a talaj és növény foltok között is szereplenek egymáshoz képest jelentősen sötétebbek és világosabbak egyaránt. Viszont ránézésre mindkét eszközzel készült felvételen jól elkülöníthetők a növények és a talajfoltok. Emellett az is szépen látszik, hogy a repce tábla mellett, a fasoron túl lucerna tábla található, amiben szintén jelentős állományritkulás figyelhető meg. A lucernától távolodva a repcében megfigyelhető állomány ritkulás mértéke

csökken. Mivel Balázs és munkatársai (1998.) szerint az élő pillangósok mezei pocokok számára kedvező élettér, felételezem, hogy innen telepedtek be a repce táblába. A lucernától távolodva pedig a károsításuk mértéke, illetve gyakorisága is csökken, mígnem elér egy nagyjából állandó szintre.

Az ortomozaik illesztése után a különböző felvételek egyes csatornáit külön-külön és az RGB fotókat pedig valós színes kompozítként ábrázolva a minta területet az alábbi képeket kaptam:

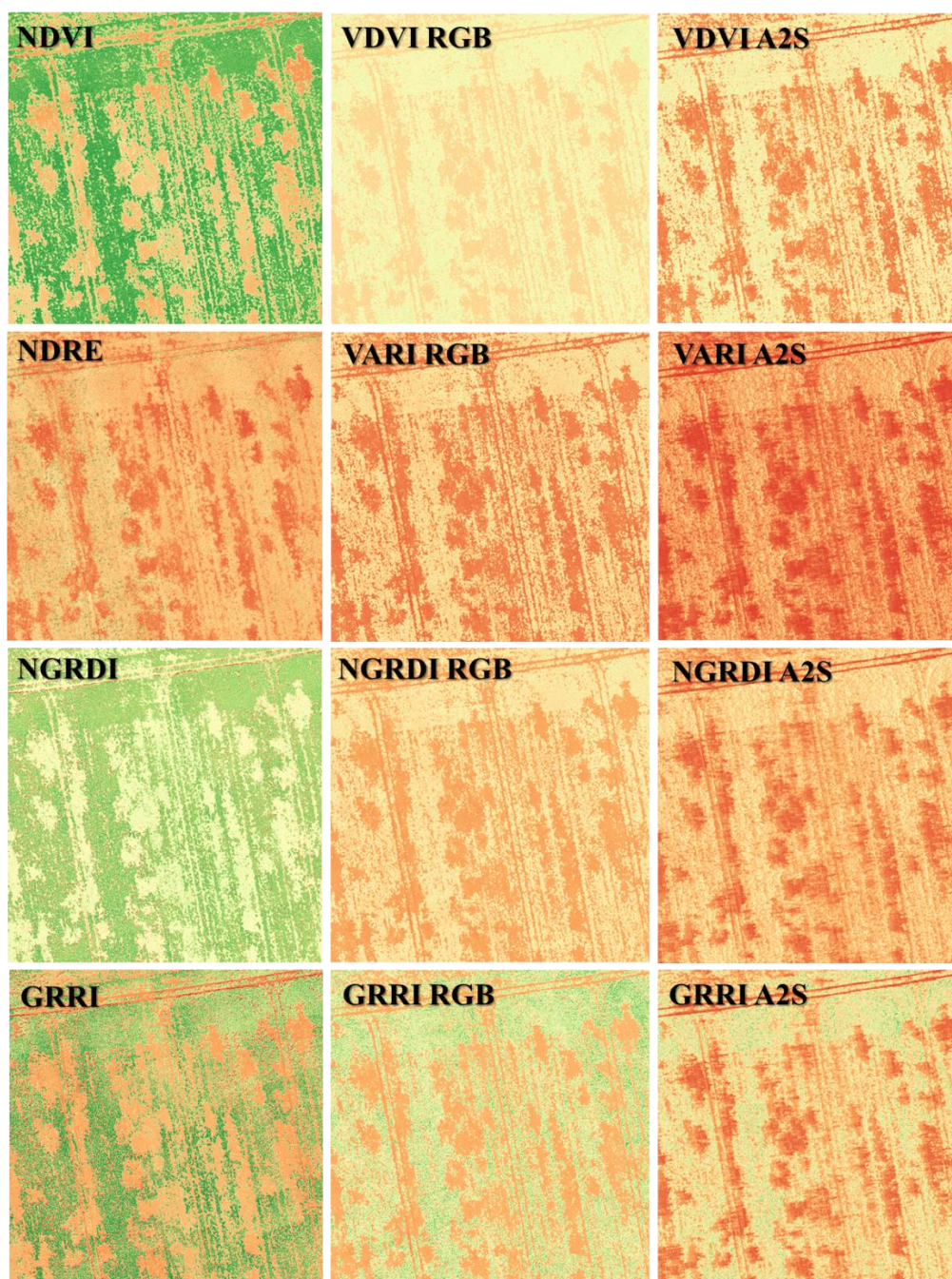


18. ábra: A Mavic 3M különböző spektrális kameráival rögzített csatornák és az RGB (középső sor Mavic 3M RGB, alul Air 2 S) kamerák csatornánkénti monokróm és az RGB valószínű kompozitok

Ahogy az 18. ábrán is jól látható, a Mavic 3M spektrális felvételei jóval kontrasztosabbak az RGB kamerák felvételeinél, továbbá a Mavic 3M felvételein az is szembetűnik, hogy a NIR és R csatornák, eltérően kontrasztosok, de mintha egymás inverzei lennének. Az Air 2 S felvételein pedig, főleg a zöld (G) kék (B) csatornákon a kép kissé elmosódottnak, kevésbé kontrasztosoknak tűnik, mint a Mavic 3M RGB kamerája által rögzített képek.

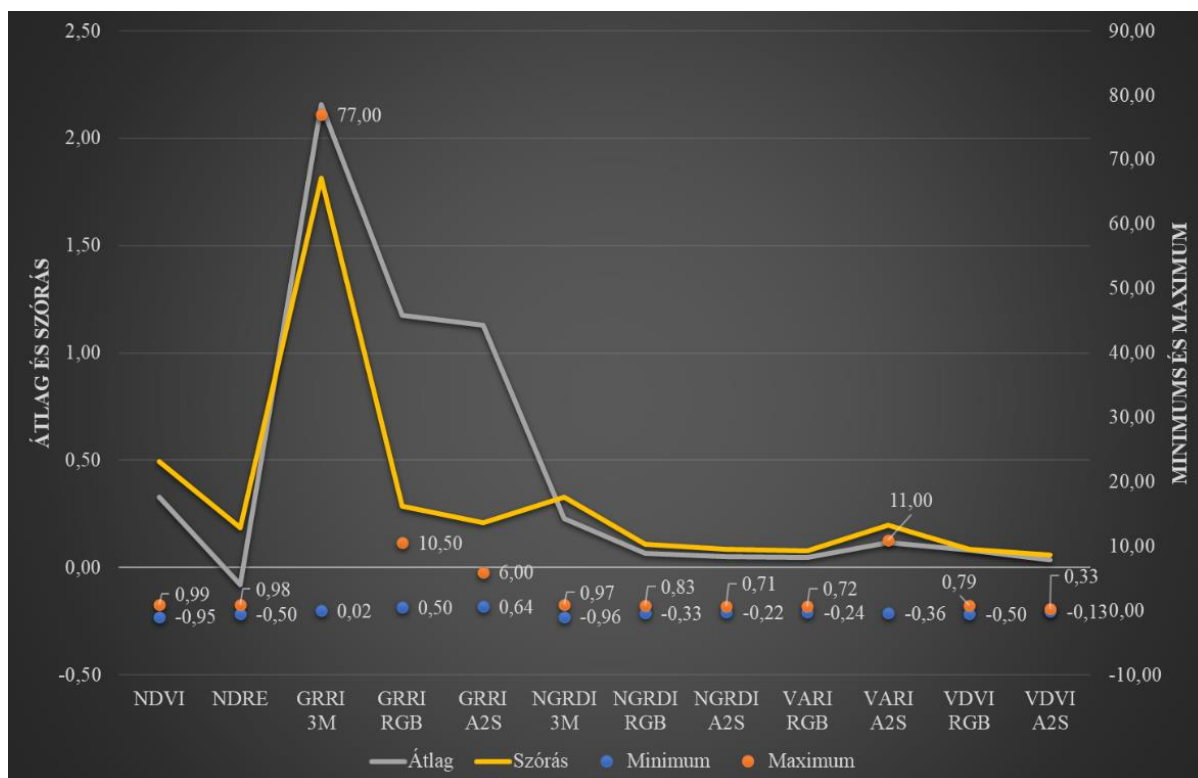
4.2. Az index számítás eredményei a Tolna megyei helyszín mintaterületein

Az Anyag és módszer fejezetben ismertetett vegetációs indexek hamis színes képeit a Tolna megyei helyszínen kijelölt mintaterületre a 19. ábrán mutatom be. Az azonos indexeket eltérő módon felvételezve a következőképpen jelöltem: 3M – Mavic 3M spektrális kameráinak felvételei alapján-, RGB – Mavic 3M RGB kamerájával készült felvételek csatornáinak alapján számolt indexek, A2S – Mavic Air 2 S-el (RGB) készült felvételek alapján számolt indexek.



19. ábra: A vegetációs indexek hamis színes ábrázolása min (piros) – max (zöld) értékekre széthúzva. Kivétel: GRRI: max=4; GRRI RGB és A2S: max=2; VARI A2S: max=2)

A mintaterületre kiszámolt indexek minimum, maximum, átlag és szórás értékeit a 20. ábrán mutatom be.

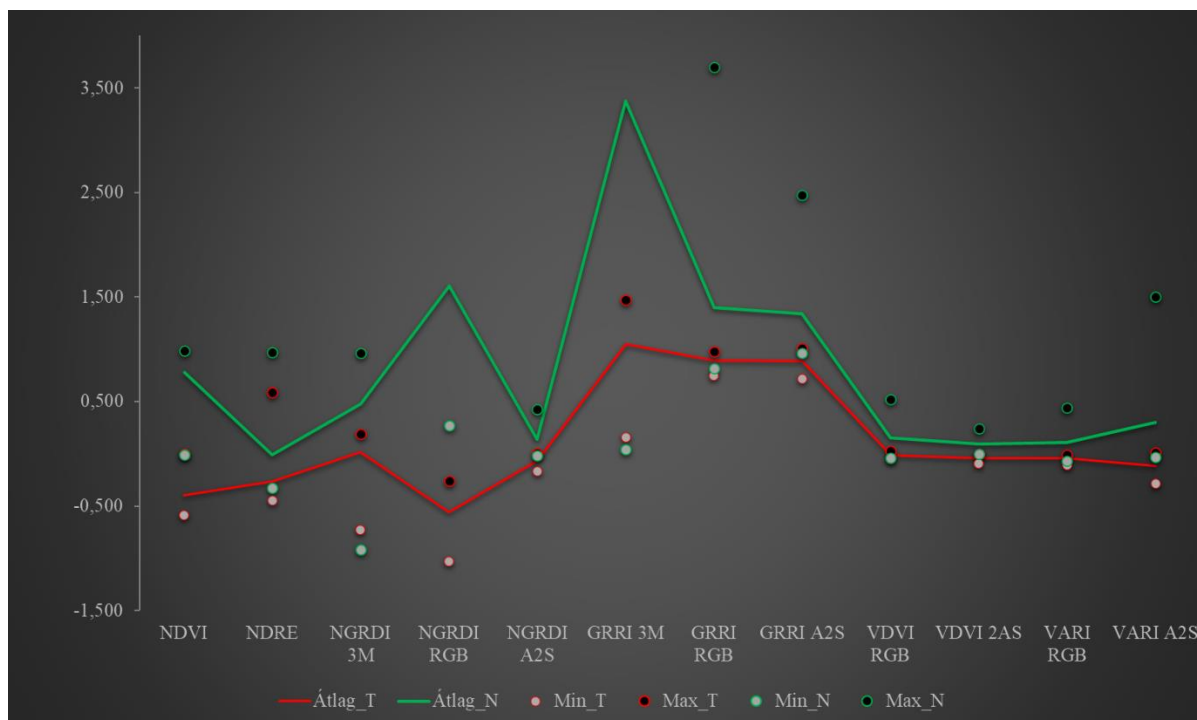


20. ábra: A Különböző vegetációs indexek minimum, maximum, átlag és szórás értékei az 1 ha-os mintaterületen

Az ábrán szembevetjük, hogy a legmagasabb átlag értékekkel a különböző eszközökkel készült GRRI indexek rendelkeznek, valamint a VARI A2S. A legszűkebb tartományban pedig a VDVI A2S, VDVI RGB, valamint VARI RGB és NGRD A2S és NGDRI RGB indexek értékeit kaptam.

4.3. A különböző indexek küszöbértékei és az osztályozás eredményei a mintaterület alapján

A mintaterületen a talaj és növényi pixelek elkülönítésére (osztályozására) létrehozott feltanító poligonokra (az RGB felvétel alapján rajzolt felületekre) végzett övezetstatistika eredményeit a különböző indexek esetén, a 21. ábrán mutatom be.

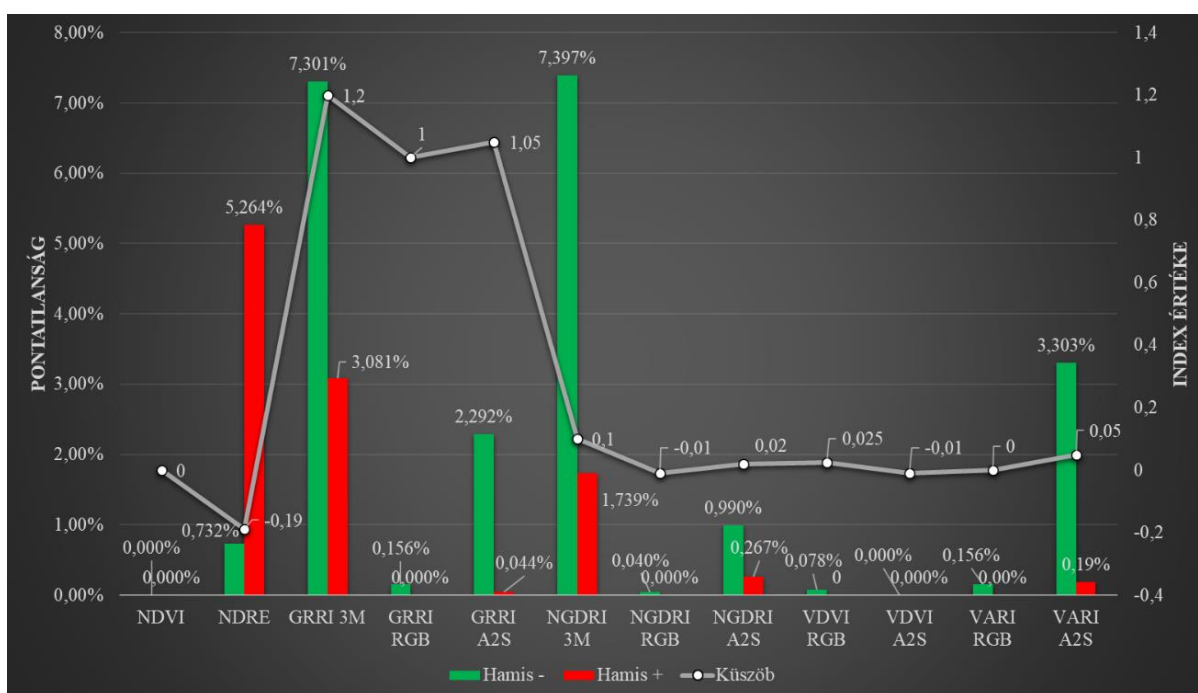


21.ábra: A feltanító poligonokra talaj (_T) és növény (_N) eső raszteres állomány pixeleinek értékei az eltérő vegetációs indexek és felvételezési módok esetén *(a GRRI 3M Max_N értéke 61)

Az ábrán jól látható, hogy mekkora a különbség a talajként vagy növényként definiált pixelek értékeinek minimuma és maximuma között. Minden esetben igaz, hogy a növény pixelek maximum értéke (Max_N) magasabb, mint a talajoké (Max_T) ugyan ez igaz a növényi pixelek és a talaj pixelek átlag értékei is. Viszont nem minden esetben igaz, hogy a növények minimum értéke (Min_N) magasabb, mint a talajok minimum értéke (Min_T), ez látszik a NGRDI 3M-nél. Amennyiben a talaj pixelek maximum értéke (Max_T) alacsonyabb, mint a növényi pixelek minimum értéke (Min_N), úgy a küszöbérték meghatározása viszonylag könnyű, mivel (szinte) minden esetben a növény pixelek legalacsonyabb index értéke is magasabb lesz, mint a talajok legmagasabb értékei, így viszonylag széles érték tartományt vehet fel a küszöbérték, anélkül, hogy sokat tévedne a növény és talaj pixelek elkülönítése során (pl.: NDVI). Abban az esetben, ha a talaj pixelek maximális értéke (Max_T) és a növény pixelek minimális (Min_N) értéke között a különbség kicsi, viszonylag szűk értéktartományban kell keresni a küszöbértéket (pl.: VDAVI RGB vagy VDAVI A2S). Amennyiben a talajpixelek maximális értéke nagy mértékben meghaladja a növény pixelek minimális értékét, úgy a legnehezebb megtalálni a legpontosabb küszöbértéket, illetve a legpontosabb küszöbérték esetén is nagy mértékű tévedésre számíthatunk (pl: NDRE).

A feltanító poligonok (training data set) elemzése után a különböző (talaj és növény)

poligonokba eső minimum, maximum és átlag értékek alapján meghatároztam az egyes indexek küszöbértéket, ami alapján kategorizáltam az egyes pixeleket „talaj” van „növény” csoportba. A küszöbértékek meghatározásakor amennyiben a kiinduló küszöbértéket túl alacsonynak állítottam be, úgy a hamis + (tehát növényként azonosított talajpixelek), értéke volt jelentős, ha pedig túl magas küszöbértéket határoztam meg, akkor a hamis – (tehát talajként azonosított növény pixel) értékei voltak magasabbak. A küszöbértéket addig finomítottam, amíg a lehető legalacsonyabb hamis – és hamis + értékeket nem kaptam. A küszöbértékeket, és a küszöbérték alapján történő osztályozás bizonytalanságát (hamis + és hamis –) a 22. ábrán foglaltam össze.



22. ábra: A különböző indexekre meghatározott küszöbértékek, és küszöbértékek alapján végzett osztályozás pontossága a teszt négyzetekre elvégzett övezet-statisztika alapján

Az indexekre szabott küszöbértékek pontosság vizsgálata eredményeként (a teszt négyzeteken lefuttatott övezet statisztika alapján) elmondható, hogy az NDVI esetén 0-ás küszöbértékkal (számításaim szerint hiba nélkül) tudtam külön csoportokba sorolni a talaj és növény pixeleket, így ezt a módszert tekintem a legpontosabbnak. Azonos módszerrel vizsgálva a VDAVI A2S raszter -0,01-es küszöbértékkal sem mutatott hibát, de mivel az VDAVI RGB, ami nagyobb felbontású (tehát több pixelből álló raszter állomány), mutat némi hamis – eredményt, így feltételezhető, hogy az A2S esetén ennél az indexnél azért nem találtam hibát, mivel pont azok a pixelek nem esetek már bele a teszt négyzetbe, amik jobb felbontás esetén még éppen hamis - értéket adtak volna, vagy mivel azonos terület kevesebb pixellé állt össze (magasabb GSD) pont a hamis – értéket adó pixel vagy pixelek keveredtek magasabb értékű pixelekkal és

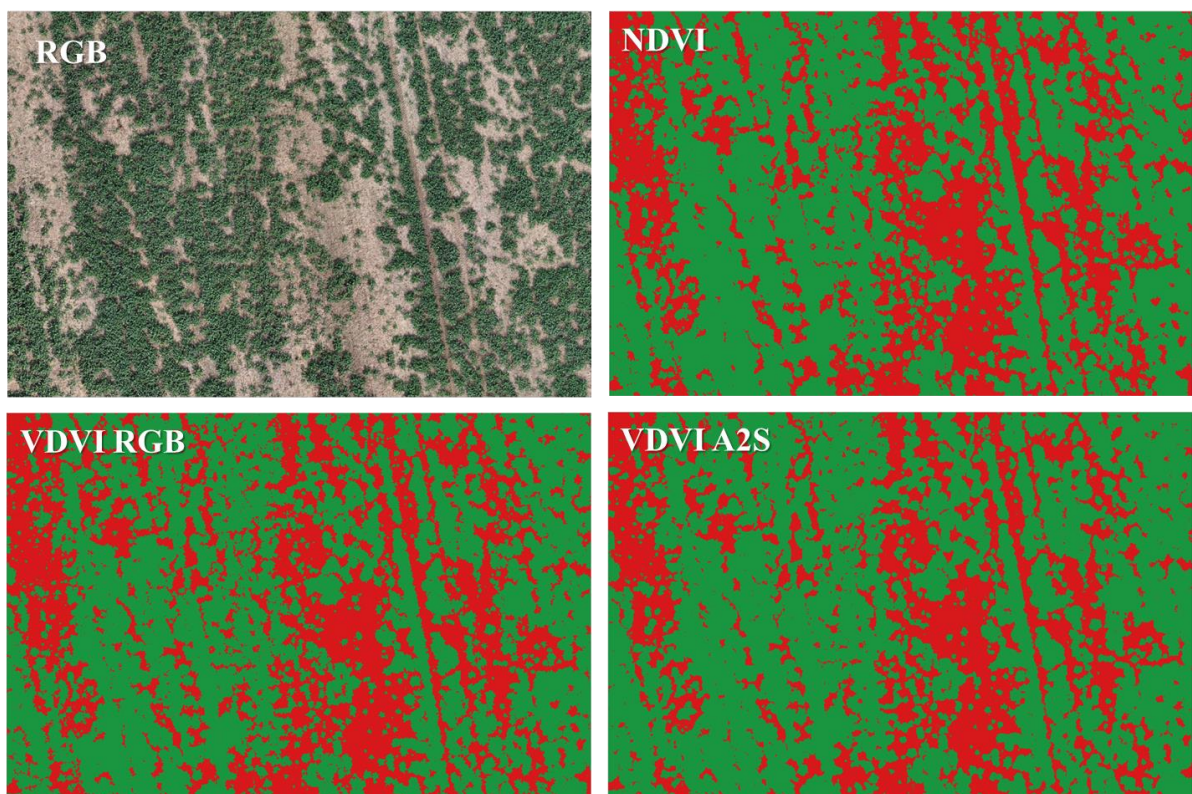
tettek lehetővé pontosabb küszöbérték beállítást. Ezek alapján az RGB kamerák általi felvételezés esetén a VDVI indexek alapján tudtam a legpontosabban klasszifikálni a talaj és növény pixeleket.

Ezzel szemben a Mavic 3M RGB felvételeiből számított indexek közül a NGRDI RGB mutatta a legkisebb hibát, még ha csak 4 ezred százalékkal mutatott kevesebb hamis – értéket a VDVI RGB-nél. Az RGB kamerák felvételei alapján számított indexek közül pedig úgy tűnik, hogy rosszabb fényviszonyok között (A2S) a VDVI pontosabb, mint az NGRDI, míg ideálisabb fényviszonyok (RGB) mellett ennek az ellenkezője igaz.

Azok az indexek, ahol a Mavic 3M spektrális csatornáit csak a látható spektrumban használtam, tehát a R-t és G-t (GRRI 3M, NGRDI 3M), minden esetben pontatlanabbak voltak akár hamis + akár hamis – esetén is mintha azonos indexeket, de az RGB kamerák valamelyikén számítottam ki és állítottam be hozzá a megfelelő küszöbértéket. Ez abban az esetben is fennállt, ha GSD (tehát az egységnyi pixel méret) azonos vagy magasabb volt. Ez feltételezhetően azért van így, mert ezek a csatornák jóval szűkebb (32 nm széles) tartományban készítenek felvételt, szemben az RGB kamerákkal melyeknek Godaliyadda és mtsai (2019) vizsgálatai szerint, egy-egy csatornája akár több száz nanométer széles spektrumot is lefed, még ha spektrum tartományonként eltérő érzékenységgel is.

4.4. A növényi borítottság meghatározása a különböző indexek alapján a Tolna megyei helyszínen

Miután a tesztnégyzetek segítségével megállapítottam az egyes indexek legoptimálisabb küszöbértékei esetén a pontosságot, az általam legpontosabbnak ítélt indexek (NDVI és VDVI) alapján elvégeztem a klasszifikációt a Tolna megyei tábla egészére is, itt azonban már a georeferált felvételek eredeti felbontását használtam. Az indexeket, és a tesztfelületen beállított küszöbértékek alapján történő klasszifikáció eredményei a 23. ábrán és a 4. táblázatban foglaltam össze.



23. ábra: A Tolna megyei területről készült Mavic 3M RGB felvétele, valamint a különböző indexek és hozzájuk tartozó küszöbértékek alapján létrehozott bináris raszterek (vörös = talaj, zöld=növény)

4. táblázat: A teljes Tolna megyei tábla növényi borítottsága a különböző indexek alapján és a borítási értékek egymáshoz viszonyított eltérései: (forrás: saját munka)

Index	GSD (cm/px)	Küszöb	Borítási %	Eltérés az NDVI- hoz képest	Egymáshoz képest
NDVI	2,19	0	78,522%		
VDVI RGB	1,28	0,025	78,912%	0,390%	
VDVI A2S	3,35	-0,01	82,688%	4,167%	3,777%

A teljes növényállományon történő vizsgálat alapján megállapítható, hogy megfelelő fényviszonyok között kizárólag RGB kamerás felvételezésből számított index segítségével egy ugyan rosszabb térbeli felbontású, de NIR és R csatornákból számított NDVI-hoz képest kevesebb mint 0,5%-os eltéréssel a növényi borítás meghatározható. Amennyiben a fényviszonyok drasztikusan romlanak (jelentős mennyiségű árnyék vetül a növényekre), és a repülési magasság is számottevően nő (ez esetben kétszeresére), a megfelelő fényviszonyok között végzett felvételezéssel létrehozott NDVI alapján történő klasszifikációhoz képest az eltérés mértéke továbbra sem éri el az 5%-ot. A megfelelő fényviszonyok között,

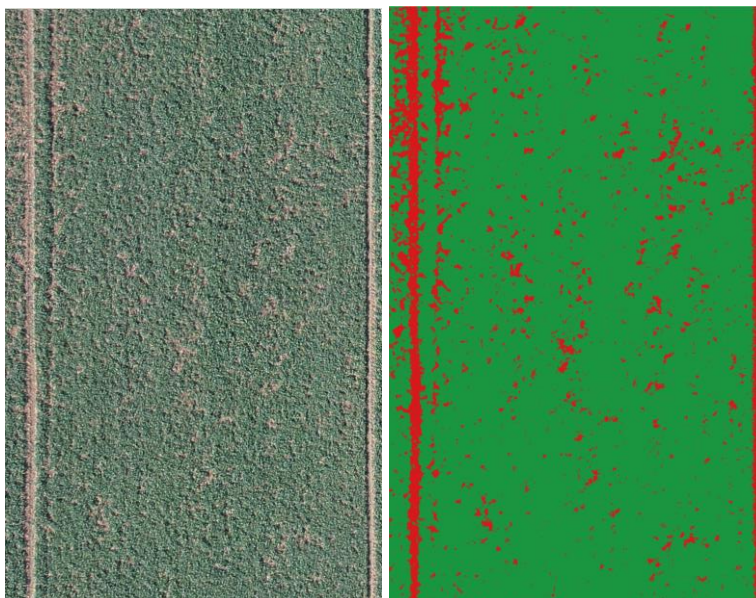
napfény szenzorral, jelentősen alacsonyabb repülési magasságból végzett RGB kamerás felvételezéshez képest (VDVI RGB) a rosszabb fényviszonyok esetén, napfény szenzor nélkül magasabbról készült felvételek (VDVI A2S) közötti eltérés pedig kevesebb mint 4%. Ez alapján, megállapítom, hogy mind azonos, mind különböző indexek segítségével, eltérő repülési magasság és fényviszonyok esetén, ugyan eltérő küszöbértékkel, de nagyon hasonló eredményt kaptam a növényi borítás meghatározása során.

4.5. Növényi borítottság meghatározása a Pest és Fejér megyei területeken, pocokkár becslése

A Tolna megyei helyszín vizsgálatának eredményei alapján a Pest és Fejér megyei területekről kizárólag RGB kamerás (Air 2 S) felvételek ere is elvégeztem a klasszifikációt. A két területen használt indexek, illetve azok küszöbértékeit és tévedés mértékét az 5. táblázatban foglaltam össze.

5. táblázat: A Pest és Fejér megyei állományok borítási értékeihez használt indexek és küszöbértékek a pontosságukkal: *(forrás: saját munka)*

Helyszín	Index	Küszöb	Hamis -	Hamis +
Pest	VDVI	0,015	0,745%	0,000%
Fejér	VDVI	0,01	0,111%	0,186%



24. ábra: A Pest megyei helyszínen készült ortomosaik (egy része) és a bináris raszter (vörös=talaj, zöld=növény)

A felvételeken jól láthatók a keréknyomok, illetve látszanak töhiányok annak ellenére, hogy ezen a területen nem volt jellemző a pocok felszaporodása. Ezek a töhiányok

feltehetően kelési problémákra vezethetők vissza, ennek ellenére ez az állomány agronómiai szempontból teljesen megfelelő.



25. ábra: A Fejér megyei állományról készült ortomozaik és a bináris raszter (vörös=talaj, zöld=növény)

A Fejér megyei területen már az állományról készült valós színes ortomozaikon is szembetűnő a töhiányok mértéke, pusztán szemrevételezés alapján is megállapítható, hogy a növényi borítás nem éri el a teljes felület felét sem. A Pest és Fejér megyei növényállomány borítási %-át és a becsült kár mértékét a 6. táblázatban mutatom be.

6. táblázat: A Fejér és Pest megyei állományok borítási értékeihez használt indexek és küszöbértékek a pontosságukkal: *(forrás: saját munka)*

Helyszín	Index	Küszöb	Borítási %	Becsült kár
Pest	VDVI	0,015	87,105%	60,752%
Fejér	VDVI	0,010	26,353%	

A Fejér megyei területen a növényi borítás éppen hogy csak eléri a teljes felület negyedét, a pocokok által okozott kár mértéke becslésem szerint meghaladja a 60%-ot. Amennyiben az üzem több éves hozam eredményei alapján, megfelelő állomány esetén 3,5-4 t/ha közötti eredményre számíthat, becslésem szerint ennek nagyjából 40%-a (1,4-1,6 t/ha) várható el reálisan a vizsgálat tárgyát képező állománytól abban az esetben, ha a teljes technológiai sor minden elemét megkapja és további kár nem keletkezik, ráadásul a vegetáció hátralévő részében a növények számára kedvezően alakulnak a környezeti körülmények.

5. Következtetések és javaslatok

Az általam végzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy akár multispektrális, akár RGB kamerás drónokkal végzett felvételezéssel őszi káposztarepce állományokról készült ortomozaikon belül, vegetációs indexekkel (pl.: NDVI vagy VDVI) és megfelelően megválasztott küszöbértékkel a növényeket és talajokat alkotó pixelek egymástól meglehetősen pontosan elkülöníthetők (1% alatti hamis + és hamis – pixel arány). A legpontosabb elkülönítést esetemben az NDVI, 0-s küszöbértékkel adta ($0 < \text{talaj}$, $0 > \text{növény}$). Az RGB kamerákkal is számítható indexek közül optimális fényviszonyok esetén valamivel pontosabb volt az NDGRI, mint a VDVI, de a különbség nem volt számottevő. Az optimális fényviszonyok esetén készült felvételek esetén a talaj és növény pixelek elkülönítése pontosabb, mint mikor a felvételek kevésbé fényesek és árnyékokkal is terheltek valamint magasabb GSD-vel rendelkeznek (magasabban repülési magasság).

Mivel a módszer nélkülözi a légköri korrekciót (nem standardizált), az eltérő körülmények (fényviszonyok) mellett azonos indexek esetén a legpontosabb elkülönítést adó küszöbértékek eltérhetnek egymástól. Esetemben több alkalommal is eltértek, ezért a küszöbérték meghatározását a lehető legpontosabb elkülönítés érdekében nem érdemes mellőzni a folyamat során.

A módszer használata során kizárólag a talaj és növény pixelek elkülönítése történt, a növényeken belül további osztályozást nem végeztem. Tehát nem különböztettem meg egymástól a termesztett- és gyomnövényeket, így amennyiben jelentős a gyomok jelenléte az adott területen, az negatívan befolyásolja a pocokkár mértékének meghatározását, mivel magasabb borítási értéket kapunk, mintha nem lettek volna gyomok a területen. A gyomok elkülönítésre Lottes és munkatársainak (2017) vizsgálatai alapján pedig ugyan van lehetőség kizárólag RGB felvételek alapján is, de a módszer pontosabb, ha NIR csatornát is használunk a klasszifikáció során, illetve fontos a nagy térbeli felbontás (esetükben 1,5 cm/pixel) 4-6 leveles kétszikű gyomok esetén. 1,5 cm/pixel-es GSD egy DJI Mavic Air 2 S-sel 60 m körüli repülési magasságot jelent, ami az általam használt 100-120 m-hez képest nagyon nagy mértékben rontja a terület-teljesítményt (felvételezett terület / idő). Nem pusztán a nettó repülési időt nyújtja el, hanem a felszállások száma is többszörösére nő, nem beszélve a gyűjtött adatok mennyiségéről és azok feldolgozásához szükséges időről. Amennyiben a gyomokat is szeretnénk kiszűrni nemcsak a repülés és adatfeldolgozás, hanem az osztályozás is több időt vesz igénybe, mivel a gyom- és kultúrnövényeket is el kell különítenünk egymástól, ami ráadásul bonyolultabb feladat,

mint pusztán a talaj és növény pixelek osztályozása.

Ezen kívül fontos megjegyezni, hogy a repce növények a vegetáció során rendkívül nagy biomasszát halmoznak fel, és a zöld tömeg gyarapodás sebessége nagyjából a virágzásig nő a leggyorsabban, és a növények a becőképzés környékén érik el legnagyobb zöldtömeget. Ezen kívül az őszi levélzet tavaszra gyakran lesárgul, sőt elhal és a növény tavasszal sok esetben a tölevélrózsából hajt ki. Ezért a vegetáció során az egyes növények mérete, így az általuk borított felület is jelentősen eltér a különböző fenológiai állapotok során. Véleményem szerint a szármegnyúlás kezdete és a zöldbimbós állapot között a legcélszerűbb ezzel a módszerrel vizsgálni a töhiányok mértékét (esetünkben a mezei pocok miatt), mivel ebben a fenológiában borít az állomány a területen úgy, hogy ez egyes növények még nem vagy minimális mértékben érnek össze, de már majdnem teljesen fedik a talajt, így ideális esetben ekkor egy egybefüggő szőnyeget alkotnak (leszámítva a művelőutakat). A Pest megyei terület felmérése alapján ebben a fenológiában nagyjából 90%-os borítás jellemzi a megfelelő állományt. Mivel a repce jelentős mennyiségű oldalelágazást fejleszt a későbbiekben (pl.: virágzás során), a kipusztult tövek helyét elfoglalhatják a szomszédos tövek, emiatt kevésbé látványos a töhiány. A repce borítását szintén befolyásolja a térállás, mivel ezt a növényt egyaránt vetik közel akár azonos, akár eltérő tőszámmal gabona- (12,5 cm), dupla gabona- (25 cm) vagy szélesebb- (45-70 cm) sortávra, azonos fenológia esetén eltérő borítás állhat fenn, így ha pontosan szeretnénk meghatározni a kár mértékét, különösen a szélesebb sortáv esetén, eltérő borítási szintet tekinthetünk etalonnak azonos fenológiai stádiumban lévő, de szűkebb vagy tágabb tértállású állomány esetén.

Mindezeket figyelembe véve azt gondolom, hogy ezzel a módszerrel nem pusztán a mezei pocok által okozott kár, hanem bármilyen valós színes felvételen színek alapján jól elkülöníthető, jellemzően tőpusztulással/ritkulással járó kár, akár más gerincesek – például nyúl okozta rágás napraforgóban, vagy vaddisznó okozta kár kukoricában – esetleg belvíz hatására kialakult állománypusztulás mértéke is felmérhető, megfelelő referenciával összevetve pár százalékos pontossággal jól becsülhető. A felmérés eredményei alapján egy-egy területről pontosabban becsülhető az állomány sűrűsége alapján az elvárható hozam, ami fontos döntéstámogató információ, így a reális hozamcél és a szükséges ráfordítás ismeretében könnyedén eldönthető, hogy adott állomány további fenntartása, inputokkal való ellátása gazdaságilag fenntartható tevékenység-e, vagy nagyobb profitra (rosszabb esetben kisebb veszteségre) van lehetőség a károsított

állomány bedolgozásával és új növény vetésével. A vizsgálat tárgyát képező Fejér megyei terület esetén, figyelembe véve, hogy az üzemre jellemző teljes technológia sor input költségét (tehát nem számolva az egyéb üzemi költségekkel), jelen piaci árak mellett, becsléseim alapján nagyjából 1,9-2,2 t/ha-os repce termés kompenzálná, az állomány felmérése alapján pedig nagyjából 1,4-1,6 t/ha várható legideálisabb esetben is, leginkább az állomány bedolgozását és más növény vetését javaslom, de a teljes állomány megtartását és egységes kezelését semmi estre sem ajánlom.

Amennyiben a károsítás mértéke jelentős, mégis megmaradt legalább akkora sűrűségben a növényállomány a területen, akár csak egyes foltokban is, ami lehetőséget ad a gazdaságos termelésre, a bináris raszterek segítségével van lehetőség olyan kijuttatási térképeket létrehozni, amiken a kipusztult növények helyére „0”-ás értékek, a ritkább részek esetén pedig – leginkább műtrágya kijuttatása esetén – alacsonyabb dózisok kerülnek meghatározásra. Ezáltal plusz munkával ugyan, de jelentős mennyiségű inputanyag takarítható meg, ami nemcsak ökonómiai, de ökológiai szempontból is kívánatos.

6. Összefoglalás

A pilóta nélküli légi járművek egyike a legdinamikusabban fejlődő piacoknak (Kapustina, 2021), az agráriumban monitoring célokra rendkívül sokféleképpen használható ez a technológia, változó dózisú kijuttatási térképek készítéséhez (Zhang és Kovacs, 2012), növényi biomassza becsléshez (Hunt *et al.*, 2005), tőszámlálásra (Velumani *et al.*, 2021), állományon belüli gyomtérképek létrehozására (Lottes *et al.*, 2017), fertőzések lokalizálására (Albetis *et al.*, 2017; Nguyen *et al.*, 2023) vagy akár a mezei pocok által okozott kár felmérésére (Plaza, 2022) is. A 2023-2024-es termesztési ciklusban országszerte jelentősen felszaporodott mezei pocok pedig jelentős károkat okozott szántóföldi növényeinkben.

Vizsgálataim során multispektrális és RGB kamerás drónnal (DJI Mavic 3M) ideális fényviszonyok esetén és kevésbé optimális fényviszonyok mellett kétszeres magasságból, kizárólag RGB kamerával ellátott (DJI Air 2 S) drónnal mértem fel őszi káposztarepce állományokat. Azzal a szándékkal, hogy különböző vegetációs indexek segítségével elkülönítsem egymástól adott ortomozaikon belül a növények és a talajfoltok által alkotott pixeleket, így meghatározva a vizsgált területen a növényi borítás mértékét. A vizsgált indexekhez az elkülönítés során küszöbértékeket rendeltem, ami alatt egy adott pixelt a raszter állományon belül talajnak, felette növénynek soroltam be. Az eltérő indexek és küszöbértékek alapján történő besorolás (osztályozás) pontosságát azonos területen mértem össze egymással. Az általam használt indexek közül NDVI 0-s küszöbértékkel adta legpontosabb eredményt, sem hamis – (tehát talajként osztályozott növény pixel) sem hamis + (növényként osztályozott talaj pixel) értéket nem mutattak az eredményim a tesztelés során.

A kizárólag RGB kamerákkal készült felvételekből számított indexek közül a legpontosabbnak, magasabb felbontás és jobb fényviszonyok mellett, az NGRDI-t, hasonlóan pontosnak rosszabb fényviszonyok között pedig a VDVI-t határoztam meg. Azonos területen az NDVI alapján történő osztályozás esetén a borítás mértékéhez képest a VDVI RGB (jobb fényviszonyok és nagyobb térbeli felbontás) 0,390%-os eltérést, a VDVI A2S (rosszabb fényviszonyok és kisebb térbeli felbontás) 4,167%-os eltérést mutatott, ez alapján megállapítottam, hogy NIR csatorna hiányában pusztán RGB kamerás drónokkal is meglehetősen pontosan elkülöníthetők egy raszter állományon belül a növények és talajok által alkotott pixelek megfelelő indexek és küszöbértékek használata esetén, akár kevésbé ideális fényviszonyok esetén is.

Egy konkrét területen (Fejér megye), pedig egy azonos fenológiai stádiumban lévő, de pocokkártól mentes területhez képest (Pest megye) meghatároztam a mezei pocok által okozott kár mértékét a növényi borítási %-ok eltérése alapján. A károsítás mértéke alapján a vizsgált állományra további ráfordítást nem javasoltam, legfeljebb abban az esetben, ha az inputanyagok kijuttatása az táblán belül változó dózisban, az állomány sűrűsége és a növényvel nem borított részek figyelembe-vételével történik.

Megállapítottam, hogy az általam végzett kárbecsléshez hasonló fejlettségű és térállású állományokra van szükség, viszont nem kizárólag a mezei pocok által okozott kár, hanem bármely gerinces károsító által, vagy akár abiotikus tényezők (pl.: vízállás) miatt bekövetkezett tőpusztulás mértéke is felmérhető egy adott állományon belül.

7. Köszönetnyilvánítás

Köszönöm munkáltatómnak a BASF Hungária Kft.-nek, hogy tanulmányaimat támogatta és a vizsgálataimhoz a cég tulajdonában álló DJI Mavic A2S típusú drónt rendelkezésemre bocsátották. Köszönöm Martini Máté kollégámnak, hogy a saját DJI Mavic 3M típusú drónját szintén rendelkezésemre bocsátotta, ezáltal lehetővé tette, a multispektrális adatok gyűjtését és feldolgozását is. Köszönöm Vizer Bence kollégámnak, hogy a Fejér megyei terület felmérésére megkért, így adva az ötletet a szakdolgozat témájához. Köszönöm a Fejér, Pest és Tolna megyei termelőknek, akik lehetővé tették számomra a felvételek elkészítését, közülük külön köszönöm Bíró Gábornak az érdeklődő és készséges hozzáállását. Köszönöm konzulensemnek, Dr. Csorba Ádámnak a rugalmas és segítőkész szakmai támogatását. Hálával tartozom páromnak, aki a szakdolgozatom írásakor az extra terhelésből adódó feszültséget is megértő türelemmel és támogatással viselte.

8. Irodalomjegyzék

1. Ingemar Skoog, A. (2010): The Alfred Nobel rocket camera. An early aerial photography attempt, *Acta Astronautica*, Volume 66, Issues 3–4, p. 624-635
2. Abd-Elrahman, A., Pearlstine, L., Percival, F. (2005): Development of pattern recognition algorithm for automatic bird detection from unmanned aerial vehicle imagery. *Surveying and Land Information Science*. 65. p. 37-45.
3. Adão, T.; Hruška, J.; Pádua, L.; Bessa, J.; Peres, E.; Morais, R.; Sousa, J.J. (2017): Hyperspectral Imaging: A Review on UAV-Based Sensors, Data Processing and Applications for Agriculture and Forestry. *Remote Sens.* 2017, 9, 1110. <https://doi.org/10.3390/rs9111110>
4. Albetis, J., Duthoit, S., Guttler, F., Jacquín, A., Goulard, M., Poilvé, H., Féret, J.-B., Dedieu, G. (2017): Detection of Flavescence dorée Grapevine Disease Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Multispectral Imagery. *Remote Sens.* 2017, 9, 308. <https://doi.org/10.3390/rs9040308>
5. Apolo-Apolo, O.E., Pérez-Ruiz, M., Martínez-Guanter, J., Valente, J., (2020): A Cloud-Based Environment for Generating Yield Estimation Maps From Apple Orchards Using UAV Imagery and a Deep Learning Technique. *Front Plant Sci.* 2020;11:1086. Published 2020 Jul 15. doi:10.3389/fpls.2020.01086
6. Barnes, E.M., Clarke, T.R., Richards, S.E., Colaizzi, P.D., Haberland, J., Kostrzewski, M., Waller, P., Choi, C., Riley, E., Thompson, T. (2000): Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground based multispectral data. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Precision Agriculture*, Bloomington, MN, USA, 16–19 July 2000; Volume 1619, p. 6.
7. Coxworth, B. (2013): DJI announces stabilized HERO mount, and camera-equipped Phantom quadcopter <https://newatlas.com/dji-phantom-vision-zenmuse-quadcopter/27028/> April 11, 2013 2024. 03. 16.
8. Boon, M. A., Drijfhout, A. P., & Tesfamichael, S. (2017): Comparison of a fixed-wing and multi-rotor UAV for environmental mapping applications: A case study. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 47-54.
9. Boyne, W.J. (2009) : How the Predator Grew Teeth *AIR FORCE Magazine* / July 2009
10. Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "Joseph-Michel and Jacques-Étienne Montgolfier". *Encyclopedia Britannica*, 1 Jun. 2023, <https://www.britannica.com/biography/Montgolfier-brothers>. Accessed 15 March 2024.
11. Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "Nadar". *Encyclopedia Britannica*, 8 Mar. 2024, <https://www.britannica.com/biography/Nadar>. Accessed 15 March 2024.
12. Çabuk, A., Deveci A., Ergincan F. (2007.) Improving heritage documentation. *GIM International*, 21:1-2.
13. Chasseaud, P. (2018): British military mapping on the Western Front 1914–18. *International Journal of Cartography*, 4(3), 245–271.
14. Chen, H., Lan, Y., Fritz, B., Hoffmann, C., ShengboL. (2021): Review of agricultural spraying technologies for plant protection using unmanned aerial vehicle (UAV). *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 14. 38-49. 10.25165/j.ijabe.20211401.5714.

15. Chen, L., Xu, Z. (2023): Optimal paths for UAV multi-express full delivery in 3D modeling. *Theoretical and Natural Science*. 25. 120-126. 10.54254/2753-8818/25/20240941.
16. Chufeng, W., Xu, S., Yang, C., You, Y., Zhang, J., Kuai, J., Xie, J., Zuo, Q., Yan, M., Du, H., Ma, N., Liu, B., You, L., Wang, T., Wu, H., (2024): Determining rapeseed lodging angles and types for lodging phenotyping using morphological traits derived from UAV images. *European Journal of Agronomy*. 127104. 127104. 10.1016/j.eja.2024.127104.
17. Connor, D.T., Wood ,K., Martin, P.G., Goren, S., Megson-Smith D., Verbelen Y., Chyzhevskiy I., Kirieiev S., Smith N.T., Richardson T., Scott T.B., (2019): Radiological Mapping of Post-Disaster Nuclear Environments Using Fixed-Wing Unmanned Aerial Systems: A Study From Chornobyl. *Front Robot AI*. 2020 Jan 17;6:149. doi: 10.3389/frobt.2019.00149. Erratum in: *Front Robot AI*. 2020 Feb 28;7:30. PMID: 33501164; PMCID: PMC7805860.
18. Crusiol, L., Nanni, M., Herrig F.R., Cezar, E., Silva, G. (2020): Reflectance calibration of UAV-based visible and near-infrared digital images acquired under variant altitude and illumination conditions. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 18. 100312. 10.1016/j.rsase.2020.100312.
19. Dodiya, R.D., Barad, A.H., Pathan, N.P., Raghunandan, B.L. (2023): Trichogramma: a Promising Biocontrol Agent. 10.23910/2/2023.526.
20. del Cerro, J., Cruz Ulloa C., Barrientos, A., e León Rivas, J. (2021.): Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Survey. *Agronomy* 11, no. 2: 203. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020203>
21. Dissanayake, D., Herath, V.R., Godaliyadda, G.M., Ekanayake, M. P., Bandara, C. Prabhath, G. W. (2019): Design of a Multispectral Imaging System for Industrial Applications. 10.13140/RG.2.2.36834.68800.
22. [http 10 https://www.droneii.com/product/drone-market-report-2020-2025](http10https://www.droneii.com/product/drone-market-report-2020-2025) Droneii. (2020). The Drone Market Report 2020-2025. Droneii. 2024. 03. 08.
23. Eke, I. (2004): 50 éve alakultak a megyei növényvédő állomások *Növényvédelem* 40 (1) 1
24. Erdelj, M., Natalizio, E., Chowdhury, K. R., Akyildiz, I. F. (2017): Help from the Sky: Leveraging UAVs for Disaster Management. *IEEE Pervasive Computing*, 16(1), 24–32.
25. Gamon J.A., Surfus J.S. (1999): Assessing leaf pigment content and activity with a reflectometer. *New Phytol*. 1999;143(1):105–17. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1999.00424.x>.
26. Gitelson A.A., Kaufman Y.J., Stark R., Rundquist D. (2002) Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote Sens Environ*. 2002;80(1):76–87. [https://doi.org/10.1016/s0034-4257\(01\)00289-9](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(01)00289-9).
27. Gitelson A.A., Vina A., Arkebauer T.J., Rundquist D.C., Keydan G., Leavitt B. (2003): Remote estimation of leaf area index and green leaf biomass in maize canopies. *Geophys Res Lett*. 2003;30(30):335–43. <https://doi.org/10.1029/2002gl016450>.
28. [http1 https://www.lookandlearn.com/history-images/M442196/Nadar-elevating-photography-to-the-level-of-art-1862](http1https://www.lookandlearn.com/history-images/M442196/Nadar-elevating-photography-to-the-level-of-art-1862) 2024. 03. 15.
29. [http10 https://www.lidrone.hu/DJI-Mavic-3-Multispectral-dron](http10https://www.lidrone.hu/DJI-Mavic-3-Multispectral-dron) 2024. 04. 13.

30. http11 <https://www.djiars.hu/products/dji-air-2s-dron> 2024. 04. 13.
31. http2 <https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSR1r-HyC8FgxFXkbGyo4gzM11Ai7o3jCqjZDTpFd0tHumBn5Re> 2024. 03. 16.
32. http3 <https://thebignote.com/2023/11/03/french-flanders-neuve-chapelle-part-four-neuve-chapelle-war-memorial/> 2024. 03. 15.
33. http4 <https://grahamthomasauthor.wordpress.com/2023/11/15/the-worlds-first-drone/> 2024. 03. 15.
34. http5 <https://www.meforum.org/58937/how-israel-became-a-leader-in-drone-technology> 2024. 03. 15.
35. http6 Johnson, The Guardian (2010) CES: iPhone-controlled drone unveiled at tech show curtain-raiser <https://www.theguardian.com/technology/2010/jan/06/ces-iphone-controlled-drone>
36. http7 <https://encyclopedia.pub/entry/43656> 2024. 03. 23.
37. http8 <https://verticalmag.com/news/faagrantsexemptiontounmannedyamaharmaxhelicopter/> 2024. 03. 16.
38. http9 <https://enfo.hu/node/10940> 2024. 04. 01.
39. <https://enfo.hu/node/10940> 2024. 04. 07.
40. Hu, P., Ruirui Z., Jiaxuan Y., Liping C. (2022): Development Status and Key Technologies of Plant Protection UAVs in China: A Review Drones 6, no. 11: 354. <https://doi.org/10.3390/drones6110354>
41. Huang, X., Shun Z., Chengming L., Wencheng L., Yitao L. (2020): Design and Experimentation of an Aerial Seeding System for Rapeseed Based on an Air-Assisted Centralized Metering Device and a Multi-Rotor Crop Protection UAV Applied Sciences 10, no. 24: 8854. <https://doi.org/10.3390/app10248854>
42. Hunt, E., Cavigelli, M., Daughtry, C., Mcmurtrey, J., Walthall, C. (2005): Evaluation of Digital Photography from Model Aircraft for Remote Sensing of Crop Biomass and Nitrogen Status. Precision Agriculture. 6. 359-378. 10.1007/s11119-005-2324-5.
43. Irschara, A., Kaufmann, V., Klopschitz, M., Bischof, H., Leberl, F., (2010): Towards fully automatic photogrammetric reconstruction using digital images taken from UAVs. Proc. ISPRS Symposium, 100 Years ISPRS - Advancing Remote Sensing Science.
44. JABLONOWSKI, J. (1913): A MEZEI POCKOK (EGEREK) ELLEN VALÓ VÉDEKEZÉS TEKINTETTEL KÖTELEZŐ TAVASZI IRTÁSUKRA. PALLAS RÉSZVÉNYTÁRSASÁG KÖNYVSAJTÓJA BUDAPEST pp. 5-10
45. Jenser, G., Mészáros, Z., Sáringer, Gy. (2003): A szántóföldi és kertészeti növények kártevői: Káros és hasznos állatok (2003) Mezőgazda Kiadó Budapest pp. 414-415
46. Velumani, K., Lopez-Lozano R., Madec, S., Guo, W., Gillet, J., Comar, A., Baret, F. (2021): Estimates of Maize Plant Density from UAV RGB Images Using Faster-RCNN Detection Model: Impact of the Spatial Resolution. Plant Phenomics. 2021;2021:DOI:10.34133/2021/9824843

47. Kapustina, L., Izakova, N., Makovkina, E., Khmelkov, M. (2021): The global drone market: main development trends. In: SHS Web of Conferences 129, 11004 (2021) Globalization and its Socio-Economic Consequences 2021
48. Kientzy, D., Ellis, C., Massey, R. (2023): Selecting cover crop seeding machinery <https://extension.missouri.edu/publications/g1209> 2024. 03. 30.
49. Lancashire, P.D., Bleiholder, H., Boom, Tvanden, Langeluddeke, P. , Stauss, R., Weber, E., Witzemberger, A. (1991): A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. The Annals of Applied Biology. 1991 Dec;119(3):561-601. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1991.tb04895.x.
50. Lashari, H. N., Ali, H.M., Massan, S.U.R. (2019): Applications of unmanned aerial vehicles: a review. 10.17993/3ctecno.2019.specialissue3.85-105.
51. Deng, L., Mao, Z., Li, X., Hu, Z., Duan, Yanan, F., Yan, Y. (2018): UAV-based multispectral remote sensing for precision agriculture: A comparison between different cameras, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 146 pp. 124-136.
52. Liu, W., Zou, S., Xu, X., Gu, Q., He, W., Huang, J., Luo, X. (2022): Development of UAV-based shot seeding device for rice planting. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 15(6), 1-7.
53. Liu, W., Zou, S., Xu, X., Gu, Q., He, W., Huang, J., Huang, J., Lyu, Z., Lin, J., Zhiyan, Z., Jiang, R., Luo, X. (2022): Development of UAV-based shot seeding device for rice planting. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 15. 1-7. 10.25165/j.ijabe.20221506.7301.
54. Lorenz, S., Zimmermann, R., Gloaguen, R. (2017): The Need for Accurate Geometric and Radiometric Corrections of Drone-Borne Hyperspectral Data for Mineral Exploration: MEPHySTo—A Toolbox for Pre-Processing Drone-Borne Hyperspectral Data. Remote Sensing. 9. 10.3390/rs9010088.
55. Lottes, P., Khanna, R., Pfeifer, J., Siegwart, R., Stachniss, C. (2017): UAV-Based Crop and Weed Classification for Smart Farming. 10.1109/ICRA.2017.7989347.
56. Marincic, A., Budimir, D. (2008): Tesla's multi-frequency wireless radio controlled vessel. 24 - 27. 10.1109/HISTELCON.2008.4668708.
57. Marzuki, O. F., Teo, E., Rafie, A. (2021): THE MECHANISM OF DRONE SEEDING TECHNOLOGY: A REVIEW. Malaysian Forester. 84. 349-358.
58. Mikes, R.C. (1973): Japan's World War II balloon bomb attacks on North America. Smithsonian Annals of Flight, (9) 1–85. <https://doi.org/10.5479/si.AnnalsFlight.9>.
59. Mndela, Y., Ndou, N., Nyamugama, A. (2023): Irrigation Scheduling for Small-Scale Crops Based on Crop Water Content Patterns Derived from UAV Multispectral Imagery. Sustainability 2023, 15, 12034. <https://doi.org/10.3390/su151512034>
60. Nguyen, C., Sagan, V., Skobalski, J., Severo, J.I. (2023): Early Detection of Wheat Yellow Rust Disease and Its Impact on Terminal Yield with Multi-Spectral UAV-Imagery. Remote Sensing. 2023; 15(13):3301. <https://doi.org/10.3390/rs15133301>
61. Olson, D., Anderson, J. (2021): Review on unmanned aerial vehicles, remote sensors, imagery processing, and their applications in agriculture. Agronomy Journal. 2021; 113:1–22. <https://doi.org/10.1002/agj2.20595>

62. Ouédraogo, M.M., Degré, A., Debouche, C., Lisein, J. (2014): The evaluation of unmanned aerial system-based photogrammetry and terrestrial laser scanning to generate DEMs of agricultural watersheds. *Geomorphology*. 214. 339–355. 10.1016/j.geomorph.2014.02.016.
63. Perreault, M., Behdinan, K. (2021): Delivery Drone Driving Cycle. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 70(2), 1146-1156.
64. Plaza, J., Sánchez, N., García-Ariza, C., Pérez-Sánchez, R., Charfolé, F., Caminero-Saldaña, C. (2022): Classification of airborne multispectral imagery to quantify common vole impacts on an agricultural field. *Pest Manag Sci*. 2022 Jun;78(6):2316-2323. doi: 10.1002/ps.6857. Epub 2022 Mar 16. PMID: 35243753; PMCID: PMC9313580.
65. PRISACARIU, V. (2022): A BRIEF HISTORY OF UAVs IN THE 1970s. *Scientific Research & Education in the Air Force-AFASES*, 2022.
66. Garcia Carrillo, L. R., Dzul, A. Lozano, R., Pégard, C. (2012). *Quad Rotorcraft Control. Vision-Based Hovering and Navigation*. Springer: London,UK, 2013.
67. Rouse, J.W, Haas, R.H., Scheel, J.A., and Deering, D.W. (1974): Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium*, vol. 1, p. 48-62
68. Sato, A. (2003): The RMAX helicopter UAV. 11. YAMAHA MOTOR CO., LTD., Shizuoka, Japan
69. Schreiber, B., Lyon, D., Martin, E., Confer, H. (2002): Impact of Prior Flight Experience on Learning Predator UAV Operator Skills. 65.
70. Sehsah, E. M. E. (2012): STUDY ON HELICOPTER AERIAL SPRAYING UNDER FIELD CANOLA CONDITIONS. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 29(3), 893-910.
71. Liu, S., Li, L., Gao, W., Zhang, Y., Liu, Y., Wang, S., Lu, J. (2018): Diagnosis of nitrogen status in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) using in-situ hyperspectral data and unmanned aerial vehicle (UAV) multispectral images. *Computers and Electronics in Agriculture*. (151), pp. 185-195,
72. Song, C., Wang, Q., Wang, G., Liu, L., Zhang, T., Han, J., Lan, Y. (2023): Study on the Design and Experiment of Trichogramma Ball Delivery System Based on Agricultural Drone. *Drones*. 2023; 7(10):632. <https://doi.org/10.3390/drones7100632>
73. Sreeram, S., Shanmugam, L. (2018): Autonomous Robotic System Based Environmental Assessment and Dengue Hot-Spot Identification. 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe).
74. Stafford, J. V. (2000). Implementing precision agriculture in the 21st century. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 76, 267–275.
75. Tahar, K.N. ,Kamarudin S. (2016): UAV ONBOARD GPS IN POSITIONING DETERMINATION. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XLI-B1. 1037-1042. 10.5194/isprs-archives-XLI-B1-1037-2016.
76. U.S. Government Publishing Office (2006.) *UNMANNED AERIAL VEHICLES AND THE NATIONAL AIRSPACE SYSTEM* (109-60) HEARING BEFORE THE

SUBCOMMITTEE ON AVIATION OF THE COMMITTEE ON TRANSPORTATION AND
INFRASTRUCTURE HOUSE OF REPRESENTATIVES ONE HUNDRED NINTH
CONGRESS SECOND SESSION MARCH 29, 2006

77. Wang, X., Wang, M., Wang, S., Wu, Y. (2015): Extraction of vegetation information from visible unmanned aerial vehicle images. *Trans Chin Soc Agric Eng.* 2015;31(5):152–9. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2015.05.022>.
78. WEBER E., H. BLEIHOLDER (1990) Erläuterungen zu denBBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien vonMais, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse – mitAbbildungen. *Gesunde Pflanzen* 42,308-321.
79. Zhang, C., Kovacs, J. (2012): The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precision Agriculture*. 13. 10.1007/s11119-012-9274-5.

9. Ábrák és táblázatok jegyzéke

9.1 . Az irodalmi áttekintés fejezetben szereplő ábrák

1. ábra: Souvenirs d'Artistes 1962-es litográfiája az első légifelvételeket készítő Nadal-ról	3
2. ábra: Alfred Nobel rakéta kamerájával készült légi felvétel 1897-ből.....	4
3. ábra: Az első ortomozaik, mely 1915. április 24-én készült	4
4. ábra: Egy képeslapon a „Queen Bee” és a kezelője	5
5. ábra: Az 1973-mas Tadiran Mastiff	5
6. ábra: Drónok csoportosítása a szárnyaik típusa szerint	6
7. ábra: Yamahar RMAX.....	9
8. ábra: A mezei pocok	12

9.2. Az anyag és módszer fejezetben szereplő ábrák

9. ábra: A vizsgálati helyszínek ESRI SAT (frissítve 2024. március 28-án) felvételre vetítve.....	13
10. ábra: Mezei pocok által megrágott repce és pocoklukak a megritkított állományban (Fejér megye, 2024. 03.01.) és a pocokok által megkímélt terület (Pest megye, 2023. 03.05.)	14
11. ábra: A felvételezéshez használt drónok DJI Mavic 3M (balra) DJI Mavic Air 2 S (jobbra).....	14
12. ábra: A Tolna megyei terület felvételezésének útvonala és beállításai a DJI Flight alkalmazásban	15
13. ábra: Az egyes fotók helyzete és a kötési pontok a sorba rendezést követően	16
14. ábra: A küszöbérték meghatározásához létrehozott feltanító poligonok és az ellenőrző négyzetek az 1 ha-os mintaterületen a Mavic 3M RGB felvételein	20
15. ábra: Azonos teszt négyzetek az Air 2 S felvételén	20
16. ábra: A küszöbérték vizuális vizsgálata – az NDVI (felül) és az NDRE (alul) alapján számított bináris raszter 50%-os átlátszósággal az RGB felvételre vetítve	21

9.3. Az eredmények fejezetben szereplő ábrák

17. ábra: A Mavic 3M (fent) és az Air 2 S (lent) RGB kamerás felvételeiből illesztett valós színes ortomozaikok.....	23
--	----

18. ábra: A Mavic 3M különböző spektrális kameráival rögzített csatornák és az RGB (középső sor Mavic 3M RGB, alul Air 2 S) kamerák csatornánkénti monokróm és az RGB valószínűs kompozitok	24
19. ábra: A vegetációs indexek hamis színes ábrázolása min (piros) – max (zöld) értékekre szétbúzva.....	25
20. ábra A Különböző vegetációs indexek minimum, maximum, átlag és szórás értékei az 1 ha-os mintaterületen.....	26
21. ábra: A feltanító poligonokra talaj (_T) és növény (_N) eső rászteres állomány pixeleinek értékei az eltérő vegetációs indexek és felvételezési módok esetén	27
22. ábra A különböző indexekre meghatározott küszöbértékek, és küszöbértékek alapján végzett osztályozás pontossága a teszt négyzetekre elvégzett övezet-statisztika alapján	28
23. ábra A Tolna megyei területéről készült Mavic 3M RGB felétele, valamint a különböző indexek és hozzájuk tartozó küszöbértékek alapján létrehozott bináris rászterek	30
24. ábra A Pest megyei helyszínen készült ortmozaik (egy része) és a bináris rászter ...	31
25. ábra A Fejér megyei állományról készült ortmozaik és a bináris rászter.....	32
9.4 . Táblázatok	
1. táblázat: A felvételezett állományok legfontosabb paraméterei	13
2. táblázat: A felvételezési és repülési paraméterek	15
3. táblázat: A vizsgálat során kiszámított indexek	18
4. táblázat: A teljes Tolna megyei tábla növényi borítottsága a különböző indexek alapján és a borítási értékek egymáshoz viszonyított eltérései	30
5. táblázat: A Pest és Fejér megyei állományok borítási értékeihez használt indexek és küszöbértékek a pontosságukkal	31
6. táblázat: A Fejér és Pest megyei állományok borítási értékeihez használt indexek és küszöbértékek a pontosságukkal	32

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Trugly Bence Mátyás
A Hallgató Neptun kódja: CT9E4L
A dolgozat címe: Monitoring drónok gyakorlati felhasználásának értékelése állományvizsgálatok során, különös tekintettel a mezei pocok kártételére
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Környezettudományi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Talajtani Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² 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 állítottam, 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 repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: Gödöllő, 2024. 04. 22.


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

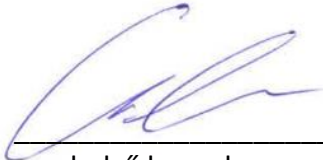
NYILATKOZAT

Trugly Bence Mátyás (hallgató Neptun azonosítója: CT9E4L) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre javaslom / **nem javaslom**².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Gödöllő, 2024.04.22.



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.