



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

UAV-k mezőgazdasági célú alkalmazása

OE-AMK

Hallgató neve: Hauber Roland Péter

2023

Hallgató törzskönyvi száma: T000508/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Hauber Roland Péter

Szaktervezési szám: [REDACTED]

Törzskönyvi szám: T000508/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: UAV-k mezőgazdasági célú alkalmazása

A dolgozat címe angolul: Application of UAVs for agricultural purposes

A feladat részletezése:

Átfogóan ismertesse az UAV-k mezőgazdasági alkalmazási lehetőségeit!

Végezze el egy kiválasztott mintaterület fényképezését UAV technológia alkalmazásával! A felvételekből készítsen ortofotó-mozaikot, majd végezzen képelemzést, jelenítse meg a mintaterület különböző növényindexeit!

Mutasson be példát a mezőgazdasági táblán belül kimutatható esetleges anomáliákra!

Összegezze a munka során szerzett tapasztalatait!

Intézményi konzulens neve: Balázsik Valéria

A kiadott téma elévülési határideje: 2026. 02. 10.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szaktervezési szám: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 25.



[Signature]

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2023. 12. 15.

[Signature]

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Székesfehérvár, 2023. december 14.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	6
2. Pilóta nélküli repülő eszközök	8
2.1. Bevezetés	8
2.2. Drónok első felhasználási területei.....	8
3. Pilóta nélküli légi járművek osztályozása és jellemzése	10
4. Drónok alkalmazhatósági területei.....	12
4.1. Drónok helyzete napjainkban	12
4.2. Drónok előnyei	13
4.3. Infrastruktúra építésben	14
4.4. Környezetvédelmi célú felhasználás	14
4.5. Drónok alkalmazási lehetősége a mezőgazdaságban	15
4.6 Erdőgazdálkodás.....	16
5. Precíziós mezőgazdaság.....	18
5.1. Precíziós mezőgazdaság fogalma, jellemzői	18
5.2. Mezőgazdaságban alkalmazott távérzékelési szenzorok.....	20
5.2.1. Távérzékelésről általánosan.....	20
5.2.2. Légi távérzékelés alkalmazása a mezőgazdaságban.....	24
5.2.3. Alkalmazható kamerák	25
5.3. Vegetációs index térképek.....	27
5.3.1. NDVI index	28
5.3.2. GNDVI index.....	29
5.3.3. NDRE index.....	29
5.3.4. OSAVI index	30
5.3.5. EVI index.....	30
5.3.6. SR index.....	30
6. Mintaterületek drónnal történő légi felvételezése és kiértékelése.....	31
6.1. Babót.....	31
6.1.1. A repüléshez szükséges munkafolyamatok előkészítése	31
6.1.2. Repülés előkészítése	32
6.1.3. Felvételezéshez használt drón specifikációi	33
6.1.4. A repülési útvonal megtervezése	34
6.1.5. A felvételek feldolgozása	37

6.2. Komárom.....	41
6.2.1. Repülés előkészítése	41
6.2.2. Repülés előkészítése és a repülési terv	42
6.2.3. A felvételek kiértékelése.....	43
7. Összegzés	52
8. Summary	54
9. Irodalomjegyzék.....	55
10. Ábrajegyzék	57
11. Táblázatjegyzék.....	59

1. Bevezetés

A mezőgazdaság, azon belül a szántóföldi növénytermesztés iránti érdeklődésemből kifolyólag a szakdolgozatom témájának az „UAV-k a mezőgazdaságban” történő felhasználása témát választottam. Számomra ennek a témának a feldolgozása lehetőséget adott a földmérés és a mezőgazdaság szakterületek közötti összekapcsolásra. Mint mai trend a drón számos ágazatban úttörő szerepet tölt be és a köztudatban is nagy hangsúlyt kap. Érdeklődésemből kifolyólag elvégeztem az „A1” és „A3” típusú „nyílt műveletek” végrehajtásához szükséges tanfolyamot, melynek eredményeként távpilóta engedélyt szereztem.



1. ábra: Távpilóta engedélyem

A drón vagy más néven pilóta nélküli légi jármű (UAV- Unmanned Aerial Vehicle), olyan innovációs lehetőségeket nyújt, amellyel a jelenleg ismert mezőgazdasági ágazatot átformálja. Hazánkban folyamatosan azon dolgoznak, hogy a megfelelő, precíz és pontos jogszabályi háttér elkészüljön a pilóta nélküli légi járművek lehetséges alkalmazásairól. Napjainkban újabb lehetőség nyílt meg a tulajdonosok számára, a „Mospilan 20 SG” fungicid hatású növényvédőszer kijuttatását engedélyezték drónnal történő kijuttatásra. [1]

Az UAV, amit a köznyelv drónnak nevez, olyan repülési eszközrendszer, amely emberi pilóta nélkül önállóan vagy földről vezérelt távirányítás segítségével képes repülni és manőverezni. Képes hasznos teher szállítására egy adott feladat elvégzése érdekében pl.: kamerákat, permetezőrendszert stb. A drónon elhelyezett kamerákon keresztül képesek vagyunk az általa rögzített adatok kiértékelésére. Az elemzés segítségével időbeni intézkedést

lehet hozni rovarkártevők, betegségek, aszály stb. megelőzésére, szükség szerint műtrágya használatára és az öntözés lehetőségének használatára stb. egy jobb és kiszámíthatóbb termés hozam elérése érdekében.

A szakdolgozatomban ismertetésre kerül a pilóta nélküli légi járművek általános történeti áttekintése, illetve ezeknek az eszközöknek a tulajdonsága, osztályozása és általános besorolása szerinti csoportosítási lehetőségek.

Röviden bemutatásra kerül a precíziós mezőgazdaság szerepe és jelentősége napjainkban, emellett összehasonlításra kerül a hagyományos mezőgazdaság a precíziós mezőgazdasággal.

A dolgozatban részletesen ismertetem a pilóta nélküli légi járművek különböző felhasználási lehetőségeit a precíziós mezőgazdaságban, mellyel egy jobb és kiszámíthatóbb termésátlagot érhetünk el időbeni intézkedésekkel.

A dolgozat befejező részében bemutatásra kerül az általam választott területeken történő felvételezés és azok kiértékelése. Részletesen ismertetem a felmérés helyszínét és idejét, a repüléshez használt drón típusát és tulajdonságait, a repülési útvonal megtervezésének fontosságát, ezek mellett a felvételek feldolgozásának lépéseit és felvételezésekből származó kiértékelt eredményeket.

A dolgozatot egy összegzéssel zárom, melyben a felmérés közben szerzett szakmai tapasztalatokról számolok be.

2. Pilóta nélküli repülő eszközök

2.1. Bevezetés

A pilóta nélküli légi járművet (UAV) a köznyelvben drónnak nevezzük. Az UAV egy repülési rendszerből álló eszköz, ami emberi pilóta nélkül is képes a levegőben repülésre és manőverezésre, illetve képes teljesen automatikusan előre beállított útvonal repülésére is földi irányítással.

Napjainkban a UAV-k széleskörű felhasználása jellemző a különböző iparágakban, ilyen például: katonai, kereskedelmi, kutatási, közszolgálati és a polgári célú alkalmazása. Az önvezérlésű drónok használata könnyű és élvezetes, ezért a használata igen népszerű a fiatalok körében. A pilóta nélküli légi járműveknek azonban rengeteg változatos alkalmazásával találkozhatunk. Az elfogadott történelmi feljegyzés szerint a katonaságban először 1849-ben használtak UAV-t, amikor Ausztria megtámadta Velencét egy pilóta nélküli léggalonnal. A jelenlegi kutatások az UAV-k vezérlési problémáinak tökéletesítésére, valamint az AI technológiájának alkalmazására irányulnak.

Az utóbbi időben nagy érdeklődést váltottak ki a pilóta nélküli légi eszközök, mivel számos területen alkalmazhatók a legkülönbözőbb feladatokra. Polgári és katonai célokra egyaránt használják, például a mezőgazdaságban, határőrizet területén, fontos szerepet tölt be a nagyméretarányú távérzékelés adatnyerésében stb. Ezek mellett a gyártók folyamatosan figyelik a felhasználói igényeket. Számukra fontos a piaci igények minden szintű kielégítése, ezért innovatív módszerekkel igyekeznek a saját termékeiket fejleszteni. [2]

Manapság számos olyan gyakorlati példával rendelkezünk, ahol a drónok alkalmazásával végzett munkák szolgáltatásként vehetőek igénybe. Feltételezhetjük, hogy ennek a technológiának a használatával napról napra új szolgáltatási lehetőségek nyílnak meg. Figyelemmel kísérhetjük, hogyan nyújtanak egyszerűbb és akár olcsóbb megoldásokat, olyan eddigi kihívásokra, amelyeket idáig hosszadalmas és kemény munka révén tudtunk megvalósítani. A fejlődésnek köszönhetően a felhasználási területek egyre bővülnek, ezért nem meglepő, hogy a mezőgazdaságtól kezdve, az ipari munkálatokon át a polgári szabadidős felhasználásig jelentősen nőtt a szerepe.

2.2. Drónok első felhasználási területei

Az első dokumentált bizonyíték a pilóta nélküli légi járművek használatára 1849-ben történt, amikor Franz von Juhatik – az osztrák tüzérség hadnagya – megtámadta az olaszországi Velence városát. Azt az ötletet gondolta ki, hogy leggömbökön elhelyezett különböző

mechanizmusok segítségével, a megfelelő időben a szállított repeszbombák ledobásra kerülnek a városra. Kívánt eredményeket a bombázás nem hozott, viszont pánik keltésére sikeres volt a velenceiek körében. [3]

A mai széles körben elfogadott nézetek alapján a pilóta nélküli repülésnek a kezdetét az 1980-as évekre tehetjük. Otto Lilienthal – repülés német úttörője – pilóta nélküli siklórepülőkkal kísérletezett. A siklórepülők segítségével vizsgálta a könnyűszerkezetes és a felhajtóerőt létrehozására alkalmas szárnyas modelleket. Ebben az időben a kezdetlegesség miatt a pilóta nélküli repülőgépmodellek eseteiben a pilóta nélküli tesztelés volt elterjedt a balesetek és a sérülések elkerülése végett.

Vele azonos időben 1986-ban Samuel P. Langley, olyan gőzhajtású repülőgépekkel kísérletezett, amiket katapultrendszerrel indított. Ezt a kilövési eljárást sok mai drón indítására is használják. Az általa épített pilóta nélküli légijármű az „Aerodrome” több mint 1,5 km táv megtételére volt képes. Ez az esemény fontos mérföldkő volt a repüléstörténetben, mivel sikeres hosszútávú repülés történt, amit egy hajtóművel felszerelt pilóta nélküli repülőgéppel ért el.

A következő hatalmas áttörést Lawrence Sperry érte el, akit a robotpilóta atyjaként vált ismertté. A giroszkóp feltalálása és annak felhasználása segítségével megalkotta az első robotpilótákat, ez technikai újítás segítségével szolgált a pilótáknak a repülőgépek irányításában. További fejlesztések után az általa alkotott robotpilóta képes volt egyenes vonalon és beállított magasságba tartani a repülőgépet, ezzel a technikai újítással megkönnyítette a pilóták munkáját.

A két világháború között a fejlesztések leálltak, viszont az intenzív ütemben fejlődő rádiófrekvenciás technológiának köszönhetően a repülőgépek távirányítása könnyebbé vált.

A második világháború alatt Németországban hatalmas fejlődésen mentek keresztül a pilóta nélküli repülőgépek fejlődése. Legismertebb fejlesztésük a Fiesler V-1 szárnyasrakéta volt, ami „zümmögő bomba” -ként volt ismert a sugárhajtóművéből jövő hang miatt. [4]

3. Pilóta nélküli légi járművek osztályozása és jellemzése

Merev szárnyú drónok

A merev szárnyú drónokhoz sorolhatóak a legalapvetőbb típusok. Ezek merev szárnnal rendelkeznek, melyek felhajtóerőt generálnak. A felhajtóerő fő generátora a szárnyak a propellerek helyett. A vázszerkezetét sárkányszerkezetnek hívják.

Előnyei

- egyszerűbb szerkezetűek, ezért könnyedén javítható és karbantartható
- aerodinamikailag stabil, ezért kitűnő siklórepülési képességgel rendelkezik
- az egyszerű szerkezet és az aerodinamikai adottságok miatt hosszabb akkumulátor élettartam

Hátrányai

- elsődleges mozgatórugói a szárnyak felhajtóerejéből ered, ezért a magasság fenntartásához folyamatosan mozgásban kell lennie, így lebegésre képtelen
- fel- és leszálláshoz külön kifutópálya szükséges

Levegőnél könnyebb rendszerek

Azok a légi járművek tartoznak ide, melyek a levegőbe való felhajtóereje miatt képesek repülni. A léggömböt vagy hőlégballont emelőgáz (pl.: hélium) segítségével egy zárt rendszerbe zárják majd erre szerelik fel a szerkezetet.

Előnyei

- a könnyű súly miatt képes gyorsan irányt változtatni mozgás közben és állóhelyzetben is
- a működtetésükhöz kis energiaszükségletet igényelnek
- ideálisak a helyhez kötött lebegéshez (pl.: megfigyelés)

Hátrányai

- kis súlyuk miatt rossz időjárási viszonyok mellett nehéz a működtetésük
- sérülékenyek külső erőhatással szemben
- nagy méretük miatt nem alkalmasak katonai használatra

Többrotoros multikopterek

A többrotoros drónok a legolcsóbb eszközök a légifelvételek készítéshez. A multikopter légsavarjainak meghajtása elektromotorokkal történik. Általában légsavaronként egy motor található, amelynek energiaellátásáról fedélzeti akkumulátor gondoskodik. Ideális polgári, ipari

és kereskedelmi célú felhasználásra. A legelterjedtebb eszközök a három-, négy-, hat- és a nyolcrotoros multikopterek.

Előnyei

- nincs szükség külön kifutópályára a fel- és leszálláshoz
- instabil kialakításuk ellenére is kellő odafigyeléssel pontos manőverezéseket lehet velük végrehajtani
- az egyes motorok fordulatszámának növelése és csökkentése bármilyen irányú mozgást lehetővé tesz
- minden esetben elég felhajtóerővel rendelkeznek a függőleges fel- és leszálláshoz

Hátrányai

- több hajtóművel rendelkeznek, ezért nagyobb energiaszükségletet igényelnek
- aerodinamikailag instabilak [2]



2. ábra: Többrotoros multikopter
(DJI Phantom 4 Multispektrál drón)
forrás: <https://www.dji.com/hu/p4-multispectral>

4. Drónok alkalmazhatósági területei

4.1. Drónok helyzete napjainkban

Az első hobbi célra alkalmas drónok megjelenéséhez az úgynevezett „Paparazzi UAV” projekt kapcsolódik, melyet 2003-ban engedtek útjára. Ennek a projektnek a célja egy nyílt forráskódú repülésvezérlő rendszer létrehozása volt. A fejlesztők közzé tették a forráskódokat és a repülésvezérlő programokat, ezáltal a drón felhasználók szabadon fejleszthetik, újabb funkciókkal bővíthetik a programot és lehetőségük nyílik a hibák kijavítására, illetve a hardvereket is tudják fejleszteni.

A hobbidrónok elterjedését kezdetben az korlátozta, hogy a fejlesztők nem felhasználóbarát felületet hoztak létre, hanem az automatikus repülés és a drón üzem közbeni stabil megtartására helyezték ki a hangsúlyt.

Az ArduPilot nyílt forráskódú robotpilóta-projekt 2009 körül indult el, aminek fő célja többek között a drónok elérhetősége szélesebb felhasználói réteg számára. Mára az ArduPilot-nak a szoftverével képesek vagyunk bármely pilóta nélküli légi járművet irányítani. A rendszere képes arra, hogy rádióirányítással működő hagyományos légi járműveket drónná alakítsunk. [4]

A drónok alkalmazási területei folyamatosan bővülnek a különböző iparágakban. Fontos megjegyezni, hogy a drónok népszerűségének hátterében számos előny található, mint a változatos felszerelhetőség, széleskörben elterjedő felhasználási lehetőség, továbbá a piac által nyújtott sokrétű típusvariáció. További előnyeikhez sorolható, hogy a legtöbb modell elérhető GPS kapcsolattal, ennek a funkciónak köszönhetően az alkalmazás során pontos adatokat nyerhetünk a felvételezés során. A felmérés során a különböző felbontású és típusú kamerákon keresztül nagyon jó minőségű felvételeket tudunk készíteni. A gyártók törekednek arra, hogy a piaci igényeket minél jobban kielégítsék. Ilyen specifikációs tényezők a fizikai jellemzők, kialakítás és a felszerelhetőség. A gyártó cégek a megnövekedett termelés mellett, igyekeznek kiszolgálni a polgári, kereskedelmi, állami és kutatási igényeket. Ennek megfelelően változatosabb eszközparkot kínálnak és a kedvezőbb árazás is fontos szemponttá vált, illetve a versenyben maradás egyik nélkülözhetetlen tényezőjévé vált a drónok megbízhatósága.



3. ábra: Drónok alkalmazásának területei

forrás: https://kozzszov.org.hu/dokumentumok/UMK_2017/3/05_Dronok_a_kozszolgalatban.pdf

4.2. Drónok előnyei

A drónok fokozódó népszerűsége mögött számos előny található, melyek közül az egyik oldalon a széles körű alkalmazási lehetőségek állnak, másrésztől a széles típusválaszték és a változatos felszerelési lehetőség tartozik.

További előnyeihez sorolható, hogy a kisebb méretű drónokat, melyek polgári felhasználásra alkalmasak nem szükséges a reptetésük és kezelésük elsajátításához drága és időigényes tanfolyamokat és képzéseket elvégezni. A pilóta nélküli repülő eszközöket egyszerűen egy telefon vagy akár egy tablet segítségével könnyedén tudja a felhasználó üzemeltetni.

Típustól függetlenül reptetésük, fel- és leszállásuk viszonylag kis területet igényel. Ezért könnyedén indíthatóak akár kézből, mezőről, sűrű beépítettségű területről, anélkül, hogy szükség lenne fel- és leszállópálya kialakítására. [5]

A drónok igen hasznosak tudnak lenni olyan helyeken, ahová az ember egyáltalán nem tud eljutni, veszélyes a megközelítése vagy nem tudja a feladatot gyorsan (időben) és eredményesen elvégezni. A rajtuk lévő különböző fajtájú kamerákon keresztül könnyedén monitoringozhatók a terepviszonyok, akár százötven méteres magasságból is. A drónok különféle iparágakat tesznek biztonságosabbá, hatékonyabbá és termelékenyebbé, ideértve a mezőgazdaság, filmipar, logisztika, infrastruktúra építkezés stb.

4.3. Infrastruktúra építésben

A drónok az építkezési projekt tervezési szakaszától kezdve alkalmazhatók. A tervezési fázisban a pilóta nélküli légi jármű hatékonyan használható fel az építkezési terület pontos felmérésére és feltérképezésére. Ezeknek az adatoknak a birtokában jobb minőségű tervek készíthetők el. A minőségi tervek felhasználásával javul a termelékenység, miközben a költségek csökkennek. A tervezési fázisban az UAV-k kulcsfontosságú információkat gyűjthetnek az infrastruktúra tervezésének megvalósításához, emellett potenciálisan javítható az építkezés gördülékenysége. Az építkezés során a drónok használatával időt és költségeket takaríthatunk meg, mivel képesek az anyagok szállítására és az építkezés fázisait folyamatosan nyomon lehet vele követni. Azoknak az infrastruktúráknak a vizsgálatában is előnyös számunkra, melyeknek megközelítése nehezen kivitelezhető például hídrészek, magas tornyok és magas épületek tetejének ellenőrzésében. [6]

4.4. Környezetvédelmi célú felhasználás

A környezetvédelemben az UAV-k használatának fő célja, hogy az érintetlen természeti területeket és az ott élő állatfajokat zavartalanul megfigyelhessük. Emellett a segítségünkre szolgál a folyók és vizes élőhelyek monitorozására is, mivel ezeknek a helyeknek a megközelíthetősége nehezebb, emellett a levegőből nagyobb képben tudjuk vizsgálni az adott területet.

A nemzeti parkok és a természetvédők drónok alkalmazásával az állatok vándorlását, az állomány évi szaporulatát és az élőhelyeiket pontosan és egyszerűen tudják felmérni. Továbbiakban az UAV felhasználható az élőhelyeik felderítésére, a természeti változások nyomon követésére, az esetleges környezeti jellemzőkből bekövetkező populáció változások megfigyelésére.

Az eddigiekben alkalmazott hagyományos megoldás, mint a személyzet által vezetett légi járművek használata, gyakran hatékonyabbnak bizonyul, de időnként negatív hatásokkal is járhat. A magas zajszint, a különböző ember által vezérelt légi járművek (helikopter, repülőgép) a méreteiből és repülésének jellemzőiből adódóan zavaró tényező az ott élő élővilág számára, ami a felvételezésre és az állatok megfigyelésére káros hatással van.

A vizes élőhelyek érintetlenégének megőrzése érdekében a pilóta nélküli légi járművek használata a leoptimálisabb megoldás az élővilág megfigyelésére. Az ilyen területeknek a megközelíthetősége nehezebb az ember számára, ezért is remek választás az UAV technológia alkalmazása. A folyóvizeinkbe engedett csatornákból kiáramló szennyvíz eltérő színe miatt

könnyedén azonosítható a levegőből. A drónok által rögzített felvételekből kiértékelt adatok alapján a szakemberek képesek megállapítani a szennyezés mennyiségét és minőségét. [7]

4.5. Drónok alkalmazási lehetősége a mezőgazdaságban

A precíziós növénytermesztésnek kulcsfontosságú eleme a talajból származó adatok szerint differenciált tápanyag-kijuttatás, a különböző tápanyag-ellátottságú területeknek a helyspecifikusan történő művelése és növényvédelme. Szintén jelentőséggel bír a betakarítás végeztével a hozamtérkép számítása. A drón technológiával készített felvételek feldolgozásával pontos képet nyerünk a terület aktuális állapotáról.

A drónok alkalmazása ezekben a tevékenységekben fontos szerepet tölt be, mert az általuk végzett terepi felvételezésekből pontos képet nyerünk a terület aktuális állapotáról. Figyelemre méltó tény, hogy a permetező drónok használatával akár 90% víz és 50% növényvédőszer megtakarítás is lehetséges.

A mezőgazdasági drónok felhasználásának előnyei között említhetjük, hogy hatékonyabbak, költség kímélőbbek, lehetséges az automatizálásuk és kis területen is jól használhatók, függetlenül a talaj állapotától. A dróntechnológiával végrehajtott légifelvételezés a jelenleg alkalmazott legolcsóbb adatszerzési módszer. A drónon elhelyezett kamerák cserélhetők, így mindig a célkitűzéshez megfelelő kamera szerelhető be, ezzel a lehetőséggel gyorsabban végezhetünk állapotfelmérést, mint a korábban alkalmazott technológiákkal.

Továbbá a drónok szerelhetőségének köszönhetően az eltérő szenzorok és kamerák cseréjével valós idejű és pontos képet nyerhetünk a kultúrnövény állapotáról. Ezzel a módszerrel az eredményeket jóval gyorsabban és egyszerűbben érhetjük el, mint a hagyományos technológiákkal véghez vitt állapotfelmérés esetén.

A megfelelő döntéstámogatáshoz nélkülözhetetlen a pontos adatgyűjtés. Az adatgyűjtéshez mezőgazdasági felvételező drón használatával képesek vagyunk a terület felmérésére, a kultúrnövény állapotának meghatározására, a stresszállapot és a tápanyag-ellátottság megállapítására, a belvíz felmérésére, a fagy- vagy aszálykár becslésre, a gyomnövények felmérésére, ezeken felül a vadkár becslésre. Ezekre a drónokra NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) szenzor van elhelyezve, amivel a vegetációs index mérését lehetséges elvégezni, illetve multispektrális, többcsatornás és hőkamerás kamerarendszer szerelhető fel. A nagyméretarányú adatnyeréssel már a kezdeti szakaszban fellelhetőek a kártevők gócpontjai és a kultúrnövények betegségei, még mielőtt szabad szemmel észrevennénk a kultúrnövényeken a tüneteket, ezáltal időbeni intézkedéseket tudunk tenni, mielőtt termés kiesés keletkezne vagy a kártevők nagymértékű kárt okoznának. A drón által

készített felvételek elemzésével kimutathatók, a tápanyag hiánya a földben, ezáltal a műtrágyakijuttatást optimalizálni lehet a helyszínen található kultúrnövények részére. Továbbiakban tő- és tőkeszámláláshoz lehetséges felhasználni a felvételezésre került területen található növényállományt, ennek az információnak a birtokában közelítőleg megbecsülhető a várható terméshozam. Ezeknek a felvételeknek a megléte nélkülözhetetlen a permeteződrón alkalmazásához. [8]



4. ábra: DJI Phantom 4 Multispektrál felvételezés közben

forrás: <https://www.dji.com/hu/p4-multispectral>

4.6. Erdőgazdálkodás

A pilóta nélküli légi járművekkel végrehajtott adatgyűjtés során, az összeállított ortomozaik elemzésével információhoz jutunk a fák egészségügyi állapotáról. Ilyen állapototényezők lehetnek, mint a károsító fertőzések felmérése, nedvességtartalom meghatározása és a felvételekből a holtfák mértékének feltárása. A fakorona állapotának felmérését gyorsan és költséghatékonyan tudjuk elvégezni az UAV eszköz használatával. Az erdőgazdálkodás további olyan területei, mint a vihar-, hó-, jég és tűzkárok elemzése, amiben fontos szerepet tölt be használatuk. Másrésről az újonnan telepített erdőknél egyszerűbben meghatározható a ki nem sarjadt fák száma és a vadkár mértéke.

Az NDVI és infravörös képek használatával, amivel megállapítható a képek elemzése során a vegetáció mértéke és a facsemeték növekedése. Az eltérő színeképekből és a lombozati jellemzőkből egyértelműen behatárolható a megbetegedett és elöregedett területek, másrésről

fény derülhet az engedély nélküli fakitermelésre. Az erdősítés projektek során lehetőségünk van a részletes tervezésre, a telepítendő növények helyét, sűrűségét és mennyiségének pontos meghatározását.

A hegyvidéki erdőkben a kötélpályák tervezésében is hasznos információkat tudunk gyűjteni a felvételezett adatok elemzésével. A hegyvidéki területen terepi szemle során nem feltétlenül tudunk számunkra minden fontos információt összegyűjteni, ami pedig a tervezés során nélkülözhetetlen lenne. Minden esetre a terepi felmérés és a drón által készített felvételekkel, olyan információhalmaz áll birtokunkban, melynek segítségével a megfelelő döntéstámogatás elérhető. [9]

Az erdőtüzek oltása során is fontos szerepet kapnak a pilóta nélküli légi járművek. Feladatuk elsősorban az erdőtüzek felderítése. A nagyobb teherbírású és méretű változatok a kezdődő oltási folyamatokban is részt vesznek, sok esetben eredményesen közreműködnek az oltási folyamatokban. A tűzoltáshoz alkalmazott drónok infravörös kamerával és hőkamerával, a nagyobb méretű változataik oltóanyag-tartállyal is fel vannak szerelve. A hőkamerán keresztül azonosítani lehet a forró pontok és tűzforrások pontos helyét. Az infravörös kamerával a tűzben rekedt emberek és állatok tartózkodási helyének feltérképezésére használhatjuk. Az oltóanyag tartály víz, hab, por vagy speciális folyadék tárolására alkalmas, amit a drónnal a tűzre tudunk kijuttatni. [10]



5. ábra: Tűzoltásra alkalmas drón

forrás: <https://agrarium7.hu/cikkek/2187-dronok-az-erdogazdalkodasban>

5. Precíziós mezőgazdaság

5.1. Precíziós mezőgazdaság fogalma, jellemzői

„A precíziós mezőgazdaság olyan gazdálkodási stratégia, amely összegyűjti és feldolgozza az időbeli, térbeli és egyedi adatokat, és más információk kiegészítésével támogatja a táblán belüli változatosságot kezelő gazdálkodási döntések folyamatát. Hatékonnyá téve ezáltal a rendelkezésre álló erőforrások felhasználásának folyamatát, a termelékenység produktivitását, a minőséget, a fenntartható gazdálkodást a mezőgazdasági termelés során.” [11]

A precíziós mezőgazdaság jellemzően a teljes gazdálkodási folyamatra kiterjed. Fontos szerepet kapnak az infokommunikációs megoldások, a számítógépes vezérlés és a pontos területi felmérések.

A kultúrnövények teljes termesztési folyamatának minden lépésében alkalmazható a precíziós művelés, kezdve a vetés előkészítéséhez szükséges talaj lazítástól egészen a betakarítás végeztéig. A talaj, mint a földi élet alapja, a növénytermesztés során elfoglalt helye napjainkban kiemelt fontosságúvá vált. A talajkímélő művelésnek a célja, hogy a talaj minőségét fenntartsuk és megőrizzük, ezzel a talajdegradációt mérsékelni tudjuk. A precíziós gazdálkodás és a talajkímélő művelés egymást kiegészítik a gyakorlatban, mivel mindkét fogalomhoz szükséges a gazdálkodó innovatív hozzáállása. Ez a gyakorlatban úgy valósul meg, hogy a gazdálkodó mindkettő alkalmazásával foglalkozik.

A precíziós gazdálkodás nemcsak gazdasági célokat szolgál, hanem társadalmi célokat is elősegít. Egyrészt hozzájárul az élelmiszer- minőség és -biztonság növekedéséhez, továbbá a környezetterhelés csökkentéséhez. Általánosan elfogadott, hogy a precíziós mezőgazdasági művelés igen hasznos, mivel alkalmazásával a környezetterhelés csökkenthető, másrészt elkerülhető a túlzott talajművelés és műtrágya kijuttatás. Számos olyan kihívásokra ad megoldást, mint a természeti adottságok kihasználása, hatékonyabb termelés, klímaváltozás, megnövekedett élelmiszer igény.

A speciális mezőgazdasági gépek és a szükséges informatikai háttér miatt jelentős méretű beruházást igényel, viszont elkezdéséhez nem feltétlen szükséges minden elemet a kezdetekben bevezetni. A hagyományos gazdálkodásról lehetőség van a precíziós alkalmazásokon működő rendszerre való fokozatos átálláshoz.

A hagyományos mezőgazdálkodás a földrészleten belüli táblát egységesen kezeli, ezáltal a területen homogén intézkedés valósul meg. Ez azt eredményezi, hogy nem minden területrészt kap ideális kezelést, műtrágyázás esetén lesznek túl- és alul trágyázott területrészek. A precíziós mezőgazdálkodás célja, hogy feltérképezze a táblán belüli heterogenitást és a

megfelelő mezőgazdasági beavatkozás alkalmazását tárja fel. Ennek a módszernek a hatékonysága különösen azokon a területeken mutatkozik meg, ahol a területen belüli eltérések kiemelkedőek. [12]

Az 1. táblázat jól szemlélteti a hagyományos és a precíziós mezőgazdaság legnagyobb különbségeit.

Hagyományos mezőgazdaság	Precíziós mezőgazdaság
Mezőgazdasági kezelési és szervezési egység a mezőgazdasági tábla, amelyet homogén termőhelyi tulajdonságnak fogadunk el.	Mezőgazdasági és szervezési egység a termőhely, amelyet pontról-pontra eltérőnek és táblaszinten heterogénnek fogadunk el
Átlagolt mintavételezésen alapuló tápanyag gazdálkodás	Műholdas helymeghatározás alapú pontszerű mintavételezés és adatgyűjtés (talaj- és növényállapot)
Átlagolt növényvédelmi kárfelvételezés és beavatkozás	Geostatistikai interpolálás alapján „homogénként” lehatárolt táblán belüli termőhelyi blokkok
Azonos töszám, fajta	Termőhelyenként változó gépüzemeltetés
Homogén vízgazdálkodás	Termőhely szinten homogén blokkokba szervezett egységes növényállomány térben és időben
Azonos gépüzemeltetés	Gazdasági értékelés alapja a termés megoszláson alapuló költség / jövedelem viszonyok
Táblaszinten egységes növényállomány térben és időben	Döntési alternatívák száma az elemzés során a térinformatikai eszközök révén a térbeli összefüggéseket kiemelten képes figyelembe venni
A gazdasági értékelés alapja a táblaszintű átlagtermésen alapuló költség / jövedelem viszonyok	

A döntési alternatívák száma az elemzés során viszonylag kevés, amely a térbeli összefüggéseket korlátozottan képes figyelembe venni	
Információs és kommunikációs eszköztár részfeladatokat támogat	

1. táblázat: Főbb különbségek a hagyományos és a precíziós gazdálkodás között

forrás: Prof. Dr. Tamás János: A precíziós mezőgazdaság szerepe, jelentősége

5.2. Mezőgazdaságban alkalmazott távérzékelési szenzorok

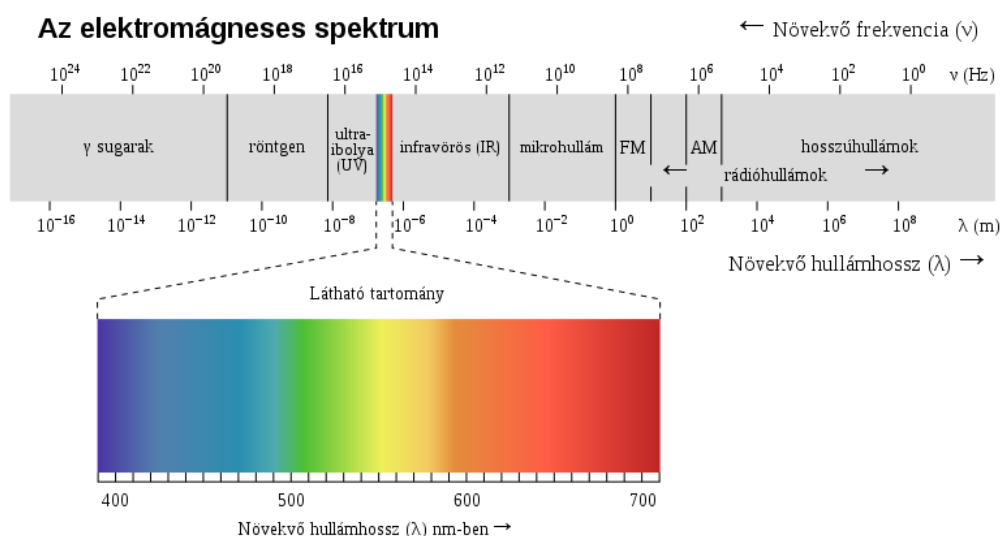
5.2.1. Távérzékelésről általánosan

„A távérzékelés egy sajátos adatnyerési eljárás, amelynek során a földfelszín vagy földfelszíni objektumok bizonyos sajátosságairól (pl. méret, anyagi összetétel stb.) anélkül jutunk adatokhoz, hogy a vizsgált tárggyal közvetlen kapcsolatba kerülnénk.”

Távérzékelés során a teljes elektromágneses spektrumtartomány csak egy meghatározott részét használjuk, mivel ezt a tartományt tovább szűkíti számos légköri jelenség. A különböző hullámhossz tartományokra eltérő fizikai törvények érvényesülnek, amelyeket figyelembe kell venni az érzékelő eszközök technikai kialakításakor.

A távérzékelés során leggyakrabban alkalmazott spektrális tartományok az alábbiak:

- Látható fény tartomány
- Infravörös tartomány
 - közeli infravörös
 - közepes infravörös
 - távoli infravörös
- Külön kategóriába tartozik a mikrohullámú tartomány



6. ábra: Elektromágneses spektrumtartomány

forrás: https://hu.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1that%C3%B3_spektrum#/media/F%C3%A1jl:EM_spectrum_hu.svg

A földfelszínre érkező elektromágneses sugárzások kölcsönhatásba lépnek a földfelszínnel és a rajta található objektumokkal. A kölcsönhatás eredményeként az energia egy része visszatükröződik, míg egy része elnyelődik, illetve tovább halad. A felszínen található tárgyak eltérő módon reflektálják, továbbítják és nyelik el az érkező energiát a különböző hullámhosszú tartományokban. Az energia tovább haladásának az iránya függ a felszínnel a típusától és az állapotától. Egyéb módosító tényezője a visszavert energiának a földfelszín érdességéből és simaságából történik. Tükörszerű visszaverés akkor valósul meg, amikor teljesen sima felületről verődik vissza az energia, tehát a besugárzás szöge megegyezik a visszaverődés szögével. Amikor az elektromágneses energia minden irányban egyenletesen reflektál, azt diffúz visszaverődésnek nevezzük.

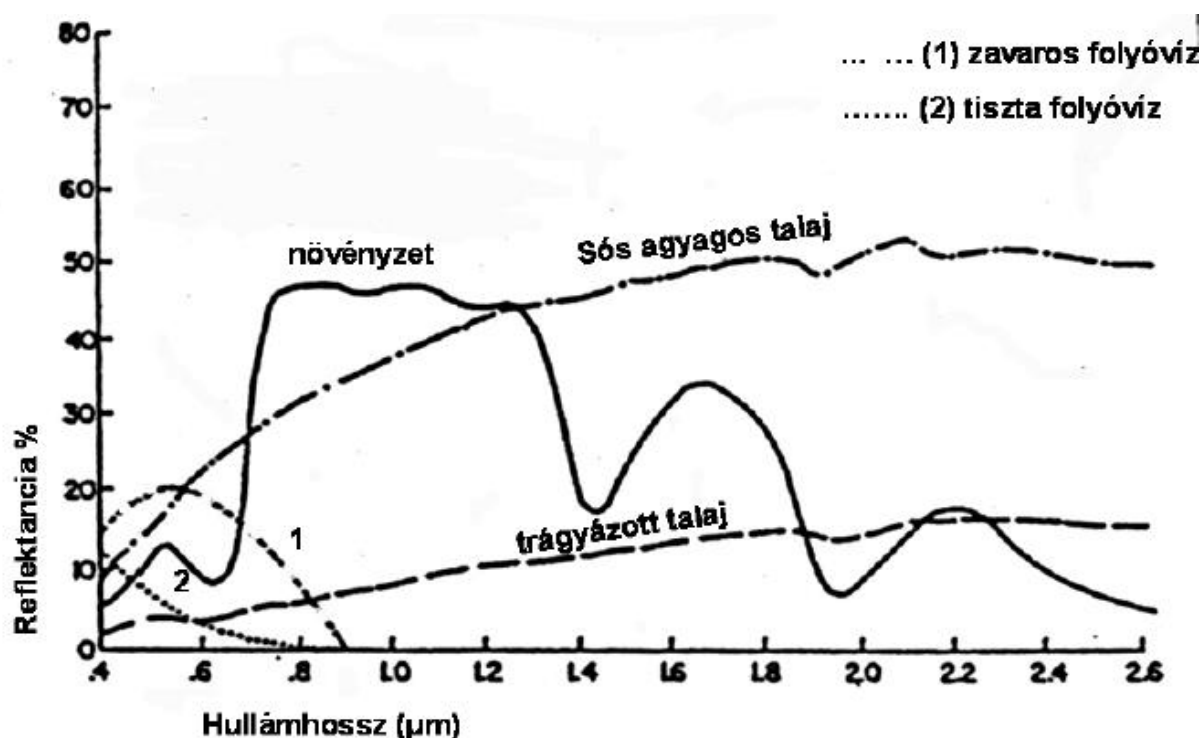
A felvételek elemzése során a módosult sugárzásból lehetséges meghatározni a vizsgált objektumok paramétereit. Talajfelszín esetén szükségünk van a spektrális jellemzőinek ismeretére, míg az objektumok jellemzésére a reflektancia értéket használjuk. A reflektancia értéke, megmutatja a vizsgált felszínre érkező és az arról visszaverődő energia hányadosát adott hullámhosszon, általában %-ban kifejezve.

$$R_{\lambda} = E_{v(\lambda)} / E_{b(\lambda)} \cdot 100$$

R – reflektancia, *E_v* – visszavert energia, *E_b* – beérkező energia

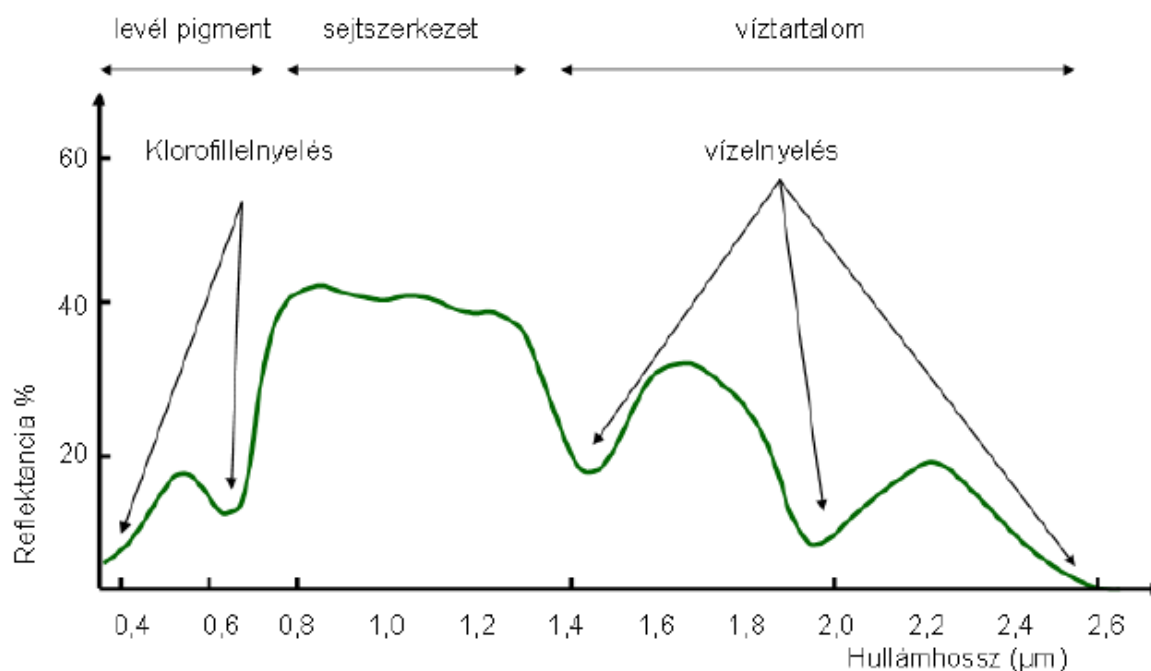
7. ábra: Egyenlet [13]

Három jellegzetes felszínborítást különböztetünk meg egymástól, a csupasz talajt, a tiszta vizet és az egészséges növényzetet. Az alábbi ábrán ezeknek a felszínborításoknak a spektrális reflektanciája látható.



8. ábra: A három jellegzetes felszínborítás [13]

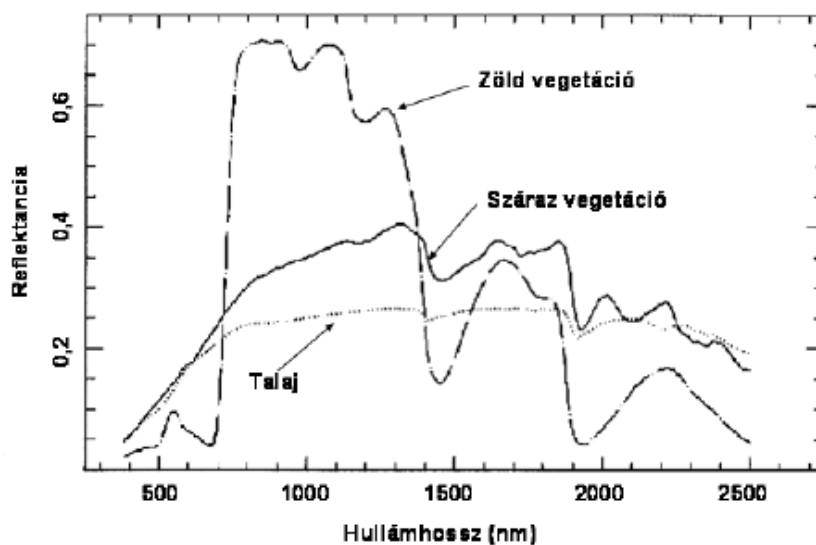
Az egészséges növényzetnek a reflektancia görbéje számos jellegzetes helyi maximális és minimális értékekkel jellemezhető. Ez a jelenség a növényzet biológiai jellemzőivel magyarázható. A levél klorofill aktivitása a látható tartományban található lokális minimum értékektől függ. A növények levelei erősen elnyelik a vörös és kék fényt, viszont a zöld tartományba érkező energiát erősebben verik vissza, ami lokális maximumot eredményez. Szemünk azért látja az egyezségees vegetációt zöldnek, mert a látható tartománynak a zöld sávjában tapasztalható a legintenzívebb visszaverődés.



9. ábra: Egészséges növényzet reflektancia görbéje [13]

A növény élettani romlásának következményében – szárazság, betegség – lelassul a fotoszintézis és a növekedés, ez a növényzet spektrális jellemzőinek a változását eredményezi. A hosszan tartó stressznek a hatására a levelek sárgulni kezdenek, mivel a zöld és vörös fény visszaverődése hasonló. Ilyenkor a lokális minimum és maximum értékek jellegzetes tulajdonságai mérséklődnek. A levelek meghatározó sejtszerkezete miatt a reflektancia görbe az infravörös tartományban ugrásszerűen megemelkedik. Ez a tartomány alkalmas az egyes növényfajok elkülönítésére. [13] A kártevők vagy betegségek által okozott sérülés hatására a növény hőmérséklete pár fokkal megemelkedik, amit infravörös kamerával lehet vizsgálni. [12]

A közepes infravörös tartományban található helyi minimum értéke a levélben lévő víz elnyelődésének a következménye, ezeket vízelnyelési sávoknak nevezzük. Ebben az esetben is a jellegzetes értékek változása betegség vagy szárazság hatására történik. További befolyásoló tényezője lehet a visszaverődésnek a levelek a cellulóz- és lignintartalma. [13]



10. ábra: Az egészséges és az elszáradt növényzet reflektancia görbéje [13]

5.2.2. Légi távérzékelés alkalmazása a mezőgazdaságban

A légi távérzékeléssel felmért adatok a mezőgazdaságban különbözőképpen hasznosíthatók:

- a kultúrnövények megkülönböztetése, azonosítása és a terület felmérése
- haszonnövények fejlődésének monitoringozása, egészségi állapot kimutatása
- kultúrnövények termésének becslésére

A légi távérzékelés alkalmazása a növénytermesztésben a rögzített adatok és a vegetáció biológiai állapotai közötti összefüggések elemzésén alapul. Ebben az esetben a vegetáció biológiai állapotát különböző paraméterekkel jellemezzük, például vegetációs indexekkel, százalékos talajfedettséggel. Általában a növényi tulajdonságok és a spektrális jellemzők közötti összefüggések megközelítéséhez vegetációs indexet használnak. A növények klorofilltartalma az egyik legfontosabb tulajdonságuk. Abban az esetben, ha a vegetációs időszakban képesek vagyunk ezt a jellemzőt figyelemmel kísérni, akkor folytonos információ áll rendelkezésre a kultúrnövény egészségi állapotáról. A levelekről reflektált elektromágneses energia mennyisége az infravörös spektrumban a növényekben található klorofill tartalom mennyiségének mérésére alkalmas. A vegetációs indexet az infravörös és vörös spektrum tartományban reflektált értéknek az arányával fejezzük ki, ami a növény egészségi állapotáról ad tájékoztatást.

A vegetációs időszakban készített multispektrális felvételek segítségével a kultúrnövény időbeli növekedése figyelhető meg. A felvételek alapján figyelemmel kísérhetjük a fejlődés

ütemét, illetve a haszonnövényzetben keletkezett károk is megállapíthatók. A légi távérzékelésen alapuló termésbecslésnek az alapját a termesztett kultúrnövényekre és a vetésre, ültetésre vonatkozó információk adják. A termésmennyiség megállapításához tudni kell a vizsgált terület termésátlagát. A vetésterület meghatározásához többféle megoldás alkalmazható. Az első módszernél a légi távérzékelési adatoknak integrálása a meglévő agrometeorológiai-növényfiziológiai modellbe. Ilyenkor a modell szerkezete nem módosul, mivel a használt adatok csak egy része kerül meghatározásra a légi felvételezett adatokból. A másik módszer esetében a termésátlag és a légi felvételekből készített adatok között direkt kapcsolat meghatározása történik. „Ezeknél a hozam-modelleknél feltételezik, hogy a növénytakaró „megjelenése, életereje és dúsága közvetlenül összefügg a várható hozammal.” A zöldtömeghez kapcsolódó vegetációs index pontosan jellemzi a haszonnövény állapotát, majd ebből számítva a várható hozamot. A megbízható eredmény eléréséhez az alapot a különböző időpontokban készült légi felvételek összehasonlító vizsgálata adja. A látható és közeli infravörös spektrumokban dokumentált adatok szerint számított vegetációs index- szel a kultúrnövény fejlődését és a fejlődés eltéréseit is ki lehet mutatni. [13]

5.2.3. Alkalmazható kamerák

RGB kamera

Az RGB (Red, Green, Blue) kamerákkal alapvetően a látható fény tartományában (400-700 nm) vagyunk képesek felvételek készítésére és tárolására, amit megtehetünk digitális vagy analóg formában. Az ilyen típusú kamerák a hétköznapi élet minden területén megtalálhatóak, akár a készülékbe építve; telefon, laptop, tablet vagy önálló készülékként; fényképezőgép, térfigyelőkamera.

A precíziós mezőgazdasági alkalmazása korlátozott, mivel vegetációs paraméterek kiértékelésére nem alkalmas. RGB kamerát akkor alkalmazunk, ha a felvételek felhasználásának célja nem igényli a látható tartományon kívüli adatgyűjtést. Az általuk készített légi felvételekből információt kaphatunk a területen jelentkező vetéshibákról, vadkarról vagy a gyomosodás helyzetéről, továbbá ortomozaik-térképet generálunk a fényképek összefűzésével.

Multispektrális kamera

A multispektrális kamerarendszereknek a precíziós mezőgazdaságban igen nagy szerepe van, mivel megfelelő alkalmazásukkal a növényvédelem és a terméshozam eredményesebb. Felhasználása elengedhetetlen a talaj és a kultúrnövény egészségi állapotának

vizsgálatában. A multispektrális kamera használatával készített felvétel alapján állítjuk elő a reflektancia térképet. Ezzel a kamerarendszerrel a különböző hullámhosszúságú fényt további hat részre tudjuk bontani, ezáltal mérhetőek a szabad szemmel nem látható közeli és távoli infravörös tartományok.

A multispektrális képekkel vegetációs indexek, mint például az NDVI, GNDVI előállítása lehetséges. A multispektrális kamera használatával az egész vegetációs időszakot nyomon lehet követni. Ennek segítségével időbeni döntéstámogatással lehet a növényzet egészséges növekedését segíteni. A mezőgazdaság szempontjából a legfontosabb a vörös él és a közeli infravörös tartományokat megjelenítő csatornák. A vörös él a haszonnövény klorofill állapotáról, míg az infravörös a levél sejt szerkezetéről ad információt.

A növény reflektancia görbéje stressz hatására megváltozik, lelassul a növekedése és a fotoszintézise. A hosszan tartó stressz hatására a kultúrnövény levelei elkezdenek sárgulni, majd egyre barnábbá válnak. A növény egészségi állapotának megőrzéséhez a NIR csatorna segítségével a stressz okozta változások időben észrevehetőek, ami kis időt ad a gazdálkodónak a megfelelő intézkedések elvégzésére.

Mezőgazdasági felhasználás során általában négy színcsatornán történik a képek felvételezése. A feladathoz szükséges csatornákat precízen kell megválasztani, hogy a számunkra szükséges információkat kapjuk meg. Általában a precíziós mezőgazdasági feladatoknál a vörös, a vörös él, a zöld és az infravörös sávokat alkalmazzuk. [14]

A 2. táblázat tartalmazza a spektrális sávoknak a felhasználási módját.

Spektrális sáv	Hullámhossz (nm)	Felhasználási mód
Red	600-700	Levélfelület-index megállapítására szolgál
Near-infrared	700-900	Növényzet egészség és termelékenység mérése
Red-edge	700-780	Termesztési stressz kimutatására alkalmas
Green	500-600	Gyomnövekedés észlelése
Blue	450-500	Vízstressz hatásainak kimutatása.

2. táblázat: Elektromágneses spektrumtartományok jellemzése

A vörös tartományban visszavert fény 600-700 nm között található. Ebben a sávban a reflektancia értéke függhet, a növényi stressztől és fajtától. Másrészt a vörös sávot alkalmazzuk a területen található növényzet és a talaj megkülönböztetésére.

A közeli infravörös tartományban visszavert fény 700-900 nm között található. A legjobban ebben a sávban mutatható ki a reflektancia értéke az említett színsávonak közül. Az erős reflektancia és a haszonnövény klorofill szintje között összefüggés van. Ezt a sávot alkalmazzuk a vegetáció stressz hatásainak mérésére.

A vörös él tartományban a visszavert fény 700-780 nm között található. Ez a sáv a vörös és infravörös tartomány közötti igen keskeny átmenet. A reflektancia értéke a görbe ezen részén ugrásszerűen növekedik. A kultúrnövény nitrogén és klorofill tartalmáról szerezhetünk információt.

A zöld tartományban a visszavert fény 500-600 nm között található. A látható tartományon belül itt a legnagyobb a reflektancia értéke a növényzetnek.

A kék tartományban visszavert fény 450-500 nm között található. Ez a sáv a növényzet vízstressz hatásainak kimutatására alkalmas.

5.3. Vegetációs index térképek

A vegetációs indexeket széles körben használjuk a precíziós mezőgazdaságban, mivel alkalmazásukkal lehetőségünk van a növényzet egészségi állapotának és időbeni változásának nyomon követésére. Továbbiakban betekintést nyújt a termelékenység részletesebb elemzésére. Olyan transzformációs eljárás, amiben a kultúrnövény különféle tulajdonságainak, mint például nitrogéntartalom, víztartalom és fotoszintetikus aktivitásának meghatározásához két vagy több spektrális képsáv kombinációját alkalmazzuk. A vegetációs indexek különböző információk megjelenítésére szolgálnak.

A 3. táblázatban a mezőgazdaságban leggyakrabban alkalmazott vegetációs indexek találhatók meg.

Vegetációs Index	Angol neve	Képlet, hullámhossz
NDVI (Normalizált Differenciált Vegetációs Index)	Normalized Difference Vegetation Index	$(\text{Nir}-\text{Red})/(\text{Nir}+\text{Red})$
GNDV (Zöld Normalizált Differenciált Vegetációs Index)	Green Normalized Difference Vegetation Index	$(\text{Nir}-\text{Green})/(\text{Nir}+\text{Green})$

NDRE (Normalizált Differenciált Vörösél Index)	Normalized Difference Red Edge Index	$(\text{Nir}-\text{RedEdge})/(\text{Nir}+\text{RedEdge})$
OSAVI (Optimalizált talajhoz igazított vegetációs index)	Optimized Soil Adjusted Vegetation Index	$(\text{Nir}-\text{Red})/(\text{Nir}+\text{Red}+0.16)$
EVI (Landsat továbbfejlesztett vegetációs index)	Landsat Enhanced Vegetation Index	$2.5*((\text{Nir}-\text{Red})/(\text{Nir}+2.4*\text{Red}+1))$
SR (Egyszerű arány)	Simple Ratio	Nir/Red

3. táblázat: Mezőgazdaságban leggyakrabban alkalmazott vegetációs indexek

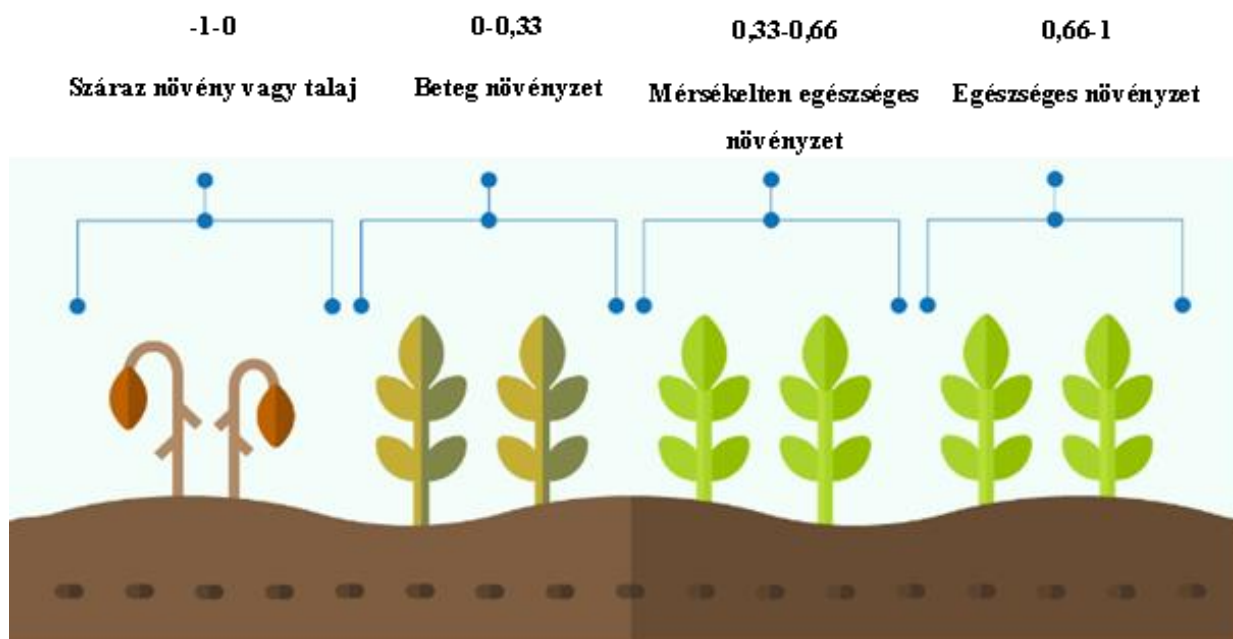
5.3.1. NDVI index

Az NDVI index egy olyan mutató, ami a növényzet zöldességének, sűrűségének jellemzésére használható érték. Az 1970-es évek óta az egyik legszélesebb körben használt vegetációs mutató a távérzékelésben és a mezőgazdaságban.

Ennek az indexnek az alkalmazásával a kultúrnövények fejlődésének bármely szakaszában megállapítható az egészségügyi állapota, aszerint hogyan verik vissza a növények az elektromágneses spektrum bizonyos tartományait.

Az NDVI értékek -1 és +1 között mozognak, amivel a kultúrnövény egészségügyi állapota határozható meg.

- 1-hez közeli érték esetén, minél intenzívebb zöld színt tapasztalunk, annál erőteljesebb a kultúrnövény életereje.
- 0 körüli érték a vegetáció nélküli talajt jelöli
- -1-hez közeli érték az elhalt növényeket jelöli



11. ábra: NDVI index értékeinek meghatározása

forrás: <https://www.auravant.com/en/articles/precision-agriculture/vegetation-indices-and-their-interpretation-ndvi-gndvi-msavi2-ndre-and-ndwi/>

5.3.2. GNDVI index

A GNDVI index a növények „zöldességének” vagy fotoszintetikus aktivitásának jellemzésére használjuk. A fejlődésnek a későbbi szakaszában használjuk, mivel a klorofill szintjének mérésére alkalmas. A GNDVI az NDVI indexhez képest érzékenyebb a klorofill változásokra a növényzetben. A különbség az NDVI-hoz képest, hogy a vörös sáv helyett csak a zöld tartományban mér. Ezért ezt a vegetációs indexet a növény víz- és nitrogénfelvételének jellemzésére használjuk.

Az NDVI indexhez hasonlóan -1 és +1 közötti értékek meghatározásához alkalmas.

- A -1 és 0 közötti értékek a víz vagy a csupasz talaj megállapítására szolgálnak
- A 0 és +1 közötti értékek a klorofill szintjének kimutatására alkalmasak

5.3.3. NDRE index

Az NDRE indexnek a magas értékei a levelekben található megnövekedett klorofill tartalmat jelzi. Az alacsonyabb értékekkel a talajt jellemezzük, a stressz hatása alatt lévő növényeket a közepes értékkel jellemezzük, a legmagasabb értékekkel az egészséges növényzetet jellemezzük.

5.3.4. OSAVI index

Az OSAVI indexek értékei -1 és +1 között változik. A magas értékek a sűrűbb, egészségesebb növényzetet jelzik, míg az alacsonyabb értékek a kevésbé erőteljes növényzetet.[15]

5.3.5. EVI index

Az EVI index hasonló az NDVI vegetációs indexhez. A növényzet „zöldességének” megállapításához alkalmazzuk. Az EVI azonban korrigálja a légköri jelenségekből bekövetkezett veszteséget, viszont a sűrű növényzettel borította területekre érzékeny. [16]

5.3.6. SR index

Az SR index alkalmazása egy gyors módszer a zöld levelek megkülönböztetésére és a jelenlévő relatív biomassza becslésre. Könnyedén megállapítható vele a száraz tömeg, amivel az aratás érdekessége állapítható meg. [15]

6. Mintaterületek drónnal történő légi felvételezése és kiértékelése

A szakdolgozatomban két területnek a bemutatására kerül sor. Az első bemutatásra kerülő terület Soós Imre családi gazdálkodó tulajdonában áll. A mezőgazdasági terület Babót külterületi részén található, művelési ága szántó, minőségi osztálya 4-es besorolású. A termőföld megközelítőleg 4 ha nagyságú, melyen az általa tenyésztett sertések számára repcét termesztett a gazdálkodó.

A következő bemutatásra kerülő mezőgazdasági területek Komárom külterületi részén találhatóak, művelési águk szántó, minőségi osztályuk 4 és 5-ös besorolású. A mezőgazdasági táblák megközelítőleg 100 ha nagyságúak, melyen kukorica kultúrnövényt termesztettek.

6.1. Babót

6.1.1. A repüléshez szükséges munkafolyamatok előkészítése

A gazdálkodó megrendelte a munkát és elküldte az általa szükségesnek ítélt mezőgazdasági területek helyrajzszámát. (Fontos, a helyrajzszám beazonosításához szükséges a közigazgatási egység neve.) A felmérést megelőző nap beazonosításra került a földrészlet elhelyezkedése és megközelíthetősége. A vonatkozó rendeletben megfogalmazottaknak a repülés teljes idejében eleget kell tenni. Figyelembe kell venni, hogy a légtér használatának korlátozása vagy tiltása nem áll fenn, különben a felvételezést más időpontban kell végrehajtani. A MyDroneSpace applikáción keresztül a légtér lefoglalásra került 120 méteres magasságig. A repülés nem érintett olyan légtér, amihez speciális engedélyre lett volna szükség.



12. ábra: Repce tábla

6.1.2. Repülés előkészítése

A légi felvételezés időpontja 2023.május.10-én volt. Az időjárási körülményeket tekintve, az megfelelő volt a légi adatgyűjtéshez. A fentiekben említett kultúrnövény (repce) volt vetve, ami fejlődési szakaszát tekintve a virágzás közepén tartott. A repülés napján a légtérrel semmilyen korlátozó vagy tiltó intézkedések nem befolyásolták. A táblán elhelyezésre került két darab 60x60 centiméteres GCP (Ground Control Point – Földi Ellenőrző Pont) nem más, mint az illesztőpont, ami egy fekete-fehér ponyva. Következő lépésben kihelyezésre került egy Emild RS2+ típusú RTK (Real-Time Kinematic- Valós idejű helymeghatározás) módszer alkalmazású bázisállomás, amit a 13. ábra illusztrál. A bázisállomás helyzetének meghatározására a Lechner Nonprofit Kft.-től vásárolt input korrekció. Az input korrekció után már a bázisállomás volt az NTRIP szolgáltató, ami a drón felé küldte a korrekciós adatokat. Felszállás előtt a légi jármű és a földi irányítóállomás műszaki állapotának ellenőrzése következett. A drón akkumulátora műszaki állapotát megfelelőnek találtuk, emellett ellenőrzésre került a polaritása és a megfelelő rögzítettsége. A szerkezeti elemeknél is megvizsgálásra került a megfelelő műszaki állapot megléte, illetve az elemek rögzítettségét is ellenőriztük. A földi távirányító esetén is megtörtént a műszaki állapot, akkumulátor és a kábelek sérülésmentességének ellenőrzése.



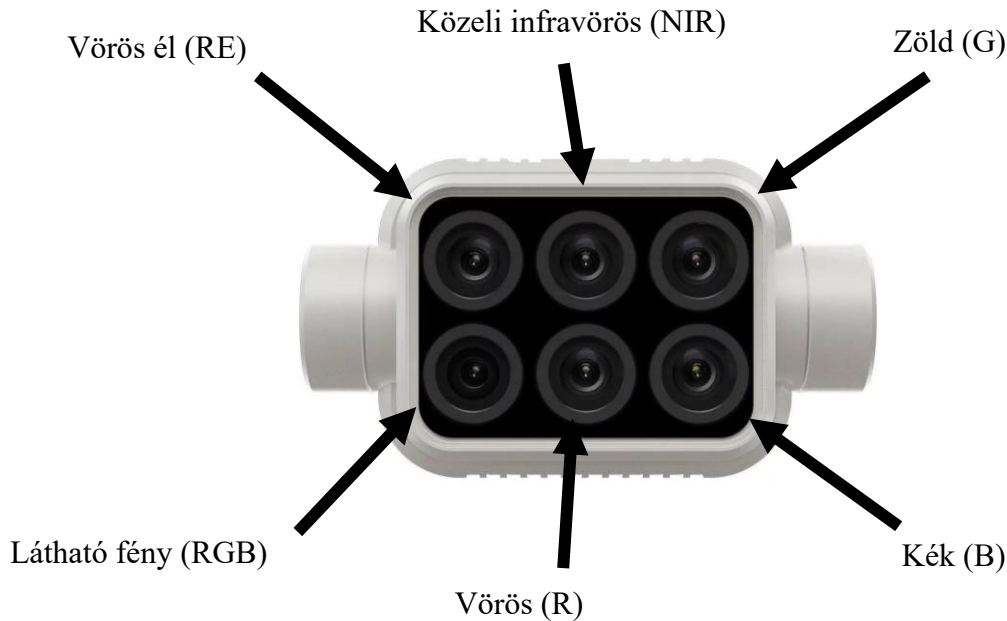
13. ábra: Felvételezés előkészítése

6.1.3. Felvételezéshez használt drón specifikációi

A légi felvételek készítéséhez használt drón egy DJI által forgalmazott Phantom 4 Multispectral modell, besorolását tekintve egy négyrotoros multikopter. A multispektrális képalkotás és az RTK technológiát egyetlen csomagban ötvöző, nagy pontosságú drón ideális a mezőgazdasági feladatokra és a környezet megfigyelésére.

Az UAV eszköz specifikációi:

- Tömege: 1391 g
- Szárnyfesztség: 350 mm
- Helymeghatározás módjai: GPS, GLONASS, Galileo
- Akkumulátor típusa és kapacitása: LiPo 4S, 5870 mAh , akár 27 perc üzemidő
- Maximális sebesség: 58 km/h
- Kamera tulajdonságai:
 - 6 1/2.9” CMOS, amiből egy RGB szenzor a látható fény tartománynak felvételezéséhez és öt monokróm szenzor a multispektrális képalkotáshoz
 - Minden érzékelő: 2.08 MP
 - FOV 62.7°
 - Fókusz távolság: 5.74 mm
 - Képfelbontás: 1600 x 1300 pixel
 - Integrált RTK 1 cm-es pontossághoz
 - Kép formátumai: JPEG (látható fény tartomány) + TIFF (multispektrális képekhez)
 - Maximális tárhelybővíthetőség: 128GB
 - Szűrők: Kék (B): 450 nm ± 16 nm, Zöld (G) 560 nm ± 16 nm, Vörös (R) 650 nm ± 16 nm, Vörös él (RE) 730 nm ± 16 nm, Közeleli infravörös (NIR) 840 nm ± 26 nm, ezeknek a szűrőknek az elhelyezkedését a 14. ábra szemlélteti. [17]



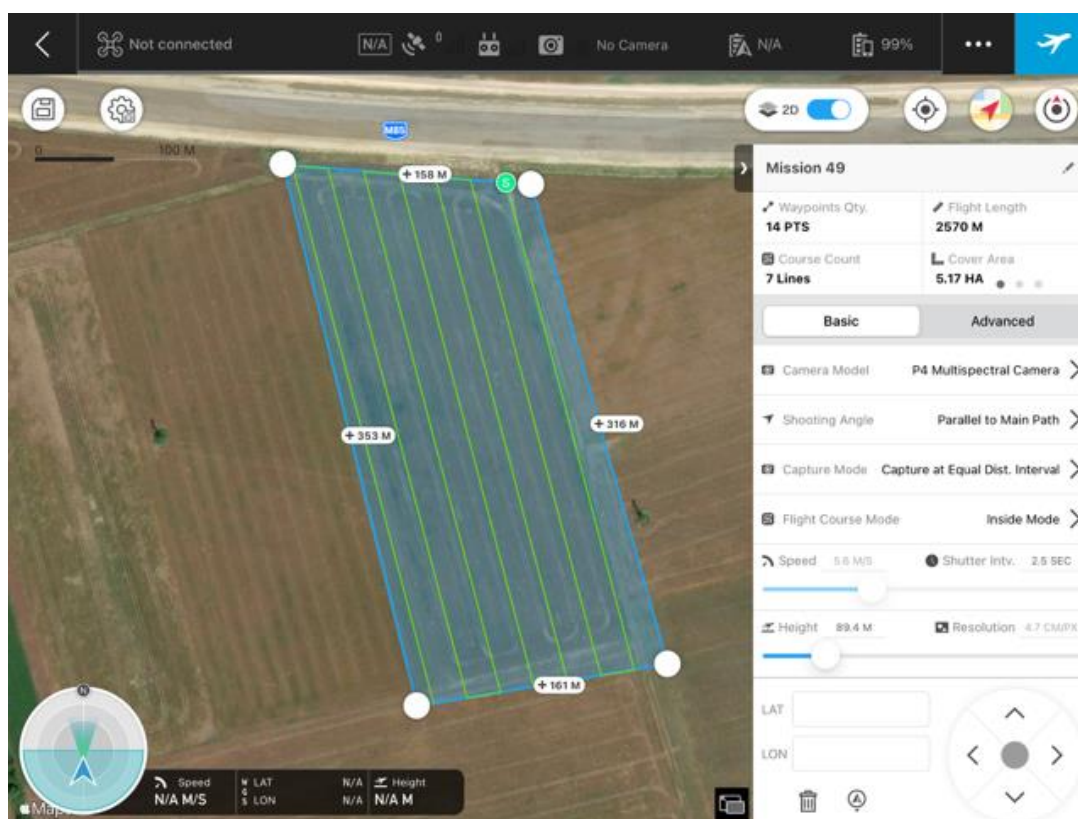
14. ábra: DJI Phantom 4 Multispektrál kamerarendszere

forrás: <https://www.dji.com/hu/p4-multispectral>

6.1.4. A repülési útvonal megtervezése

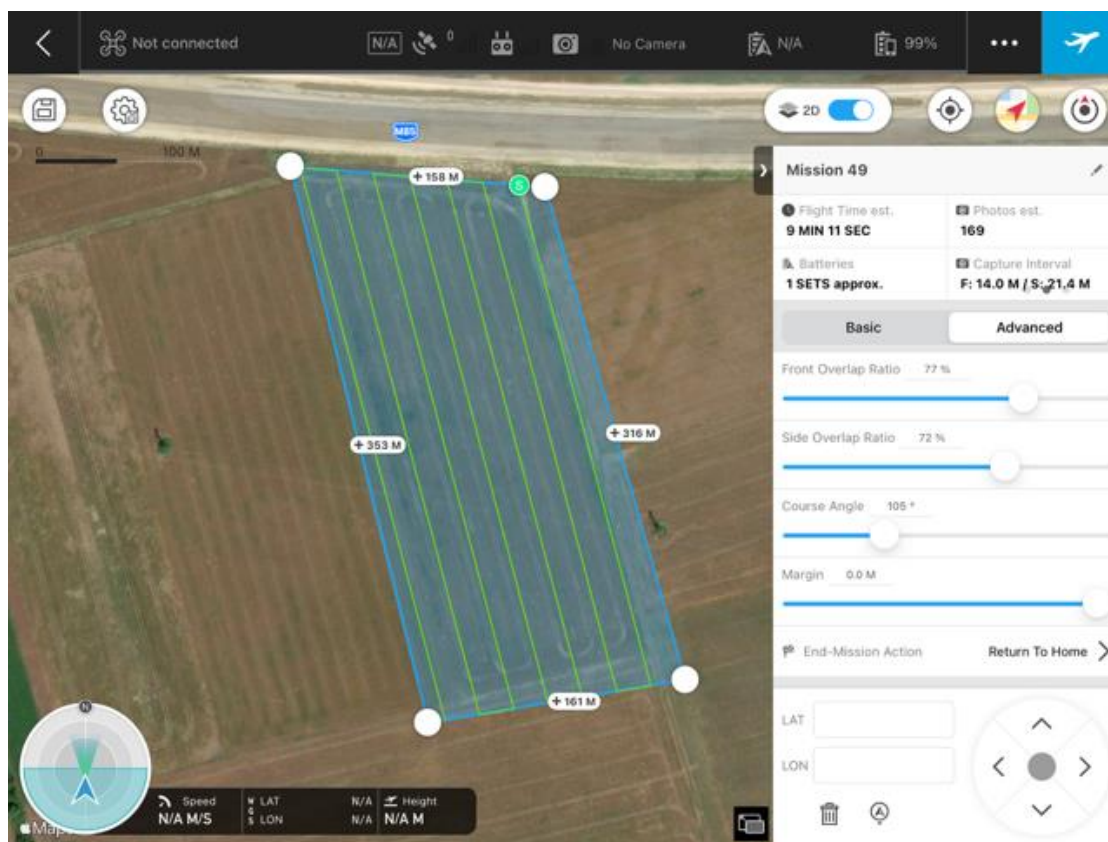
A légi felvételezéshez a DJI GS PRO applikáción belül terveztem meg a drón útvonalát. A monitorozandó területen a kijelölt repülési útvonalon a drón sorozatfelvételeket fog készíteni. Két szempont alapján kerül beállításra a repülési útvonal. Ahhoz, hogy számunkra a megfelelő felvételek készüljenek meg kell határozni a képek közötti átfedés mértékét százalékban kifejezve. Általában a felvételek akkor lesznek megfelelőek, ha nagyjából 75% körüli a kép átfedettség. Második szempont a felmérés során használt távérzékelési szenzor felbontása és a képi felbontás, mivel akár pár másodpercenként képesek vagyunk felvételek készítésére. Ezeknek a paramétereknek a figyelembevételével szükséges megtervezni a repülés magasságát és a drón repülési sebességét. Általánosan elmondható, hogy minél magasabban reptetjük a légi járművet, annál gyorsabban tudjuk a felvételezést elvégezni, ami kevesebb részletet eredményez. Alacsonyabb repülési magasság esetén a feltételezés lassabb, viszont részletgazdagabb ortomozaiakat vagyunk képesek előállítani. További repülési paraméterekhez sorolható az időjárási viszonyokból adódó szélnek a figyelembevétele. A drón magasságának növelésével a szélesebbesség is exponenciálisan növekszik.

Az applikáción belül kijelölésre került a felvételezni kívánt terület. A terület bejelölése során 20 méter körüli ráhagyásokat hagytam a széleken, hogy a kívánt területről minél több átfedő kép készüljön. Következő lépésben kiválasztottam a P4 Multispectral kamerát és a felvételezési szögnél a „párhuzamos a főpályára” lehetőséget választottuk ki. Ebben az esetben a kamera pásztázó tengelyének a szöge megegyezik a főpálya szögével. A felvétel készítésnek a módjánál a „rögzítés egyenlő távolságoként” beállítást alkalmaztuk. Ezek mellett beállításra került a repülési sebesség és a repülési magasság is. A további beállításoknál az szembeni és oldal képek közötti átfedési arányt állítottuk be.



15. ábra: Repülési paraméterek I.

A szembeni átfedés arányánál a repülési útvonalon rögzített két egymást követő kép átfedési arányát adhatjuk meg, jelen esetben 77%-os fedettséget állítottunk be. Az oldal átfedési arányánál a két repülési útvonal közötti átfedés jellemzésére szolgál, esetünkben két kép között az oldalfedési arány 72%. Minél nagyobb az átfedés, annál pontosabb ortomozoikat lehet létrehozni. A pályaszög a főpályának a szöge, módosításával a repülési útvonalat tudjuk változtatni. A beállítások végeztével nincs más dolgunk, mint a start gombra kattintani és az alkalmazás elküldi a beállításokat a drónnak, ami ezt követően felszáll és elkészíti a felvételeket a területről. Az alkalmazás lehetőséget kínál rá, hogy a munkát és a hozzá tartozó beállításokat elmentsük.



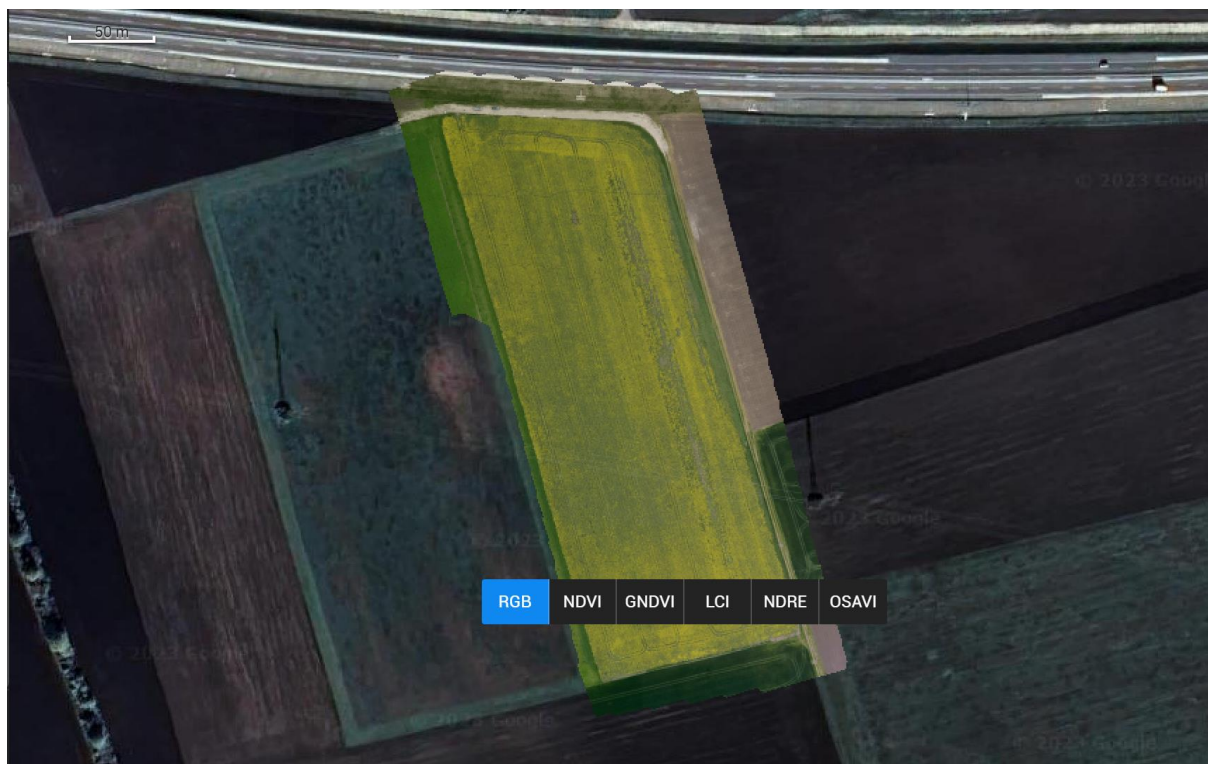
16. ábra: Repülési paraméterek II.

Az applikáción keresztül folyamatosan nyomon lehet követni a drón helyzetét, élő képet kapunk az általa látott területről, illetve az akkumulátorának élettartamát is mutatja. Fontos, hogy a drónt a légi felvételezés folyamán mindig figyelemmel kísérjük a balesetek megelőzése érdekében.

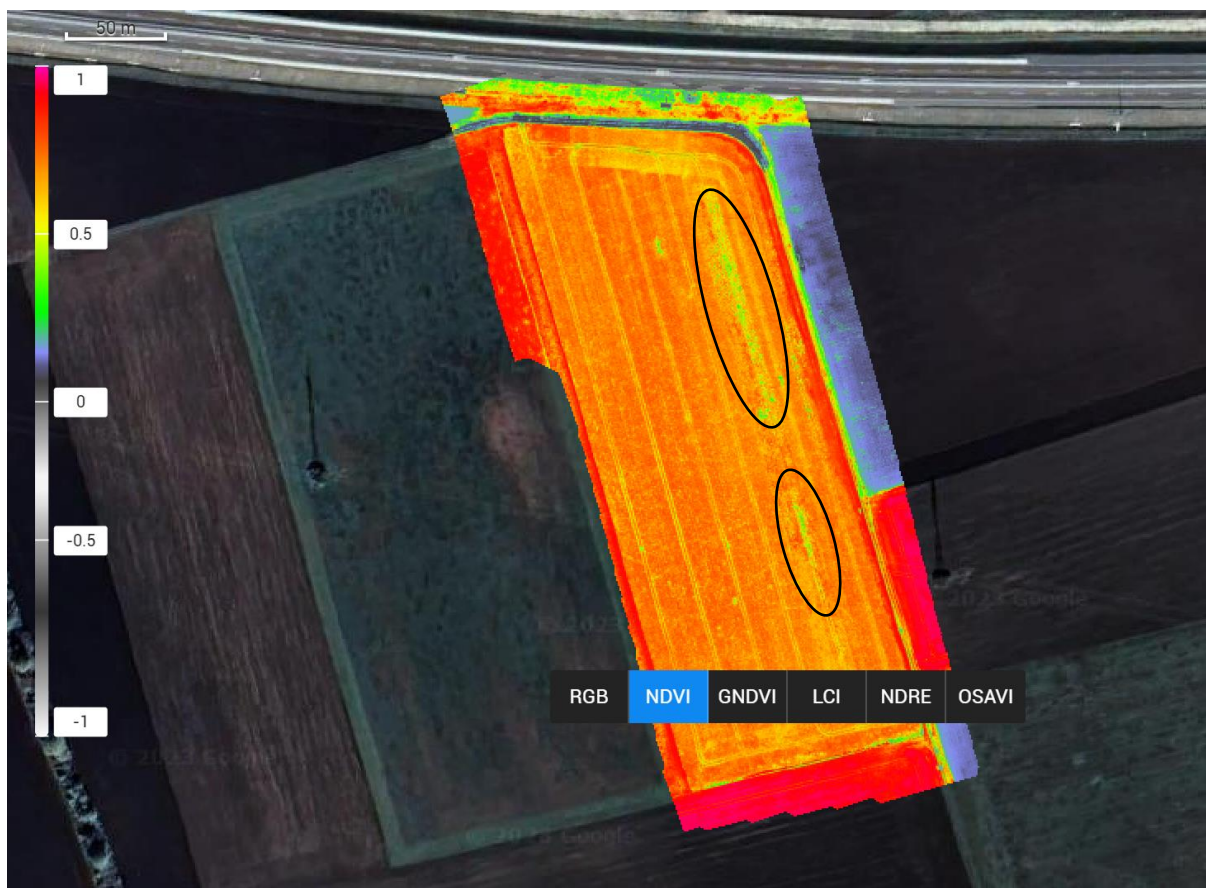
6.1.5. A felvételek feldolgozása

A terepi felmérés végeztével Horváth Zoltán drónpilóta jóvoltából az adatok feldolgozási folyamatában is részt vettem. Figyelemmel kísérhettem, hogy a nyers felvételekből hogyan állítjuk össze az ortomozaikot és a különböző vegetációs indexeket. A fent említett beállítások révén 169 nyers felvétel készült a repcéről, amit kicsivel több mint 9 perc alatt sikerült rögzítenie a drónnak. A feldolgozáshoz a DJI által forgalmazott Terra nevű szoftvert használtuk.

A program megnyitását követően létrehoztunk egy új munkát, amiben a feldolgozást végrehajtjuk. A beállításoknál a 2D Multispektrál térkép funkció lehetőségével dolgozok. Következő lépésben behívtuk a nyers felvételeket és elindítottuk a feldolgozást, ami ilyen alacsony számú adatmennyiségnél nagyjából 5 perc időtartamot vett igénybe. A 2D multispektrális feldolgozás eredményként öt fajta vegetációs indexet kapunk: NDVI, GNDVI, LCI, NDRE és OSAVI, ami kiegészül egy RGB ortomozaik generálásával is. A rekonstruált eredmények GeoTIFF formátumú raszteradatok.

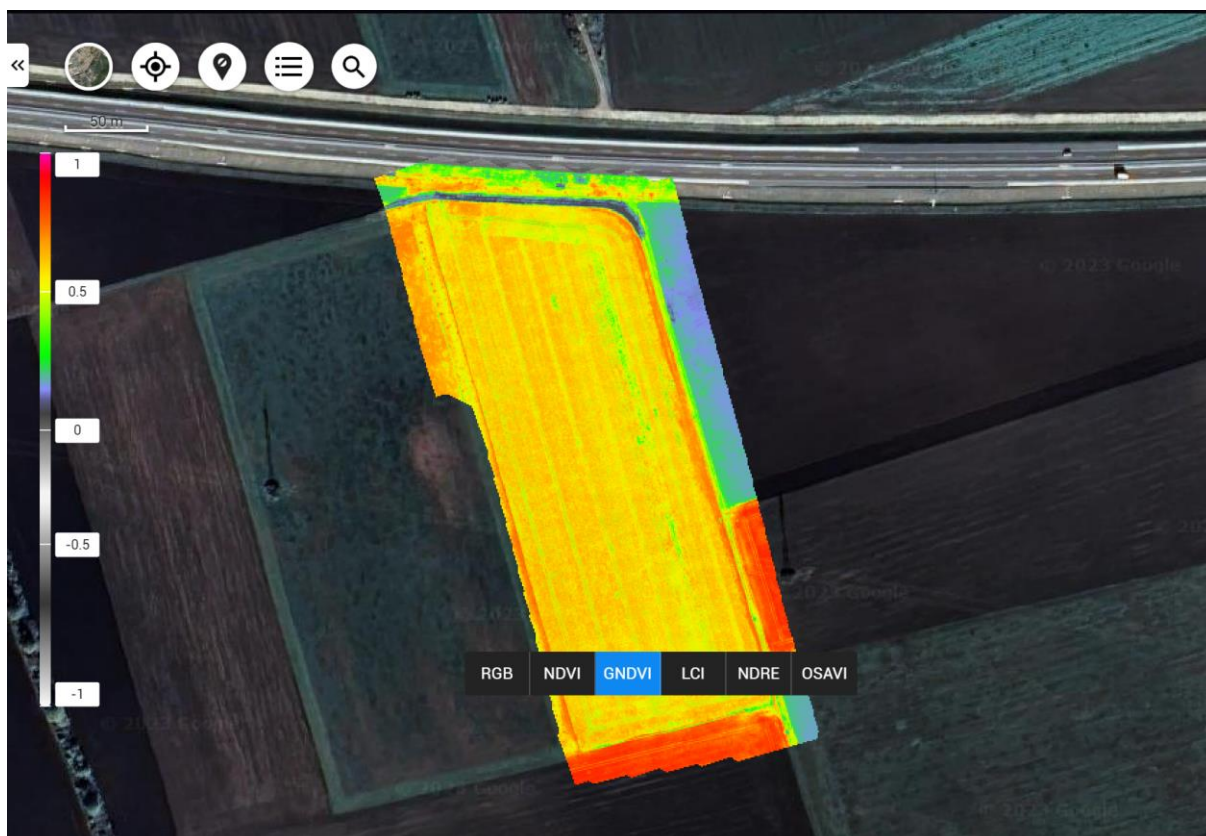


17. ábra: RGB ortofoto-mozaik



18. ábra: NDVI ortofoto-mozaik

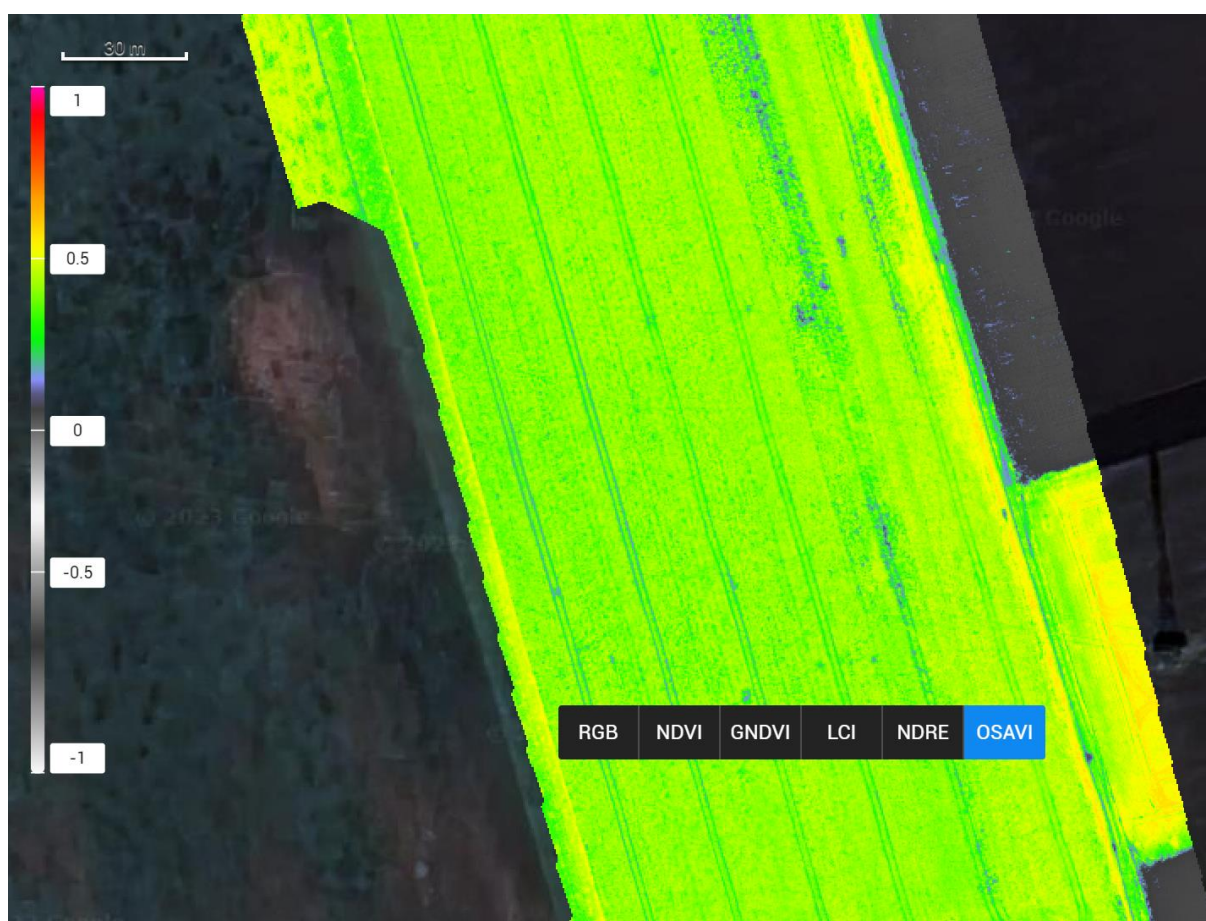
A 18. ábrán az NDVI vegetációs index által reprezentált kép látható. Az adott repcetáblára a 0.6-es érték a jellemző, ami sűrű térállású, egészséges növényállományt jelent. A földrészleten belül jól látható a vetéshibás terület rész is, ami a tábla keleti oldalán jelentkezik. Itt jellemzően 0.4 körüli értékeket mértem, ami alacsony vegetációra enged következtetni. Az alacsony vegetáció ebben az esetben a tavaszi sok csapadéknak is köszönhető, mivel belvizes részen a kultúrnövény nem tudott kikelni. A földrészlet keleti szomszédságában egy tarló állapotú szántó művelési-ágú termőföld látható, ahol értelemszerűen 0-hoz közeli értékeket mértem. A művelő utak jól kivehetőek, citromsárga színnel jelzetten, ami kizárólag a művelőútra ráhajló növényállományt jelzi, a citromsárga szín a gyenge vegetációt mutatja.



19. ábra: GNDVI ortofoto-mozaik

A következő felvételezési forma a GNDVI, ami a „zöldesség” értékeket mutatja, melyet a 19. ábra reprezentál. A GNDVI a növényállomány fotoszintetizáló képességét jelzi. A minél erősebb, intenzívebb lila színtartomány az egészséges növényállományt, a maximális fotoszintézist jelképezi. Az alábbi felvétel halvány narancssárga színéről megállapítottam, hogy a repcetáblára a 0,5-es érték a jellemző, ami közepes klorofill tartalomra, átlagos fotoszintetizáló képességre utal. Ez elsősorban annak köszönhető, hogy a repcetábla virágzásban volt a felmérés idején. A földrészleten belül a vetéshibás területrésznél, ami a tábla keleti oldalán jelentkezik, jellemzően 0,3 körüli érték mérhető, ami gyenge klorofill tartalomra és fotoszintetizálásra enged következtetni. Mivel ezen a területen a kultúrnövény nem kelt ki, így a kezdetleges csíranövényeket találhatjuk.

A földrészlet keleti szomszédságában egy tarló állapotú szántó művelési- ágú termőföld látható, ahol értelemszerűen 0-hoz közeli értékeket mértem, ezt a kék szín jelzi. A művelő utak jól kivehetőek, világos citromsárga színnel jelzetten, ami kizárólag a művelőútra ráhajló növényállományt jelzi, a citromsárga szín a gyenge fotoszintetizálást mutatja.



20. ábra: OSaVI ortofoto-mozaik

Az OSaVI index segítségével a repcekultúra állománysűrűségét vizsgáltam, ami a 20. ábrán látható. A felvételtől megállapítottam, hogy a repcével borított területen zöldessárga színtartomány a domináló. A jellemző érték a területen 0,5, ami a növényzet hiányosságára utal. A kék szín a kultúrnövény teljes hiányát jelzi.

A méréseknél különböző paramétereket vizsgáltam, úgy, mint Normalizált Differenciált Vegetációs Index, Zöld Normalizált Differenciált Vegetációs Index és Optimalizált talajhoz igazított vegetációs index. A különböző mérési eredmények egymást alátámasztják. Ott, ahol dús, sűrű zöld növényállomány található, ott a különböző indexek értéke magas. A növényállomány azon része, amely jellemzően virágzó állapotú a rendkívül sok virágszirom, virágzat miatt közepes értékeket mutat. A növényállomány nélküli területek indexei minden esetben alacsony értékeket mutatnak.

6.2. Komárom

6.2.1. Repülés előkészítése

A következőkben a Komárom község külterületi mezőgazdasági táblák felvételezését és kiértékelését fogom bemutatni. A területeken szintén szántóföldi növénytermesztést folytatnak, azonban a területek öntözése CENTER típusú öntözőberendezéssel megoldott. Az öntözővizet a Duna vizéből feltöltött öntözővíz tározókból oldják meg. A vizsgált tárgyi év, 2022, kiemelkedően aszályos évnek számított, amelyben az öntözési lehetőség ellenére a szükséges mennyiségű csapadékot még vízpótló öntözéssel sem tudták megfelelő mennyiségben biztosítani. Ezt a vizsgálati időpontban elvégzett drónfelvételezés eredményein keresztül mutatom be.

A MyDroneSpace applikáción keresztül a légtér lefoglalásra került 120 méteres magasságig. A repülés az LHPS_TIZ azonosítójú korlátozott légtérben történt, melyhez a korlátozott légtér használatot a LHPR-Győr-Pér Airport jóváhagyta. A felvételezés időpontja 2022. augusztus 31-én történt. Az időjárási körülményeket tekintve, 28-30 °C között volt a levegő hőmérséklete. A mezőgazdasági táblán kukorica kultúrnövényt termesztettek, ami az aszályos év következtében száraz, elbarnult állapotú volt.



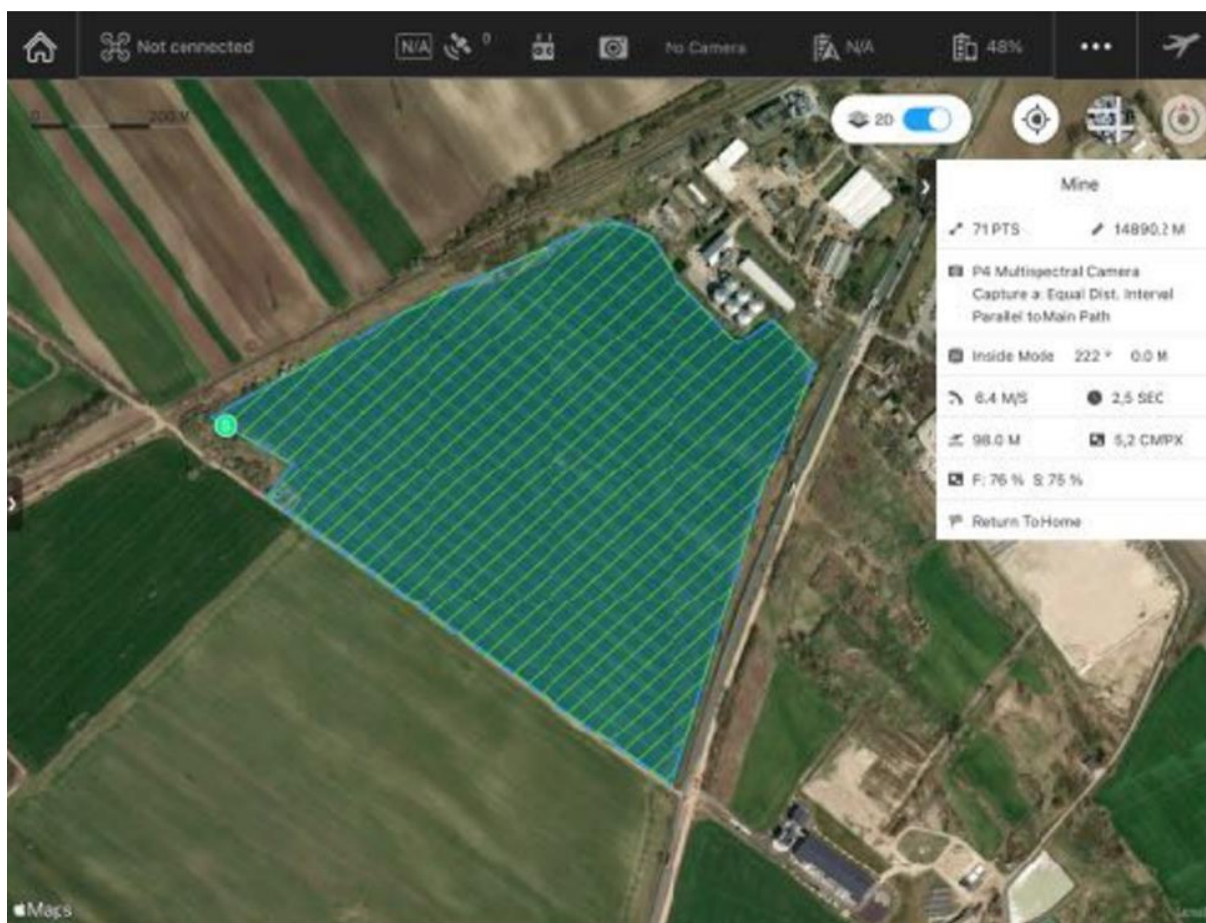
21. ábra: Komáromi kukorica

6.2.2. Repülés előkészítése és a repülési terv

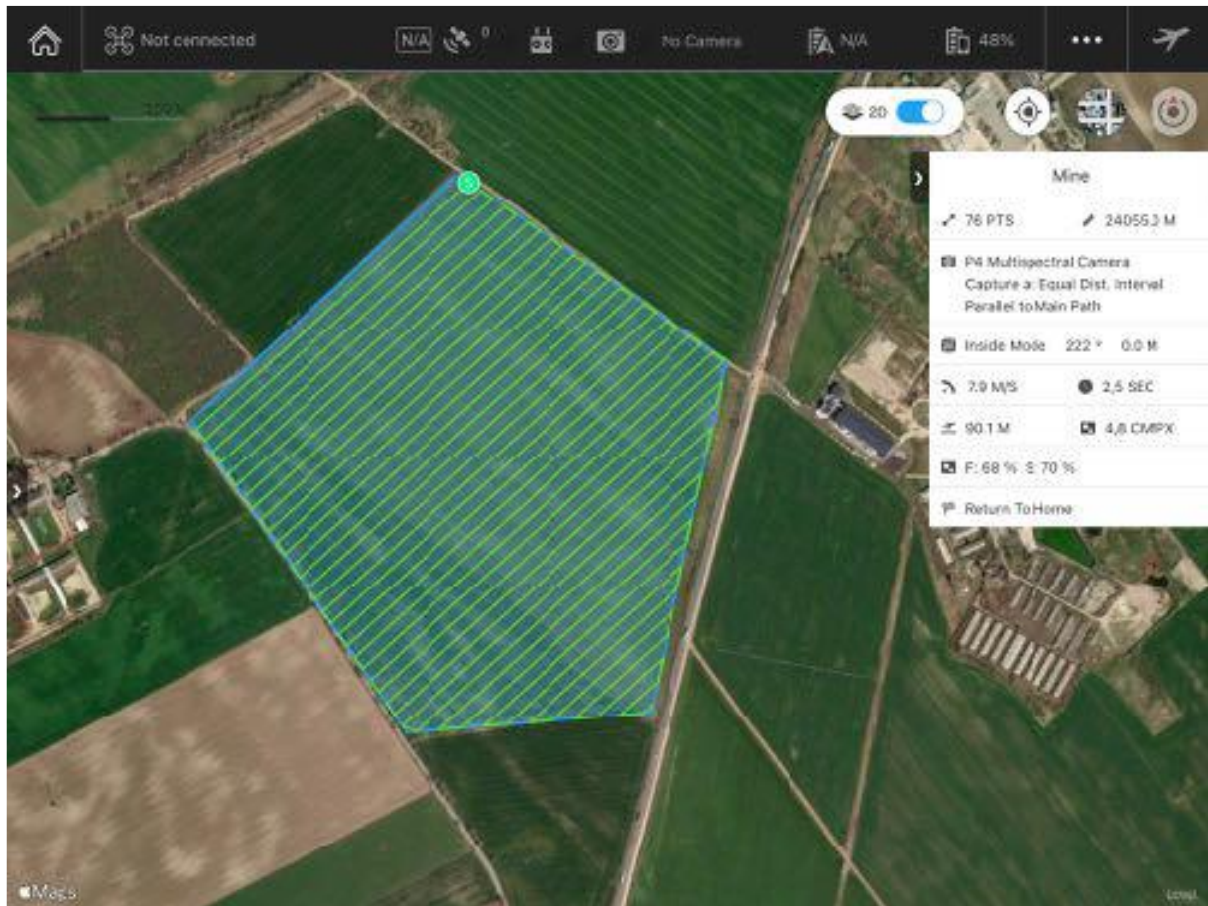
A felméréshez az Emild RS2+ típusú RTK bázisállomás került kihelyezésre. A bázisállomás helyzetének a meghatározásához a Lechner Nonprofit Kft.-től vásárolt input korrekciót használtam. Az input korrekció után már a bázisállomás volt az NTRIP szolgáltató, ami a drón felé küldte a korrekciós adatokat. A felvételezéshez egy DJI Phantom 4 Multispektrál RTK típusú drónt használtam.

A repülés megkezdése előtt a drón és a távirányító állomás műszaki állapotának ellenőrzése következett. A drón akkumulátora műszaki állapotát megfelelőnek találtuk, emellett ellenőrzésre került a polaritása és a megfelelő rögzítettsége. A szerkezeti elemeknél is megvizsgálásra került a megfelelő műszaki állapot megléte, illetve az elemek rögzítettségét is ellenőriztük. A földi távirányító esetén is megtörtént a műszaki állapot, akkumulátor és a kábelek sérülésmentességének ellenőrzése.

A repülési útvonal megtervezésénél fontos szempont volt, hogy a képek a lehető legjobban fedjék egymást, emellett minél több információt tudjak kinyerni a felvételezésből. A repülési útvonalat a DJI GS PRO applikáción belül terveztem meg. A repülési magasság mindkét repülésnél 90 méteres magasságban történt.



22. ábra: Az „A” tábla repülési terve



23. ábra: A „B” tábla repülési terve

6.2.3. A felvételek kiértékelése

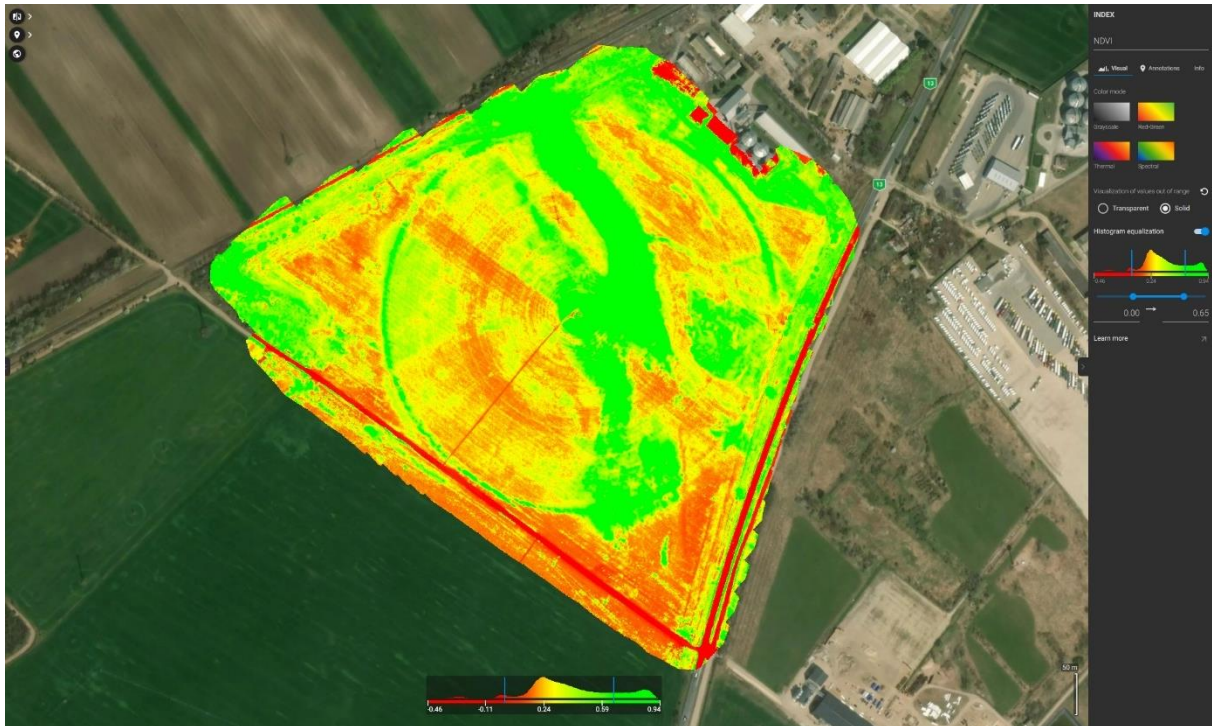
A nyers felvételeket a Pix4Dfields nevű szoftverben végeztem el. A program megnyitását követően létrehoztam egy új munkát, amiben a feldolgozást végre hajtottam. Következő lépésben behívtam a nyers felvételeket és elindítottam a feldolgozást. A képfeldolgozás eredményeként kiválasztottam, hogy melyek azok a vegetációs indexek, amiket szeretnék megjeleníteni, emellett a program lehetőséget kínál arra, hogy saját index hozható létre.



24. ábra: Az „A” tábla RGB ortofoto-mozaik képe



25. ábra: A „B” tábla RGB ortofoto-mozaik képe



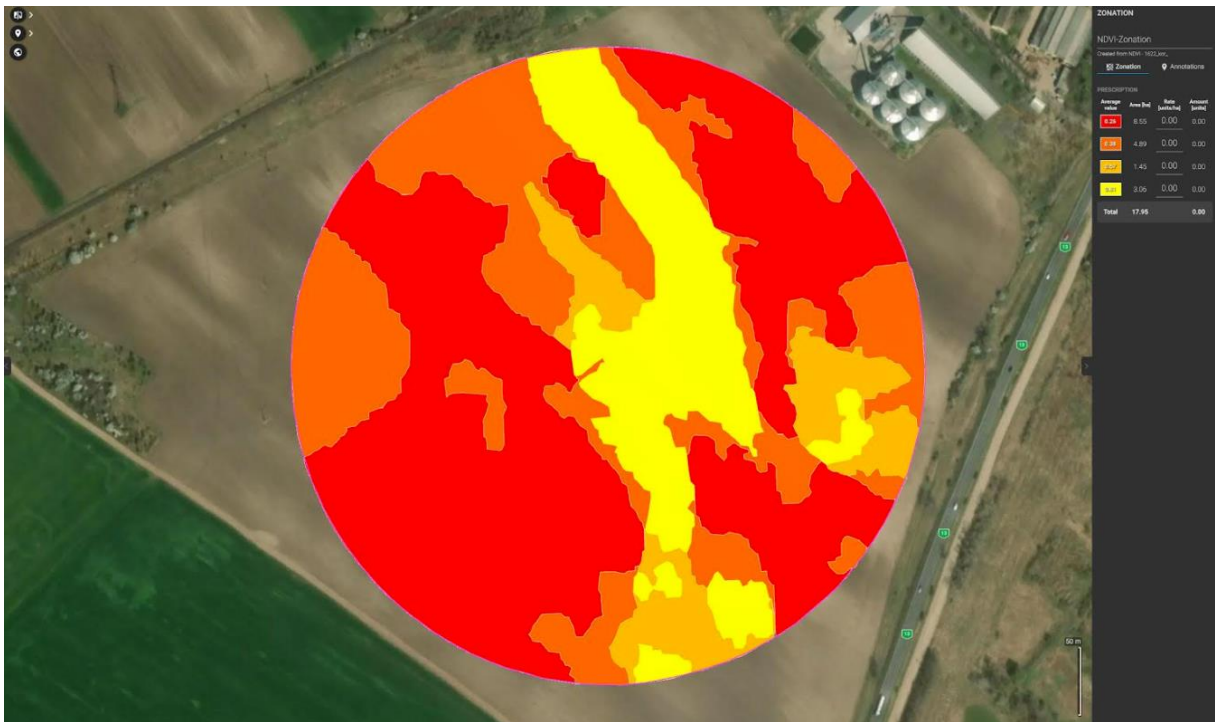
26. ábra: „A” tábla, NDVI index megjelenítése

A 26. ábrán az NDVI index megjelenítése látható. A megjelenítéshez alkalmazott színskála a zöldtől a piros árnyalatig értelmezhető, miszerint a zöld színt az egészséges és életképes növényzet megjelenítésére alkalmazom. A citrom- és narancssárga színek megjelenítésben a stressz állapotban lévő növényzetet jelenítettem meg, míg a piros szín az elhalt és az élettelen területek megjelenítésére szolgál.



27. ábra: Az „A” tábla NDVI zónatérképe

A 27. ábrán látható az elkészített zónatérkép, melyben az egy intervallumban lévő értékekhez egy szint rendeltem hozzá. A zónatérképet a következők szerint módosítottam, hogy meghatározható legyen az öntözött területen lévő növényállomány élettani helyzete. A centeres öntözőgép sugarában lehatároltam a területet mely az alábbi ábrán látható.



28. ábra: Az „A” tábla lehatárolt NDVI zónatérképe

Created from NDVI - 1622_kor_

Zonation Annotations

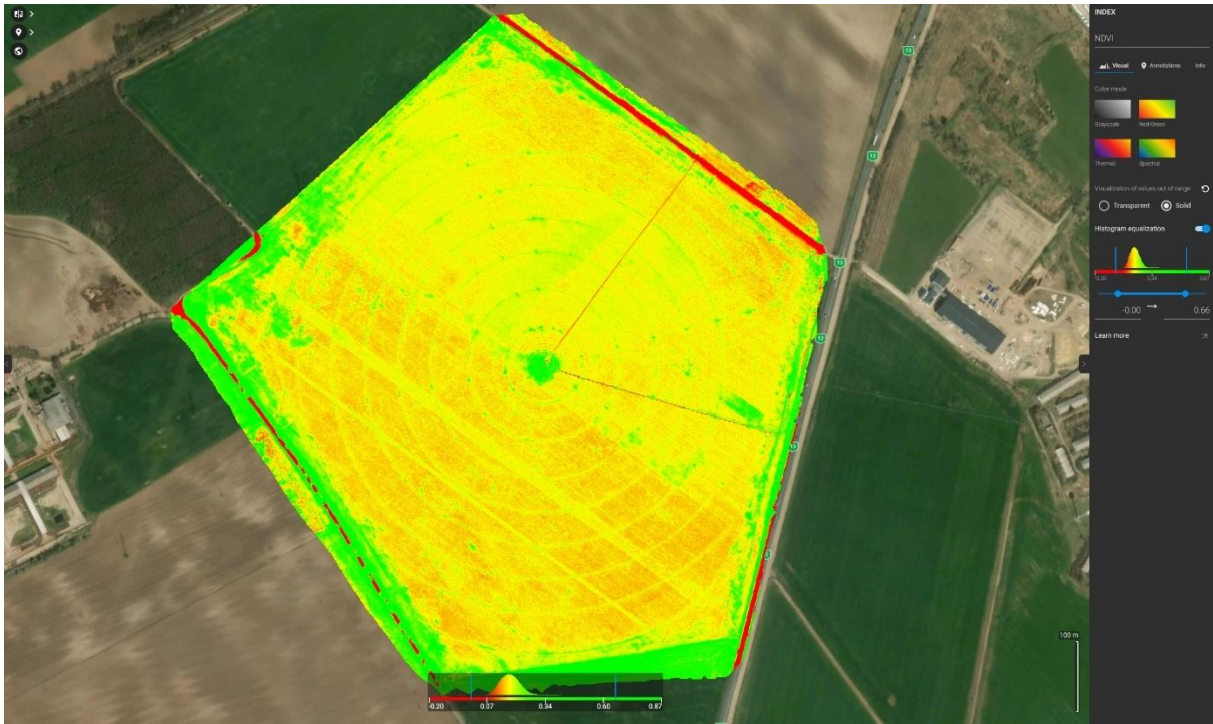
PRESCRIPTION

Average value	Area [ha]	Rate [units/ha]	Amount [units]
0.26	8.55	0.00	0.00
0.38	4.89	0.00	0.00
0.57	1.45	0.00	0.00
0.81	3.06	0.00	0.00
Total	17.95		0.00

29. ábra: Az „A” tábla lehatárolt NDVI értékek

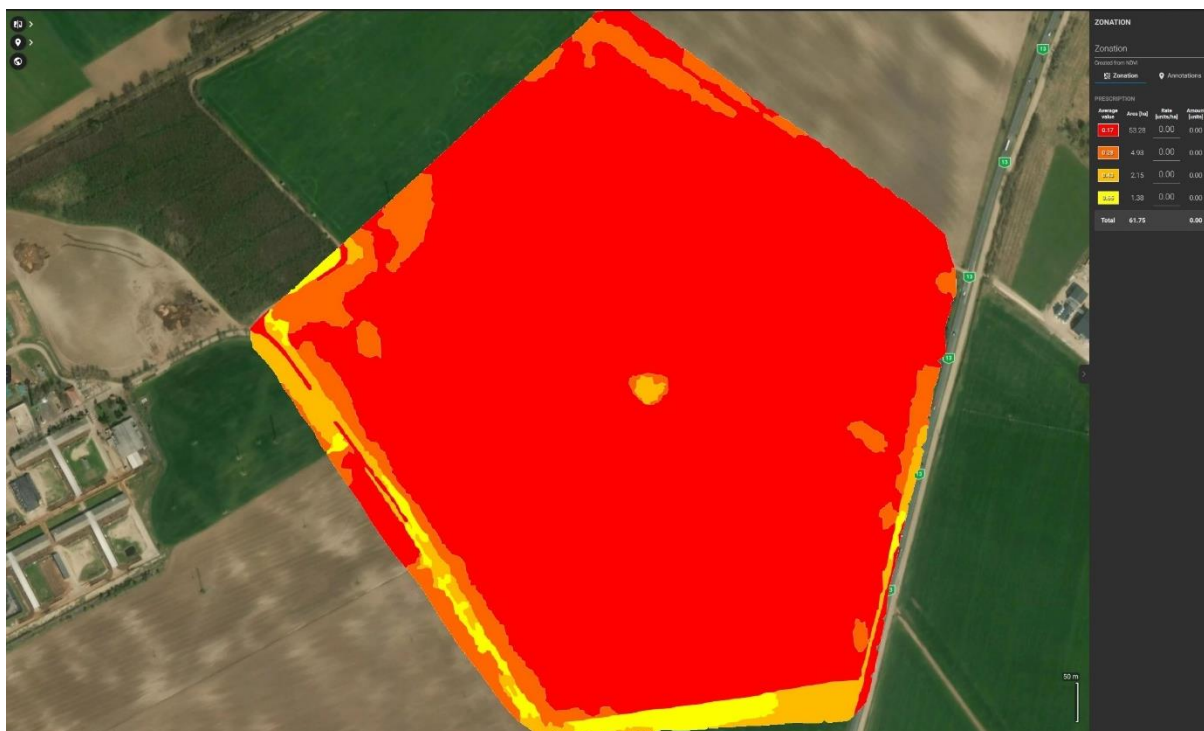
A 29. ábrán a lehatárolt öntözési zónatérképből készített értékek alapján megállapítottam, hogy az öntözött növényállományból 13,44 ha elhalt vagy már olyan stresszes állapotú, ami száradt állapotot mutat. A lehatárolt 17,95 ha-ból csak 4,51 ha-on található egészséges vagy mérsékelt egészséges növényzet. A teljes területnek a 17 %-án található egészséges növényzet, 8 %-án mérsékelt egészséges növényzet, 27 %-án száradás alatt lévő növényzet és 48 %-án elhalt növényzet.

A kiértékelt eredményekből megállapítottam, hogy a vízpótló öntözés ellenére sem lehetett olyan mennyiségű öntözővizet kijuttatni a területre, amely a növényállomány egészséges fejlődéséhez szükséges lett volna.



30. ábra: „B” tábla, NDVI index megjelenítése

A 30. ábrán az NDVI ortofoto-mozaik látható. A megjelenítéshez az „A” területnél alkalmazott értelmezést használtam. A zöld szín az egészséges növényzetet jelenti, míg a piros színt az elhalt vagy élettelen területek megjelenítésére használom. A citrom- és narancssárga színek a stressz állapotában lévő növényzetet jellemzik.



31. ábra: A „B” tábla NDVI zónatérképe

Következő lépésben elkészítettem a zónatérképet, ami a 31. ábrán látható, majd szintén a centeres öntözőgép sugarában és a végén található vízágyú hatósugarában leválogattam az öntözött területrészt, amit a 32. ábra mutat.



32. ábra: A „B” tábla lehatárolt NDVI zónatérképe

ZONATION

Zonation 4

Created from GNDVI - Boundary-Komarom-0167-2

 Zonation

 Annotations

PRESCRIPTION

Average value	Area [ha]	Rate [units/ha]	Amount [units]
0.30	23.63	0.00	0.00
0.33	16.69	0.00	0.00
0.34	5.70	0.00	0.00
0.45	0.12	0.00	0.00
Total	46.13		0.00

33. ábra: A „B” tábla lehatárolt NDVI értékek

A 33. ábrán a lehatárolt öntözési zónatérképből készített értékek alapján megállapítottam, hogy az öntözött növényállományból 40,32 ha elhalt vagy már olyan stresszes állapotú, ami száradt állapotot mutat. A lehatárolt 46,13 ha-ból csak 5,82 ha-on található egészséges vagy mérsékelten egészséges növényzet. Jelen esetben elmondható, hogy a területen nem található teljesen egészséges növényzet. A teljes területnek a 49 %-án már csak száradás alatt lévő kultúrnövényekkel találkozhatunk, míg 51 %-án már teljesen elszáradt a növényzet.

A kiértékelt eredményekből megállapítottam, hogy a vízpótló öntözés ellenére sem lehetett olyan mennyiségű öntözővizet kijuttatni a területre, amely a növényállomány egészséges fejlődéséhez szükséges lett volna.

A felvételek eredményein keresztül bemutatásra került, hogy az öntözési lehetőség ellenére sem tudtak elegendő mennyiségű öntöző vizet biztosítani a termesztett kukorica számára. Az ortofoto-mozaikok előállítását követően az NDVI vegetációs index alkalmazásával folytattam tovább a munkát. Elegendőnek találtam csak a tárgyi indexnek a használatát, mert alkalmas a kultúrnövény egészségi állapotának felmérésére. Az elkészített zónatérképeken további lehatárolásokat végeztem, melyen csak az öntözött területek eredményeit mutatom be.

7. Összegzés

A szakdolgozatom célja a pilóta nélküli repülő eszköz alkalmazási lehetőségének bemutatása a precíziós szántóföldi növénytermesztésben.

A szakdolgozat első részében röviden ismertettem a drónok technológiai történetét.

Ezt követő részben az általános osztályzás szerint ismertettem a UAV-kat, mivel a mai napig nincs egyértelmű csoportosítás, ezért az általam ismertetett módszert találtam a leginkább értelmezhetőnek és a legjobban a témához kapcsolódó besorolásnak. Ezen kívül bemutatásra került a drónok szerepe a különböző ágazatokban, ideértve az infrastruktúra fejlesztés, környezetvédelmi célok, erdőgazdálkodás és az általam bemutatott mintaterület teljes feldolgozásában. Általánosan ismertettem a precíziós mezőgazdaságot és annak célját.

A precíziós mezőgazdaságban való alkalmazásának megértéséhez fontosnak tartottam, hogy ismertessem a távérzékelés során számunka lényeges spektrális tartományokat, és az elektromágneses kölcsönhatásnak szerepét. Az egészséges növényzet reflektancia görbéjének segítségével szemléltettem a különböző sávok specifikus tulajdonságait. A spektrális tartományok képalkotásához alkalmazott multispektrális és az RGB kamerák rövid jellemzésével folytattam a dolgozatomat, mivel ezeknek a kameratípusoknak az alkalmazása elengedhetetlen volt a dolgozat elkészítéséhez. Továbbiakban a mezőgazdaságban leggyakrabban alkalmazott a növényzet állapotának feltérképezéséhez használt vegetációs indexek kerültek ismertetésre.

A dolgozat befejező részében az általam légifelvételéssel felmért repcetáblán és kukoricatáblákon, a fentiekben említett vegetációs indexek segítségével képelemzést és értékelést végeztem el. A diplomamunkámnak köszönhetően széleskörű tapasztalatra tettem szert, mind gyakorlati, mind elméleti oldalon. A terepi felvételéztől kezdve, az irodai feldolgozáson át egészen a szakirodalmakban fellelhető tanulmányokból, olyan tudás birtokába kerültem, amit a későbbiekben alkalmazni tudok. A terepi felvételzés során megtapasztalhattam, hogy a drón alkalmazásával gyorsan és hatékonyan gyűjthetünk adatokat. Ismeretre tettem szert a felvételzéshez szükséges folyamatok elsajátításához. Az ortomozaik elemzése során betekintést nyertem, hogy az UAV technológia alkalmazásával milyen anomáliákat lehet kimutatni a táblán belül pl.: üzemi út, vetéskár, vadkár, belvízből, aszályból származó kár. A vegetációs indexek segítségével a gazdák pontosan megfigyelhetik a növényállomány egészségügyi állapotát és fejlődési stádiumát. Továbbá segít optimalizálni a növénytermesztési folyamatokat, mint a tápanyag- és vízellátást.

Tapasztalataim alapján elmondható, hogy a pilóta nélküli járművek használata igen hatékornynak bizonyult a mezőgazdasági szektorban. Alkalmazásukkal segítenek a gazdálkodóknak a döntéshozatalban, ami megkönnyíti a mindennapi munkájukat. A drónok gyakorlati alkalmazását könnyen és gyorsan el lehet sajátítani, míg a felvételek kiértékelése precíz munkát igényel, hogy a számunkra megfelelő információkat állítsuk elő. Ezek az információk segítségükben lehet a termőföld, termés, termés betakarítás, öntözés stb. megtervezésében.

8. Summary

The aim of my thesis is to demonstrate the potential of unmanned flying equipment in precision farming.

In the first part of the thesis I briefly described the technological history of drones.

In the following part I described UAVs according to the general classification, since there is no clear classification to date, I found the method I presented the most meaningful and the most relevant to the topic. In addition, the role of drones in various sectors including infrastructure development, environmental protection purposes, forest management and the overall processing of the sample area I presented was also presented. I also described precision agriculture in general and its purpose.

In order to understand its application in precision agriculture, I considered it important to describe the spectral ranges relevant to me in remote sensing and the role of electromagnetic interaction. I used the reflectance curve of healthy vegetation to illustrate the specific properties of the different bands. I continued my thesis with a brief characterisation of the multispectral and RGB cameras used for imaging the spectral ranges, as the use of these camera types was essential for the thesis. The vegetation indices most commonly used in agriculture for vegetation condition mapping were further described.

In the final part of the thesis, I carried out image analysis and evaluation on the rape and maize plots I had surveyed by aerial photography, using the vegetation indices mentioned above. Thanks to my thesis I have gained a wide experience, both practical and theoretical. From the field recording, through the office processing, to the studies in the literature, I gained knowledge that I can apply in the future. During the field recording, I was able to experience that data can be collected quickly and efficiently by using a drone. I gained the knowledge to master the processes needed to record. Through the analysis of orthomosaics, I gained insight into how anomalies can be detected within the field using UAV technology e.g.: farm road, crop damage, wildlife damage, damage from inland water, drought. The vegetation indices allow farmers to accurately monitor the health and developmental stage of the crop stand. It also helps optimise crop production processes such as nutrient and water supply.

In my experience, the use of unmanned vehicles has proven to be very effective in the agricultural sector. They are used to help farmers in their decision making, which makes their daily work easier. The practical use of drones is easy and quick to learn, while the evaluation of the images requires precise work to produce the right information for us. This information can help them to plan their land, crops, harvesting, irrigation, etc.

9. Irodalomjegyzék

- [1] <https://portal.nebih.gov.hu/-/magyarorszagon-elsokent-egy-rovarolo-szert-juttathatnak-ki-dronnal> Utolsó elérés: 2023.12.14.
- [2] Sachi N. M, J.V.R. Ravindra, G. Surya Narayana, Chinmaya Ranjan Pattnaik, Y. Mohamed Sirajudeen: Droone Technology Future Trends and Practical Applications, Scrivener Publishing LLC, 2023
- [3] <https://dronemanya.com/hu/post/a-dronok-fejlodesenek-tortenete> Utolsó elérés:2023.12.14
- [4] Alex Elliott: Drónok kézikönyve, CSER Kiadó, 2017
- [5] Vigh András: A drónok rendészeti alkalmazási lehetőségei, Belügyi Szemle, 2018/10
- [6] Jin Fan, M. Ala Saadeghvaziri: Applications of Drones in Infrastructures: Challenges and Opportunities, Conference LA USA, október 2019
- [7] Dr. Békési Bertold, Dr. Bottyán Zsolt, Dr. Dunai Pál, Halászné dr. Tóth Alexandra, Prof. Dr. Makkay Imre, Dr. Palik Mátyás, Dr. Restás Ágoston, Dr. Wühl Tibor: Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek, Nemzeti Közzolgálati Egyetem, 2013
- [8]<https://www.dupliglobal.com/dr%C3%B3nok-alkalmaz%C3%A1sa-a-mez%C5%91gazdas%C3%A1gban> Utolsó elérés: 2023.12.14.
- [9]https://www.oee.hu/hirek/agazati-szakmai/dronok_hasznalat_levego_erdogazdalkodas Utolsó elérés: 2023.12.14.
- [10] <https://agrarium7.hu/cikkek/2187-dronok-az-erdogazdalkodasban> Utolsó elérés: 2023.12.14.
- [11] <https://ispag.org/about/definition> Utolsó elérés: 2023.12.14.
- [12] Gaál Márta, Kiss Andrea, Péter Krisztina, Takácsné Gy. Katalin, Illés Ivett, Sulyok Dénes, Domonkos Csaba, Keményné H. Zsuzsanna: A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata, Agrárgazdasági Kutató Intézet, 2017
- [13] Verőné Wojtaszek Malgorzata: Fotointerpretáció és Távérzékelés, Nyugat-magyarországi Egyetem, 2011
- [14]<https://mezohir.hu/2022/09/25/agrar-dron-precizios-novenytermesztes-kamera-mezogazdasag/> Utolsó elérés: 2023.12.14.
- [15]<https://www.auravant.com/en/articles/precision-agriculture/vegetation-indices-and-their-interpretation-ndvi-gndvi-msavi2-ndre-and-ndwi/> Utolsó elérés: 2023.12.14.

[16] <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-enhanced-vegetation-index> Utolsó elérés: 2023.12.14.

[17] <https://www.dji.com/hu/p4-multispectral/specs> Utolsó elérés: 2023.12.14.

10. Ábrajegyzék

1. ábra: Távpilóta engedélyem

2. ábra: Többrotoros multikopter (DJI Phantom 4 Multispektrál drón)

<https://www.dji.com/hu/p4-multispectral> Utolsó elérés: 2023.12.14.

3. ábra: Drónok alkalmazásának területei

https://kozzszov.org.hu/dokumentumok/UMK_2017/3/05_Dronok_a_kozszolgalatban.pdf

Utolsó elérés: 2023.12.14.

4. ábra: DJI Phantom 4 Multispektrál felvételezés közben

<https://www.dji.com/hu/p4-multispectral> Utolsó elérés: 2023.12.14.

5. ábra: Tűzoltásra alkalmas drón

<https://agrarium7.hu/cikkek/2187-dronok-az-erdogazdalkodasban> Utolsó elérés: 2023.12.14.

6. ábra: Elektromágneses spektrumtartomány

https://hu.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1that%C3%B3_spektrum#/media/F%C3%A1jl:EM_spektrum_hu.svg Utolsó elérés: 2023.12.14.

7. ábra: Egyenlet

Verőné Wojtaszek Malgorzata: Fotointerpretáció és Távérzékelés, Nyugat-magyarországi Egyetem, 2011

8. ábra: A három jellegzetes felszínborítás

Verőné Wojtaszek Malgorzata: Fotointerpretáció és Távérzékelés, Nyugat-magyarországi Egyetem, 2011

9. ábra: Egészséges növényzet reflektancia görbéje

Verőné Wojtaszek Malgorzata: Fotointerpretáció és Távérzékelés, Nyugat-magyarországi Egyetem, 2011

10. ábra: Az egészséges és elszáradt növényzet reflektancia görbéje

Verőné Wojtaszek Malgorzata: Fotointerpretáció és Távérzékelés, Nyugat-magyarországi Egyetem, 2011

11. ábra: NDVI index értékeinek meghatározása

<https://www.auravant.com/en/articles/precision-agriculture/vegetation-indices-and-their-interpretation-ndvi-gndvi-msavi2-ndre-and-ndwi/> Utolsó elérés: 2023.12.14.

12. ábra: Repce tábla

13. ábra: Felvételezés előkészítése

14. ábra: DJI Phantom 4 Multispektrál kamerarendszere

<https://www.dji.com/hu/p4-multispectral> Utolsó elérés: 2023.12.14.

15. ábra: Repülési paraméterek I.

16. ábra: Repülési paraméterek II.

17. ábra: RGB ortofoto-mozaik

18. ábra: NDVI ortofoto-mozaik

19. ábra GNDVI ortofoto-mozaik

20. ábra: OSAVI ortofoto-mozaik

21. ábra: Komáromi kukorica

22. ábra: Az „A” tábla repülési terve

23. ábra: A „B” tábla repülési terve

24. ábra: Az „A” tábla RGB ortofoto-mozaik képe

25. ábra: A „B” tábla RGB ortofoto-mozaik képe

26. ábra: „A” tábla, NDVI index megjelenítése

27. ábra: Az „A” tábla NDVI zónatérképe

28. ábra: Az „A” tábla lehatárolt NDVI zónatérképe

29. ábra: Az „A” tábla lehatárolt NDVI értékek

30. ábra: „B” tábla, NDVI index megjelenítése

31. ábra: A „B” tábla NDVI zónatérképe

32. ábra: A „B” tábla lehatárolt NDVI zónatérképe

33. ábra: A „B” tábla lehatárolt NDVI értékek

11. Táblázatjegyzék

1. táblázat: Főbb különbségek a hagyományos és a precíziós gazdálkodás között

Prof. Dr. Tamás János: A precíziós mezőgazdaság szerepe, jelentősége

2. táblázat: Elektromágneses spektrumtartományok jellemzése

3. táblázat: Mezőgazdaságban leggyakrabban alkalmazott vegetációs indexek