

SZAKDOLGOZAT

Mercsek István Richárd

Mezőgazdasági mérnöki alapképzés –(BSc)

Készthely

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Georgikon Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnöki alapképzés

**A MULTISPEKTRÁLIS TÁVÉRZÉKELÉS
ALKALMAZÁSA A PRECÍZIÓS
NÖVÉNYTERMESZTÉSBEN**

Belső konzulens: Dr. Busznyák János
egyetemi docens

Készítette: Mercsek István Richárd
JIQMSP
Nappali tagozat

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet/
Mérnökinformatika tanszék

Készthely 2024

Tartalom

1. Bevezetés és célkitűzés	4
2. Irodalmi áttekintés	6
2.1. Drónok csoportosítása	6
2.1.1. Hajtás szerint	7
2.1.2. Méret és tömeg szerint	8
2.1.3. Vezérlés fajtája szerint	8
2.1.4. Szárnyszerkezet szerint	9
2.2. Jogszabályok drón reptetésre	9
2.2.1. Magyarországi jogszabályok	9
2.3. Térinformatikai alapok	12
2.3.1. Távérzékelés	12
2.3.2. Multispektrális rendszer	13
2.3.3. Vegetációs indexek	13
2.4. A felhasznált szoftverek az adatok feldolgozásához	14
2.4.1. A QGIS szoftver bemutatása	15
2.4.2. Az R szoftver	15
3. Anyag és módszer	17
3.1. A terület kiválasztása, bemutatása	17
3.1.1. A területen termesztett növény	19
3.1.2. Terület felvételezése és lerepülése	20
3.2. A műhold felvételek letöltése	23
3.3. A drón fotók feldolgozása	24
3.3.1. A QGIS szoftverben a képek feldolgozása	25
3.3.2. Az R szoftverben a képek feldolgozása	27
4. Eredmények	30
5. Következtetések és javaslatok	34
6. Összefoglalás	36
7. Irodalomjegyzék	39
8. Ábrajegyzék	43

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A precíziós mezőgazdasági technológia használatára Magyarországon az utóbbi években egyre többen nagy hangsúlyt fordítanak és a technika fejlődése és terjedése folyamatos. Az agráriumban a távérzékelési felvételek felhasználhatósága és felhasználása iránt jelentős az érdeklődés. Egyre több gazda érdeklődik az új technika és a szolgáltatás iránt. A távérzékelési felvételek nem váltják ki a saját magunk által végzett határszemléket, de mint egy plusz szolgáltatás és információ nagy segítségünkre van a gazdaságos gazdálkodásban. A vegetációs térképek segítségével a termő területeinkről új és fontos információkat nyerhetünk. Ezért is gondoltam, hogy ez a téma számomra érdekes és egyben hasznos is lehet mivel, a dolgozatban használt kutatási technikát az életben is tudom majd hasznosítani.

A dolgozatomban egy drón és műhold által készített felvételeket fogok vizsgálni különböző szoftverek és vegetációs indexek alapján. A felvételeket nem csak a GIS szoftverrel dolgozom fel, hanem ingyenes statisztikai szoftverrel GEO statisztikai eszközzel. Szeretném bemutatni, hogy miként lehet téradat adatbázisokat előkészíteni statisztikai adatfeldolgozásra vagy feldolgozásra vagy elemzésre.

Célom a multispektrális képek felhasználhatóságának a bemutatása és a figyelemfelhívás erre a technikára. A speciális kamerával készített felvételekkel alaposabban tanulmányozható az adott növényi kultúra fejlődése vagy éppen a fejletlensége. A nehezen megközelíthető és a távoli helyekről is készíthetők felvételek. Drónnal feltérképezni a területet lényegesen gyorsabb, mint személyes bejárással. A drónra szerelt kamera több fotót is készítenek az adott területről, ami tárhelyre menthető és az elemzett felvétel visszanezézhető később is. Az elvégzett tevékenység hatása összevethető a régi és az új képekkel nem csak ez emlékeinkre, jegyzeteinkre kell hagyatkoznunk. A saját döntésünk hatékonyságát is ellenőrizhetjük ezekkel a felvételekkel.

A kamera felvétel által adott adatok segítségével képesek vagyunk a korai problémák, gócok felfedezésére, így a mielőbbi beavatkozás gyorsan megtörténhet és az érintett terület nagysága is könnyen meghatározható. Az adott terület nagyságát és pontos helyét is megtudjuk határozni a képfelvétellel, így a terület kezelése is pontosan megtörténhet és nem kell az egész területet kezelni, vagy nagyobb, mint ami szükséges. A termés érési folyamata is nyomon követhető a felvételek kapcsán, ami a betakarítás megkezdését és ütemezést is lehetővé teszi.

A technikai fejlődés fontos az agráriumban is, nem csak a föld megművelő és a betakarítást segítő technikák, hanem a növények fejlődésének elemzése is. A mai felgyorsult világban és a

folytonosan változó, előre kevésbé kiszámítható időjárási környezet is gyorsabban változik, mint a korábbi évtizedekben. A gyors reagálás a különböző helyzetekre modern technikai eszközök igénybevételét teszi szükségessé.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A drónokat először háborús célra fejlesztették és használták. Az első drón 1918-ban épült meg. A repülőgépekkel ellentétben a vezérlésük távirányítású, emiatt is sokkal kisebbek a hagyományos repülőgépeknél (Kálmán, 2023).

A legszámottevőbb csoportosításuk az, amibe a repülő járművek és a repülést biztosító rendszerek is beletartoznak, illetve alapvető fogalmak a drónokról és a pilóta nélküli eszközökről.

- UAV – (Unmanned Air Vehicle) azt a légi járművet jelöl, aminek fedélzetén nincs irányító ember (Basnayaka, 2020).
- UAS – (Unmanned Aircraft System) **Az UAS egy másik, szintén gyakori rövidítés, jelentése pilóta nélküli légijármű rendszer. A meghatározás sugallja, egy összetett rendszer, amelynek egyik eleme a drón, valamint az azt távolról vezérlő berendezés. Ez a hivatalos szakkifejezés az Európa unió és a magyar szabályozásban** (Tuzson, 2012).
- RPV – (Remotely Piloted Vehicle) eseteként RPA – (Remotely Piloted Aircraft) pilóta által irányított légijármű vagy repülőgép rövidítése (Palik , 2013).
- RPAS – (Remotely Piloted Aircraft System) Lényegében ugyan az, mint az UAS. Általában az európai civil alkalmazásokat szorgalmazó civil szervezetek használják elsősorban ezzel jelezve a katonai rendszerek közötti különbséget (Palik , 2013).
- UCAV – (Unmanned Combat Aerial Vehicle) és az UCAS (Unmanned Combat Aerial System) Felfegyverzett, fegyveres alkalmazásra képes, pilóta nélküli harci repülőgép, illetve rendszer rövidítése. Fontos megjegyezni, hogy civil ember nem használhat ilyen eszközöket. (Békési, és mtsai., 2015).

A drón elnevezést használják minden olyan légijárműre, amelynek a fedélzetén nem tartózkodik pilóta, amely utal az UAS-ok csoportjára.

2.1. Drónok csoportosítása

A kategorizálás többféle módon is lehetséges, nem csupán a fent említettek szerinti –

kézzel vagy előre programozva irányítás – csoportosítás. A kategorizálás lehetséges: hajtás szerint; méret és tömeg szerint; vezérlés fajta szerint; szárnszerkezet szerint (Lennert , és mtsai., 2018).

2.1.1. Hajtás szerint

A drónokat helikopter és multikopter csoportokba tudjuk kategorizálni. Az egyik jelentős eltérés az, hogy míg a helikopter a forgószárnyak dőlésszögét módosítja a felhajtó erő szabályozásához, addig a fix dőlésszögű multikopter a rotorok forgási sebességét változtatja erre a célra. (Lennert , és mtsai., 2018).

Az általunk ismert drónok nagy része multikopter. Ezek közül is a legelterjedtebb a 4 karos 4 rotoros multikopter, más néven a quadrocopter (1. ábra).



1. ábra Quadrocopter (Forrás: Saját kép)

Használunk kevésbé elterjedt fajtákat a 3 karos 3 rotoros, 3 karos 6 rotoros, 6 karos 6 rotoros (hexacopter) és 8 karos 8 rotoros (octocopter) drónt is. A drónoknál a minél több kar és a karokon minél több rotor helyezkedik el egy kopteren az annál stabilabb. A több rotornak és karnak további előnye használat közben a relatív jól terhelhetőség és a könnyebb irányítás. Ezeket a típusokat általában felvételezésre és permetezésre használják (Gyaraki , 2020)

2.1.2. Méret és tömeg szerint

A pilóta nélküli légi járműveket hasznos terhet is magukban foglaló maximális felszálló tömeg alapján is csoportosíthatjuk. A csoportosítás a *38/2021. (II.2.)Korm. rendelet a pilóta nélküli állami légi járművek repüléséről* (továbbiakban Drónrendelet) alapján történik.

- A1-A2 kategória: maximum 4 kilogramm
- B1-B2 kategória: minimum 4 kilogramm és maximum 25 kilogramm
- C kategória: minimum 25 kilogramm és maximum 150 kilogramm
- D kategória: 150 kilogramm és 600 kilogramm közötti
- E 600 kilogramm fölötti kategória (38/2021 (II.2) Korm. rendelet, 2021).

2.1.3. Vezérlés fajtája szerint

A pilóta és a drón közötti kommunikáció egy vezetékek nélküli rendszeren jön létre. A leggyakrabban használt vezérlési módszerek:

- VLOS (Visual Line of Sight) Látóhatáron belüli vizuális távirányított reptetés. Ami annyit jelent, hogy a saját szemünkkel követhetjük az égbolton a drónt (Therese , 2017)
- EVLOS (Extended Visual Line of Sight) Kiterjesztett látóhatáron belüli vizuális távirányított reptetés. Bizonyos országokban a látóhatáron belüli reptetésnek jogszabályban szabnak határt ez lehet 100m, 500 m és 1000 m. A kiterjesztett látóhatár a törvényben megadott külső határtól eltérő reptetést teszi lehetővé speciális körülmények között, amikor a látóhatár ezt meg is engedi (Bakó, 2015).
- BVLOS (Beyond Visual Line of Sight) A látóhatáron túl történő távirányított drón reptetés hivatalos rövidítése (Bakó, 2015).
- FPV (First Person View): Kamera kép segítségével irányított drón. A pilóta és a gép közötti kapcsolat egy vezetékek nélküli rendszeren jön létre, amelynek része a valós időben le sugárzott kép, így a pilóta a drón kamera nézőpontjából irányít, ez teljesen olyan érzés ad az irányítónak mintha a fedélzetén tartózkodna (Machiavel, 2024).
- Autonomous UAV (programozható légi jármű): Automatikus fel és leszállásra és repülő üzemmódra képes platform, amely előre programozott repülési nyomvonalat repül le. A drón amennyiben alkalmas, az előre programozott koordinátákon működésbe hoz kiegészítő berendezéseket mint, például: multispektrális kamera vagy permetező berendezés (Bakó, 2015).

- Cognitive autonomous aircraft: Önrendelkezésű repülő platform, amely előre beprogramozott parancsrendszer, utasítások szerinti válaszokat adja a környezeti tényezők és felderítés közben tapasztalt helyzetekre. Jelenleg civil embereknek tilos az ilyen jellegű UAV használata, mert működése nem megbízható (Bakó, 2015).

2.1.4. Szárnyszerkezet szerint

Az UAV-kat szárnyszerkezet szerint két csoportra oszthatjuk fel. A merevszárnyú és a rotoros gépekre. Az előzőbe a repülőgépek tartoznak az utóbbi csoportba pedig a copterek. A repülőgépek előnye, hogy a repülési idejük nagyobb, hosszabb távolságokat is viszonylag gyorsan tudják megtenni. A rotoros gépek előnye, hogy tudnak a levegőben egy helyben lebegni és a felszállásra, leszállásra se kell nagy, hosszú kifutópálya (Vic, 2014).

2.2. Jogszabályok drón reptetésre

Az elmúlt pár évben sok változás történt a drónok EU-n belüli használatában. Fontos, hogy a drónpilóta naprakész legyen a legújabb szabályokkal kapcsolatban, hogy biztonságosan és legálisan tudja használni drónját. A jelenlegi drónszabályozás megértése alapvető fontosságú mindenki számára, aki biztonságosan és felelősségteljesen szeretné használni felszerelését. A 2019-es évben az Európai Unió teljes körű szabályozási reformot hajtott végre a drónokkal kapcsolatban, célja pedig az volt, hogy összehangolja és egységesítse a tagállamok korábbi szabályozásait, és egységes jogi keretrendszert teremtsen a területen. (MyActionCam, 2024).

2.2.1. Magyarországi jogszabályok

Magyarországon a drónozással kapcsolatos alapszabályokat, fogalmakat az *1995. évi XCVII. törvény a légiközlekedésről* tartalmazza, amely *2020 évi CLXXIX. törvény – a pilóta nélküli légijárművek üzemeltetésével összefüggő egyes törvények módosításáról* szóló törvény elfogadásával került beépítésre.

Nemcsak a fenti jogszabály rendezi a drónhasználat kérdéseit, hanem a már hatályban lévő jogszabályok kerültek módosításra kiegészítésre, ezek a *2012. évi II. törvény a szabálysértésekről, a szabálysértési eljárásról és a szabálysértési nyilvántartási rendszerről (a továbbiakban: Szabs. tv.)*, *2012. évi C. törvény a Büntető Törvénykönyvről (a továbbiakban: Btk.)*

A későbbiekben még történtek változások. További két kormányrendelet került elfogadásra a drónok üzemeltetésére és reptetésére vonatkozó új szabályokat megállapító jogszabály csomag részeként. *Drónrendelet és a 39/2021 (II. 2.) kormányrendelet egyes légiközlekedési tárgyú kormányrendeletek módosításáról.*

Ezekkel a törvényi módosításokkal eleget tett a törvényhozás az európai jogharmonizációs kötelezettségnek ezen a területen. A jogszabályok célja, mind az uniós és a magyar jogszabályoknak a biztonságos, felelősségteljes drónhasználat, a személyiségi jogok az emberi élet, a testi épség, a személyes szabadság, a magánélet védelmének jogát maradéktalanul megőrizni a jogszabályok maradéktalan betartásával.

Önálló dróntörvénnyel Magyarország nem rendelkezik.



2. ábra Magyarország drón jogszabály (Forrás: <https://myactioncam.hu/2024-dron-szabalyok-friss-informaciok-a-dronhasznalathoz-312>)

Európában a drónok használatát vizsgához kötik 2021 óta, így hazánkban is kötelező a vizsga megléte. Az országban a pilóták oktatását végző szervezet a Közlekedési Alkalmassági és Vizsgaközpont Nonprofit Kft. A vizsgára való jelentkezés feltétele a betöltött 16. életév, a tanfolyam elvégzése és a képzési díj befizetése. A vizsga elméleti teszt formájában valósul meg számítógépen. Magyarországon az összes tanfolyam elvégzése díjköteles, azonban külföldön az A1/A3 képzés ingyenesen elvégezhető és csak az A2 szint díjköteles. A magyar hatóság elfogadja a kölcsönösség elve alapján a külföldön megszerzett minősítést. A mezőgazdasági monitoring felmérésekhez az A1/A3 kategória is megfelelő, ezt a vizsgát én is sikeresen teljesítettem (3. ábra) (KAV, 2024).



3. ábra Drón jogosítvány (Forrás: Saját kép)

A rendelet a 120 gramm maximális felszálló tömeget el nem érő és kamerával fel nem szerelt gépekre, amely a pilótától 100 méternél nagyobb távolságra eltávolodni nem képes nem vonatkozik, mivel ezek a játék drónok kategóriába tartoznak (KAV, 2024).

Magyarországon 2021-től, ha a repülés lakott területen kívül vagy nem eseti légtérben történik, a mydronespace alkalmazás segítségével kell légtérrel igényelni. Az applikációban megtalálható funkciók között szerepel a drónok számára kijelölt tiltott területek. (Mydronespace, 2021).

A 2021. július 31. után a katonai légügyi hatóság jelöli ki a lakott terület feletti eseti légtér használatát. Ez szükséges annak érdekében, hogy a veszélyes és korlátozott légtér biztonságos legyen, és védelmet nyújtson a közrend, közbiztonság és magánéleti vagyonok számára. Ezt az eseti légtér használatát csak akkor lehet igénybe venni, ha a mydronespace alkalmazásban történik az eseti légtér kijelölése, amelyben tájékozódni lehet az esetleges ideiglenes korlátozásokról (Mydronespace, 2021).

Aki a mydronespace alkalmazáson belül nem igényli meg a légtérrel és a drónt használatát nem jelenti be az szabálysértést követ el. Az engedély nélküli használat következtében, ha bármilyen baleset következik be a használó felelősségre vonható. A mydronespace ingyenes alkalmazást Android és IOS alapú telefonokra letölthető ezt követően egy regisztrációra van szükségük. Itt meg kell adni a személyes adatainkat és a drónunk fontosabb adatait. Az oldal internetes felületén oktató videókat találunk a drónok szabályos alkalmazásáról és használatáról, rövid mindenki számára érthető pontokba szedett grafikus ábra szemlélteti a drónozás szabályait. A legfrissebb hazai és nemzetközi hírekről is olvashatunk a honlapon (Mydronespace, 2021).

2.3. Térinformatikai alapok

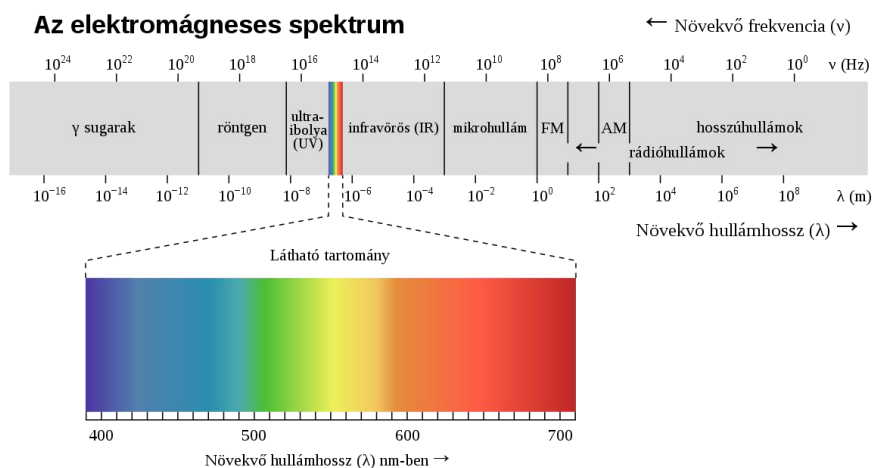
A térinformatika angolul geographic information system ennek a rövidítése: GIS. A térinformatikai rendszerek a hardver, szoftver, térbeli adatok és kezelő személyzet szervezett együttese. A helyhez kötött jelenségekkel és az ez közötti térbeli elemzéssel foglalkozik. Az elvégzett elemzéseket grafikusán tudja megjeleníteni, ilyen lehet például egy NDVI színezésű digitális térkép (Siki, 2016).

2.3.1. Távérzékelés

Az első Landsat műhold 1972-es működésével megkezdődhetett a távérzékelés szó használata. Magának a távérzékelés szónak a jelentése legegyszerűbben úgy megfogalmazható, ha ezt írjuk: a vizsgált objektummal nincsen semmilyen fizikai és közvetlen kapcsolatunk (Sárközy, 2015).

Az emberi szem a 390-750 nanométer között lát ezt úgy hívjuk, hogy látható- fény vagy - spektrum tartomány. Az emberi szemnek a látható főszínek az RGB ez a vörös, zöld és a kék szín. Az ezeken kívül eső hosszabb hullámú energia csak speciális kamerákkal vizsgálható (4. ábra)(Chili, 2018).

Az anyagok, amik körülvesznek minket részben elnyelik, illetve részben visszaverik a fényt. Amikor a növény színét vizsgáljuk akkor lényegében a növény által visszavert fény hullámhosszáról beszélünk. A növényzet egészségesen fotoszintetizál akkor körülbelül 530 nanométer a visszaverődő hullámhossz. A szemünk mindezt zöld színnek látja. A növények több tényezője is az infravörös tartományba esik, amit szemünk nem lát. Erről a tartományról tudunk felvételeket készíteni és informatikai programokkal láthatóvá válnak és fontos információkhoz tudunk hozzájutni (Menyhért, 1993)



2.3.2. Multispektrális rendszer

A multispektrális kamerák a három alap (RGB) hullámhosszon kívül a közeli és távoli infravörös hullámhosszon készítenek azonos időben felvételt. Ez azt jelenti, hogy egy 5 szenzoros kamera egy kép készítésnél 5 különböző hullámhosszon készít képet egyszerre. A drónunk, ha fel van szerelve egy ilyen multispektrális kamerával akkor sok információ nyerhető és növényi téren vizsgálható a legfontosabb paraméterek. A kameráknak beeső fény szenzorjuk van és ezáltal minden felszállás előtt kalibrációt kell elvégezni. A kamerák a fény viszonyoknak megfelelőek és ez által valós adatokat kapunk. A kamera felvétel által adott adatok segítségével képesek vagyunk a korai problémák, góccok felfedezésére és például a nitrogén-ellátottság megállapítására. Ezeket a problémákat egy szabad szemmel végzett szántóföldi szemlén sokkal nehezebben vagy egyáltalán nem vennénk észre. A multispektrális kamera adataival képesek vagyunk vegetációs térképet létrehozni ezek közül a leggyakoribb az NDVI, de érdemes megemlíteni az NDRE, GNDVI, SIPI2, TGI kalkulálható indexeket is (Agron team , 2020).

2.3.3. Vegetációs indexek

A vegetációs indexek alkalmasak a kultúrnövények állapotának és termőképességének mérésére, ezért a várható hozamok előrejelzésében is fontos szerepet töltenek be. Ezen túlmenően a növényzet sűrűségének diagnosztizálására is alkalmas, amelyből a kelés, csírázás és fejlődés egyenletességére is lehet következtetni. Használhatók még talajtípusok, vízfelületek elkülönítésére, növényi stressz és degradációs vizsgálatokra is. A mezőgazdaságban leggyakrabban használt indexek elsősorban vörös és közeli infra hullámhossz tartomány spektrális jellemzőire épülnek (Diriczi, 2017).

Érdemes bemutatni pár fontosabb vegetációs indexet:

- Az NDVI - Normalizált Vegetációs Index. A legtöbbet használt vegetációs index. Ezt az indexet a felszínborítás vegetációs aktivitására alkalmazzuk. A felszín növényborítottságot vizsgáljuk és az NDVI érték a növény klorofil tartalmával összefüggésében változik. Az index -1 és 1 között lehet. A -1 érték a vízre utal, 0 és 0,3 közötti érték növényzetmentességre utal; a 0,3 és a 0,4 közötti érték a csiránövényekre vagy a betakarítás után maradt gyomokra; a 0,4-től 0,6-ig terjedő értéknél átlagos vegetációs időszakról van szó tavasszal, de megbetegedett, rovarrágás is lehetséges

vagy egyéb okok miatt károsult növényzetről van szó. A 0,6-nál magasabb érték sűrű egészséges növényzetet jelent ezt sötét zöld színnel jelöljük. A fehér szín a felvételen a hóval fedett területeket mutatja. Az NDVI érték kiszámítása az alábbi képlettel történik $(NIR - RED) / (NIR + RED)$ azaz a tartományba vizsgált sávok a vörös és a közeli infra (Rouse, és mtsai., 1974) (digitális agrárakadémia, 2021).

- **GNDVI – Zöld Normalizált Vegetációs Index.** A GNDVI-nál a zöld spektrumot mérjük, ellentétben az előbb bemutatott a NDVI indexnél ugyanis ott a vörös spektrumot vizsgáltuk. A zöld spektrumot a 0,54 és 0,57 közötti tartományban elemezzük. Ezt az indexet rendszerint a nitrogén koncentrációjának és a növényi levelek nedvességtartalmának meghatározására alkalmazzuk, ugyanis ezek nem rendelkeznek extrém vörös csatornával. Illetve megtudjuk állapítani a növény klorofill koncentrációját és a növényi stressz mértéket. Az index kiszámításához az elemezni való sávok a zöld és a közeli infra, az index képlete: $(NIR - GREEN) / (NIR + GREEN)$ (ArcGIS Pro , 2013) (Gitelson, és mtsai., 1988).
- **NDRE – Normalizált Vegetációs Vörös Él Index.** Ezt az indexet a növények vegetációs időszakának vége felé tudjuk használni. Az index megmutatja, hogy a növények klorofill mennyisége mekkora és ha szép egyöntetű zöld színezést kapunk, akkor a növény érett és készen áll a betakarításra. Az indexet a közeli infra és a vörös él tartomány kombinációjával számolhatjuk ki az adott képlet alapján $(NIR - RE) / (NIR + RE)$. A klorofill tartalmat a hivatalos index skálán -1 és +1 közötti sávban vizsgáljuk. Az érték 0,2 alatt általában talajt vagy belvizet mutat; a 0,2 és 0,6 közötti érték beteg, kártevőkkel fertőzött, tápanyaghiányos, sérült vagy éretlen növényekre utal. A 0,6 fölötti érték az egészséges betakarításra készen álló növényt jelzi (Jakab, és mtsai., 2020).
- **TGI – (Triangular Greenness Index) Magyarra fordítva Háromszög Zöltségi Indexet** jelenti. Az indexet a vörös, zöld és a kék sávokkal számítjuk ki, ennek a képletnek a segítségével: $(GREEN - (0,39 * RED) - (0,61 * BLUE))$. Az indexel a növények klorofill tartalmát tudjuk vizsgálni (Hunt, és mtsai., 2012).

2.4. A felhasznált szoftverek az adatok feldolgozásához

A drónfelvételeket és a letöltött műhold képeket kettő különböző szoftver segítségével vizsgáltam, melyeket az alábbiakban kívánok bemutatni.

2.4.1. A QGIS szoftver bemutatása

A QGIS egy ingyenes és nyílt forráskódú térinformatikai rendszer. A QGIS bárki számára letölthető az alábbi platformokra Windows, Mac, Linux, BSD, és mobil eszközökre. A legelső verzió 2002-ben jelent meg azóta folyamatosan fejlődik és frissítik a szoftvert. A QGIS projektért hivatalosan felelő készítői csapat az Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) (QGIS, 2024).

A QGIS szoftvert térinformatikai adatok megjelenítésére, szerkesztésére és elemzésére használtam. A drón felvételek elemzéséhez a Semi-Automatic Classification Modul (SCP): Félig automatikus osztályozási modult használtam, melyet Luca Congedo fejlesztett. Az SCP átfogó célja, hogy egymással összefonódó eszközöket biztosítson a raszter feldolgozáshoz, ezáltal automatikus munkafolyamatot hozz létre és megkönnyíti a területek automatikus osztályozását. A modulban több algoritmus is rendelkezésre áll a területek osztályozásához (Congedo, 2016).

2.4.2. Az R szoftver

Az R szoftver ingyenesen letölthető és telepíthető Windows, Linux és Mac operációs rendszerekre. Az R egy olyan programozási nyelv, amely alkalmas statisztikai számítások és ábrák készítésére. Az R egy program környezet, ami azt jelenti, hogy nem csak specifikus számolási eljárásokat használhatunk, hanem egy olyan lehetőséget kapunk, ami tetszőleges célú további számolási algoritmusok kifejlesztésére, programozáshoz és a kidolgozott algoritmusok tesztelésre is alkalmas. Az R számos jó tulajdonsággal rendelkezik. Az előnyös tulajdonságait felhasználói és adatfeldolgozási szempontból említeném meg felsorolás formájában.

- Korlátozás nélkül használható
- Könnyen telepíthető az R honlapjáról
- A program használatát segítő több ezer oldalnyi terjedelmű dokumentáció le tölthető a világ számos nyelvén a hivatalos honlapról.
- Negyedévente megjelenő kiadvány (Newsletter) által kapunk segítséget az R nyújtotta lehetőségek jobb megismerésében. (Tóthmérész, 2006)

Az R telepítése igen egyszerű. A telepítéshez a hivatalos R Project honlapot kell felkeresni ([R: The R Project for Statistical Computing \(r-project.org\)](https://www.r-project.org/)). A honlapon a CRAN linkre kattintva,

amit a képernyő bal oldalán találunk, láthatjuk, hogy mely szerverekről tölthető le a program. Magyarországon nincsen szerver, így célszerű a hozzánk legközelebbi Ausztriai szervert választani. Az install egy *exe* fájl formájában tölthető le. Ez nagyjából 79 MB méretű. A letöltést követően az installálás egyszerűen elvégezhető.

Miután az R telepítése megtörtént következhet az RStudio letöltése. Fontos, hogy először az R-t telepítsük. Az Rstudio az R integrált fejlesztőkörnyezete, amely programozási nyelv statisztikai számításokhoz és grafikához használható (Szűcs , és mtsai., 2018).

Az RStudio-t ezen a linken keresztül érhetjük el: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/> . Az oldalon az Install RStudio linkre kell kattintani. Itt mindig a legújabb verziót találjuk. A letöltés után szintén installálni kell a programot, ami szintén nem túl bonyolult. Ha ezeket a lépéseket teljesítettük fogjuk tudni használni a szoftvert a képek elemzésére (Tóthmérész, 2006).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A terület kiválasztása, bemutatása

A felvételek elkészítéshez Matrice 210 V2 drónt használtam, ami fel volt szerelve egy Micasense MX RedEdge DJI Skyport multispektrális kamerával. A drónt szétszerelt állapotban a saját dobozában tudjuk a legbiztonságosabb módon szállítani. A kísérlet helyszínén került összeállításra a drón. A multispektrális kamera szintén a saját dobozában került szállításra. A kamera fénymérőjét nem kell minden használat után levenni. A drón összeállítása viszonylag egyszerűen történik az alábbiak szerint. Az első lépés a talpak és a váz összecsatlakoztatása, ami kúpos rögzítéssel és csapos biztosítással történik meg. A második lépés a forgó szárnyak felszerelése. A szárnyaknál a szürke jelölésűek keresztirányúan kerülnek rögzítésre. Nagyon fontos, hogy a felszállás előtt még egyszer ellenőrizzük a szárnyak megfelelő rögzítettségét. A következő lépés a kamera és a fénymérő kábelek csatlakoztatása. A kamera rögzítése bajonettzárral a kioldása pedig egy gomb megnyomásával történik. Az akkumulátorokból minimum kettő darab kell a drón használatához, mindig párban és inicializálni szükséges. Ha ezeket a folyamatokat mind elvégeztük és leellenőriztük, akkor már csak be kell kalibrálni a kamerát és a kamera WIFI-t (5. ábra).



5. ábra Kamera kalibrálása (Forrás: saját fotó)

Keszthelyen a Georgikon Campus tanüzem területén található földterületet választottam a kísérletem helyszínéül a fenyves allé melletti földterületet (6. ábra). A területen őszi káposztarepce került elvetésre. A drón reptetéshez nagyon fontos a megfelelő időpont és az optimális időjárás. Erős szélben a drón reptetése nem ajánlott, mivel nagyon könnyen lezuhanhat. A felvétel ősszel, 2021.10.23-án történt. Az égbolton nem voltak felhők, viszonylag szélcsendes idő volt (Mercsek , 2022).



3.1.1. A területen termesztett növény

Őszi káposztarepce (*Brassica napus*) származása Dél- Nyugat Európa és Észak- Afrikára tehető. A teljes vetés területe a világon 26 millió hektár. Az évi termés 40-42 millió tonna közzé tehető. Termesztése legnagyobb részben Ázsiai kontinensre esik. India, Pakisztán és Kína a legnagyobb mennyiségben termelő országok. Európában termesztésre elsősorban Nyugat és Észak Európában a legkedvezőbbek az ökológiai körülmények. Magyarországon csak az őszi káposztarepce termesztése indokolt és gazdaságos. Búzának kiváló előveteménye (Halász, 2016) .

Olajának jellege nem száradó és az erukasav csoportba tartozik. Kezdetben világító olajként volt jelentősége. Napjainkban étolaj, margarin felhasználása mellett erőgépek üzemanyagaként is szolgál. Állatok takarmányozásában, mint repcedara vagy őszi takarmánykeverék komponens, például keszthelyi keverék (IKR agrár, 2022).

A káposztarepce a keresztes virágúak családjába tartozik. Két formáját ismerjük őszi- és tavaszi káposztarepcét. A Nemzeti Fajtalistán 50 fajta és hibrid található (Nemzeti élelmiszerlánc-biztonsági hivatal, 2023). Az erukasav tartalmat sikerült a nemesítőknek teljes mértékben lecsökkenteni. Olajtartalmát próbálják növelni a cél az 50%, jelenleg 42-47% körüli a tartalom. A jó olajösszetételhez magasabb olajsav és alacsonyabb linolénsav tartalom a cél (Halász, 2016).

A repce gyökere orsó alakú, 200 cm-re is letolhat. Szára elágazó, dudvás, viaszos, magassága 110 és 180 cm között van. Nemesítők céljai között szerepel a minél nagyobb elágazásszám és a nem túl magas növekedés az úgynevezett féltörpe. A levelek egy növényen többféle alakú az elhelyezkedés szerint: rozetta, alsó-, középső-, felső- szárlevél. A virágzat sátorozó fűrt, rajta sárga keresztes virágok. Virágzás alulról felfelé, igen elhúzódó akár 40 napig is eltarthat. A virágok nagy része ön-, kis részben idegen-megtermékenyülő. Termése becő 19-22 darab maggal, két sorban (Halász, 2016).

A fejlődési szakasza vegetatív és generatív szakaszból áll. A vegetatív szakasz a keléstől a szárba indulásig tart. Fontos a megfelelő időben való vetés, mivel tére a 9-11 leveles tölevélrózsás állapotot el kell érnie. A vetés augusztus végétől kezdődhet és szeptember közepéig be kell fejezni. Az új fajta hibrideket 50-60 tő/m², ehhez 0,6-08 millió csíra; 2,5-3,5 kg/ha mag szükséges. A vetésnél általában dupla gabona sortávra vetjük, 2-3 cm mélységbe. A

generatív szakasz a szárba indulástól az érésig tart. A repcénél nagyon fontos a növényvédelem. A gyomokra leginkább ősssel és kora tavasszal kell figyelni ugyanis később elnyomja őket a repce. Ősszel jelentkező gyomok kalászos árvakelés, tavasszal a ragadós galaj, mezei acat. A repcének sok betegsége van, de ritkán lépnek fel, ezek lehetnek Rizoktónia és a fehérpenész. A legtöbb kárt az állati kártevők okozzák. A növény minden részét megtámadják, időben elvégzett vegyszeres védekezés döntően fontos. A csíranövényt jellemzően bolhák és a káposztalégy támadhatja meg. A virágra jellemzően repcefénybogár, repcebecő-ormányos és a becőgubacsszúnyog a legveszélyesebb (Halász, 2016).

A betakarítás egy menetben, átalakított gabonakombájnnal történik, június vége július elején. Fontos a megfelelő érettség az aratásnál, mivel a repce mag nagyon könnyen kipereg. (Halász, 2016)

3.1.2. Terület felvételezése és lerepülése

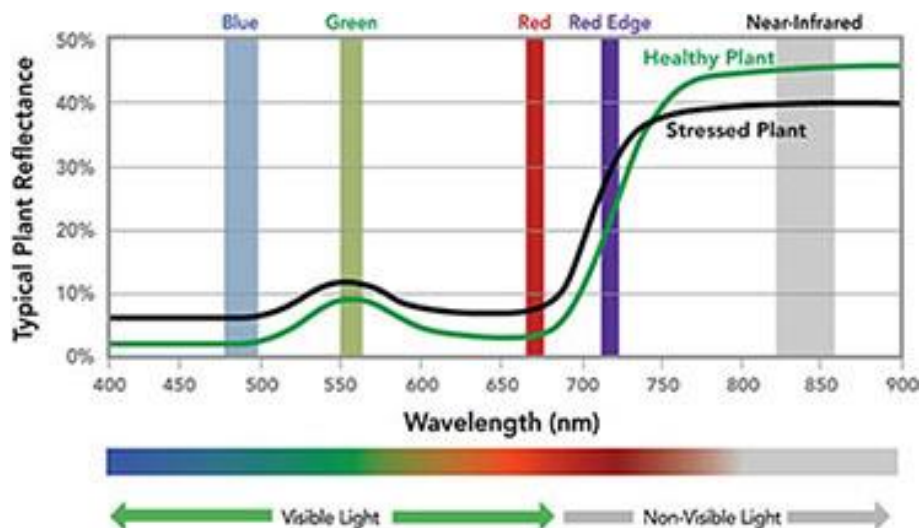
A felvétel elkészítéséhez egy Matrice 210 V2 drónt használtam (7. ábra). Ennek a drónnak a fontosabb specifikációi:

- Mérete összeszerelt állapotban: 883x886x398 mm
- Súly: 4,8 kg (2 db akkumulátorral)
- Max felszállási tömege: 6,14 kg
- Max szélelősebesség: 12 m/s (~43 km/h)
- Akkumulátora: 7660 mAh, 34 perc (hasznos teher nélkül)
- IP43 szintű víz állóság (DJI, 2024).



7. ábra A felvételezéshez használt drón (Forrás: saját fotó)

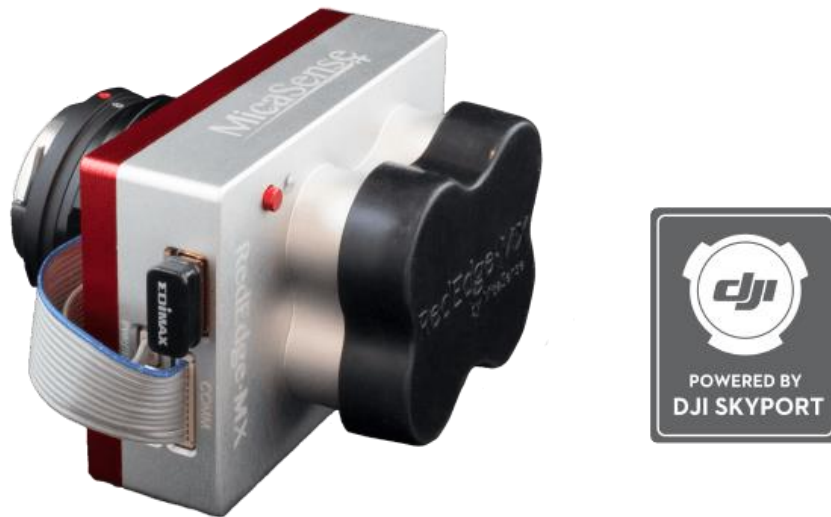
A drónra felszereltünk egy multispektrális kamerát. Ez a kamera egy Micasense mx rededge skyport ez egy 5 csatornás multispektrális kamera, ami tartalmazza az alábbi spektrumokat: kék 475nm (32sávszélesség), zöld 560nm (7sávszélesség), piros 668nm (14sávszélesség), vörös él 717nm (12sávszélesség) és a közeli IR-t 842nm (57sávszélesség). A kamera 400nm-900nm között lát (8. ábra).



8. ábra Micasense kamera spektrális sávjai (Forrás: [MicaSense RedEdge-MX Multispectral Camera \(lepton.com\)](https://lepton.com))

A kamera pár fontosabb specifikációi:

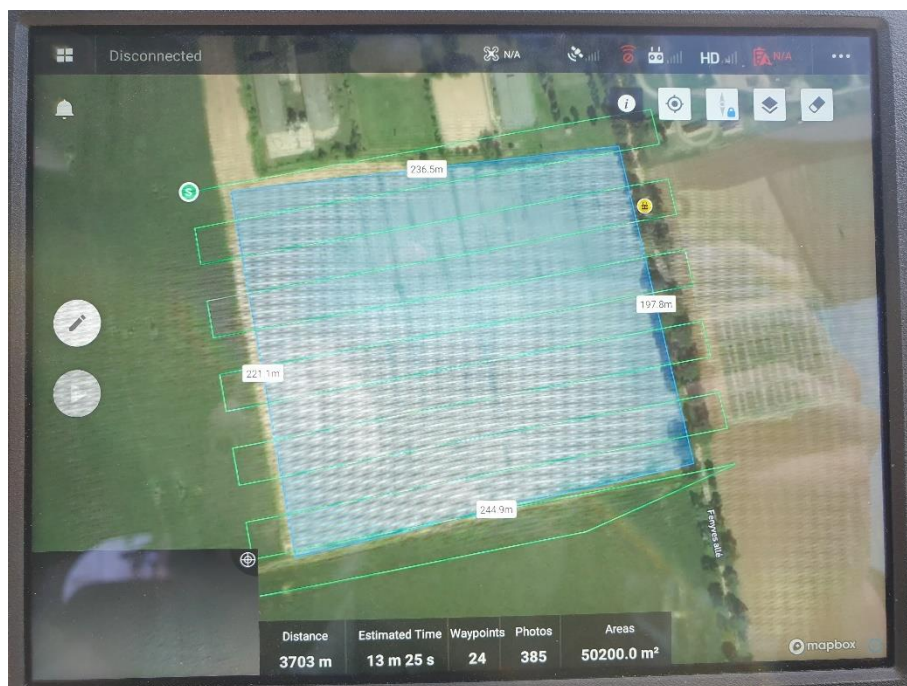
- Mérete: 87 mm x 59 mm x 45 mm
- Súly: 231,9 gramm
- 5 csatornás kamera
- Teljesítménye: 4W/8W (névleges/csúcs)
- Kamera szög: 47,2° (Micasense , 2020).



9. ábra Multispektrális kamera (Forrás:

<https://droneland.nl/media/catalog/product/cache/51ce5759c5d220bebd6cd515749ad67e/image/3925f3a2/micasense-micasense-rededge-mx-kit-dji-skyport-droneland.png>)

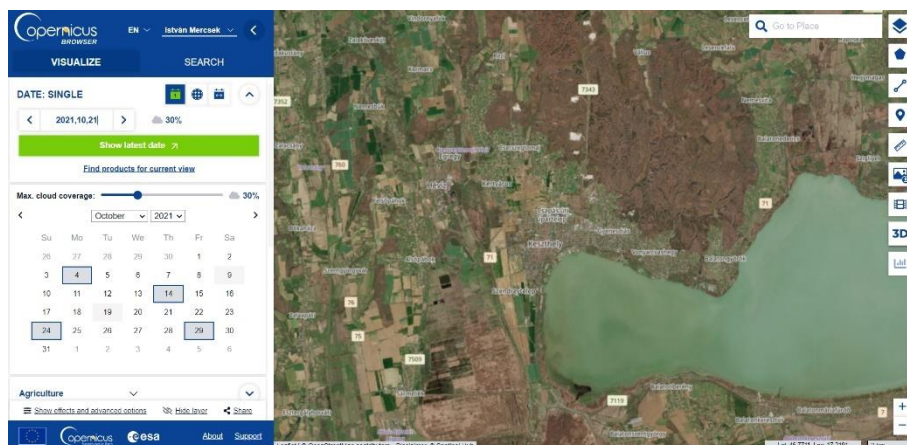
A tábla lerepülést egy előre megtervezett útvonalon automatikusan teszi meg a drón (10. ábra). Az útvonalat eltudjuk menteni és utána a drón mindig ezen a vonalon fogja lerepülni a területet. A felvételezett terület körülbelül 5 hektár volt, ezt a drón 13 perc alatt tette meg, 120 méteres magasságban. A 13 perc alatt a drón 385 ponton készített fotót, ami azt jelenti, hogy az 5 darab különböző hullámhossz miatt egy ponton 5 darab fotó készül, ami a teljes felvételnél 1925 fotót jelent összesen. A fotók a drónhoz használt SD kártyán 22GB tárhelynyi területet foglaltak el. A drón a fel- és leszállás helyének kiválasztása után teljesen automatikusan repült. A leszállás is lehetséges automatikusan, de a drón biztonsága miatt ez kézi vezérlés segítségével történt. A reptetés befejezése után következhet a drón szétszerelése majd az adatok feldolgozása lesz a következő lépés.



10. ábra A felméréshez tervezett útvonal (Forrás: Saját kép)

3.2. A műhold felvételek letöltése

A letöltés előzetes regisztrációt igényel a <https://scihub.copernicus.eu/> honlapon. Ezt követően az Open Hub linkre kattintva át irányít automatikusan a dataspaces nevű oldalra, ahol több műhold felvételei közül tudok válogatni és a számomra megfelelő időpontra tudok rákeresni. A nekem megfelelő műhold felvételt a Landsat-2 nevezetű műhold készítette és próbáltam a drón felvétellel egy időpontban készült műhold felvételt keresni. Az egérrel könnyen kitudom jelölni az érintett területrészt, a search menüpontban még be lehet állítani a felhő lefedettségét és a keresés gombra kattintva felkínálja a számomra használható felvételeket. A letöltött felvételek elemzése QGIS szoftver és az R segítségével történik hasonlóan a drón felvételekhez.



11. ábra Sentinel-2 felvétel letöltése (Forrás: Saját képernyőkép)

3.3. A drón fotók feldolgozása

A drón által készült fotókat egy teljes egész képpé kell alakítani, hogy tudjunk vele dolgozni. Ehhez a PIX4Dfiedls nevű programot használtuk. Maga a szoftver használata fizetős, de 15 napig ingyenes és korlátozott funkciókkal használható. A szoftverbe az összes elkészült képet be kell illeszteni majd, a feldolgozás beállítása után egy teljes képpé alakítja nekünk a rendszer (12. ábra).

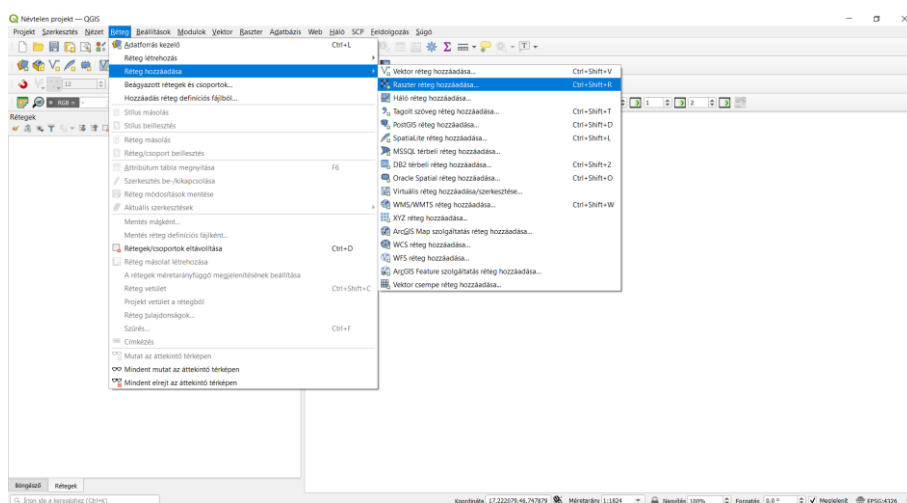
Az ortofotó elkészítése után elkezdhetjük vizsgálni a QGIS és az R szoftverben a felvételünket.



12. ábra Ortofotó (Forrás: saját képernyőkép)

3.3.1. A QGIS szoftverben a képek feldolgozása

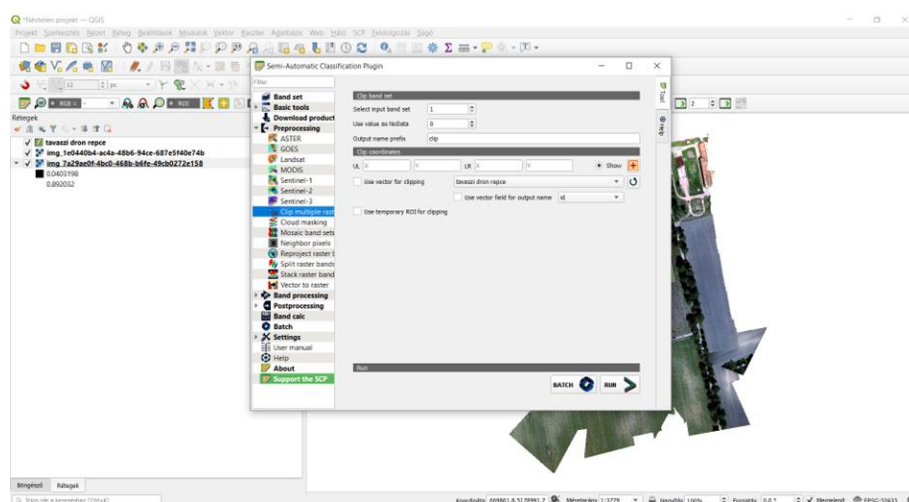
A szoftverben a *réteg* panelt lenyitjuk a *réteg hozzáadása* és azon belül a *Raszter réteg hozzáadása* pontra kattintunk (13. ábra).



13. ábra Raszter réteg hozzáadása (Forrás: saját képernyőkép)

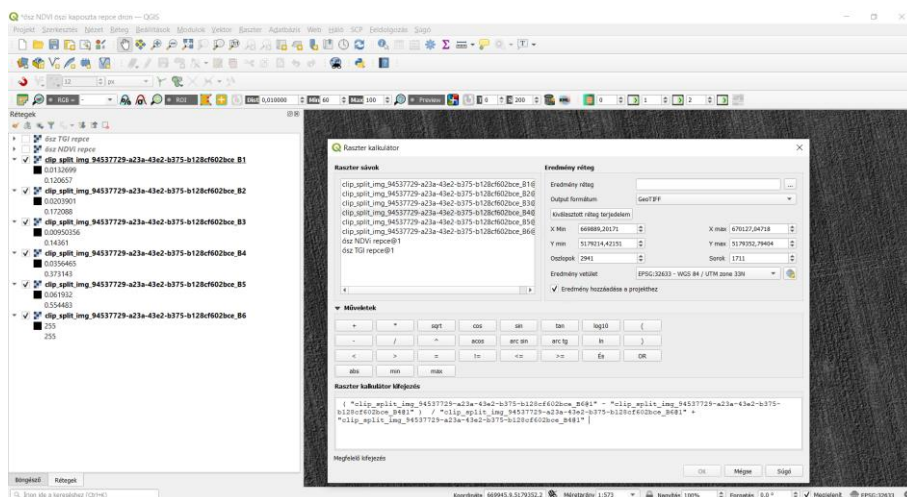
A Raszter rétegünk lesz az elkészült ortofotó. Az ortofotót megkeressük a mentett fájlok között kiválasztjuk és a szoftverben megjelenik. Amikor a hozzáadás megtörtént, a vizsgálni kívánt területet kijelölöm és új shape fájlként mentem.

A következő lépés az *SCP* (Semi-Automatic Classification Plugin) panel megnyitása. Itt bal oldalt a felhasználható eszközöket látjuk és a *Band set* fült választjuk ki, ahol láthatóak az érzékelési hullámhosszok. A beállításuk megtörtént utána még mindig az *SCP* panelen maradva a *Preprocessing* (előfeldolgozás) menüben a *Clip multiple raster*-t nyitjuk meg, ahol az előbb mentett shape fájlt kiválasztjuk és a *RUN* gombra kattintva futatjuk és kivágja nekünk a program a vizsgált területet (14. ábra).



14. ábra SCP panel használata (Forrás: saját képernyőkép)

A Raszter panelra kattintva a Raszter kalkulátort kiválasztjuk és megnyitjuk. A raszter kalkulátorban láthatjuk a vizsgálni kívánt sávokat jelölése B1, B2,...,B6 ezek mutatják meg nekünk, hogy melyik a kék, piros, zöld, közeli infra és a vörös él (15. ábra). A kalkulátorban a fent említett vegetációs indexek segítségével NDVI és TGI indexeket tudtam számolni.



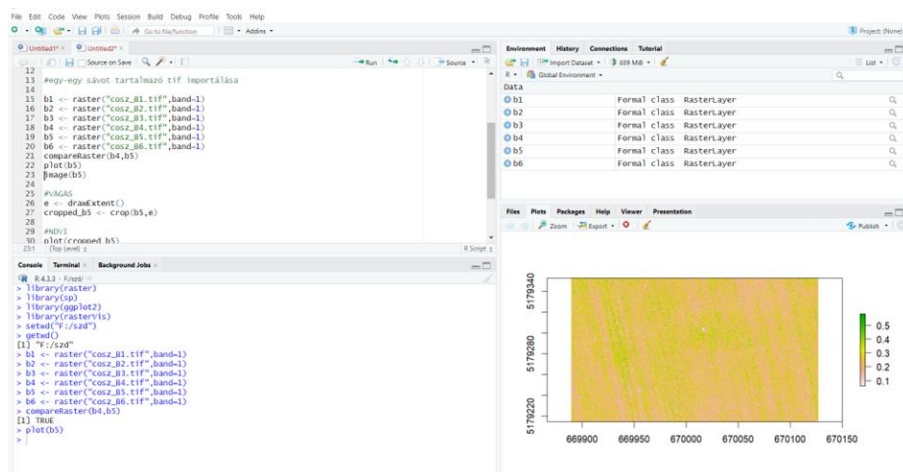
15. ábra NDVI érték számítása (Forrás: saját képernyőkép)

3.3.2. Az R szoftverben a képek feldolgozása

Az RStudio indításakor a képernyőn négy ablakot látunk. Az alapértelmezett beállítás esetén a bal oldalt az alsó ablakba lehet beírni a futtatandó utasításokat. A bal felső ablak csak akkor jelenik meg, ha meg van nyitva egy fájl legalább. Ez az ablak maga a szövegszerkesztő. A jobb felső a Global Environment, itt látjuk azokat az adatokat, amit beolvastattunk vagy mi magunk generáltattunk. A jobb oldalt alsó ablakban láthatjuk a help menü pontot vagy a létrehozott képeket és ábrákat (16. ábra) (Sebők , és mtsai., 2021).

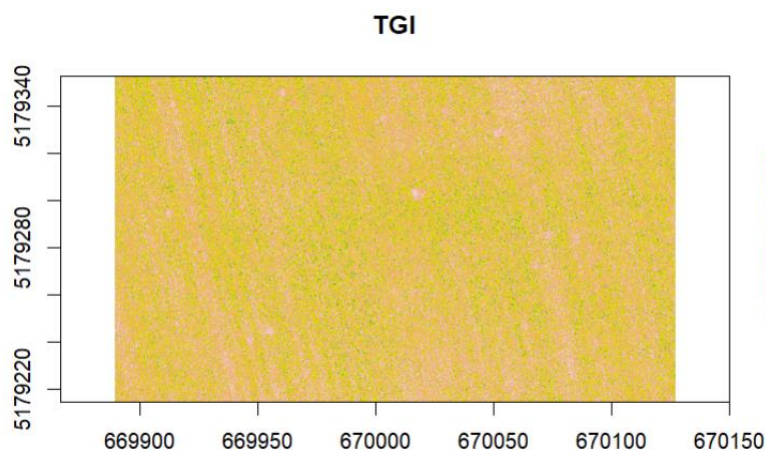
A konzolba beírt utasításokat *ctrl+enter*-el tudjuk futtatni. Első lépésként a *Library(raster)*, *Library(sp)*, *Library(ggplot2)*, *Library(viridis)*, *Library(rasterVis)* és a *Library(RColorBrewer)* csomagokat töltjük be. Ezeket a csomagokat lehetséges, hogy első használatkor le kell tölteni. A következő lépésben be kell állítani, hogy a vizsgálni kívánt fájlok melyik meghajtón és melyik mappában található. Ezt a *setwd* paranccsal tudom beállítani és a *getwd*-el le ellenőrizni.

A sávokat tartalmazó tif-ek importálása lesz a következő lépés. A parancs: *b1 <- raster("osz_B1.tif",band=1)*. A zárójelbe a vizsgálni kívánt fájl nevét kell beírni és a lefuttatás után a program hozzáadja automatikusan. A *plot* és az *image* parancs futtatásával tudjuk a képeket megjeleníteni.



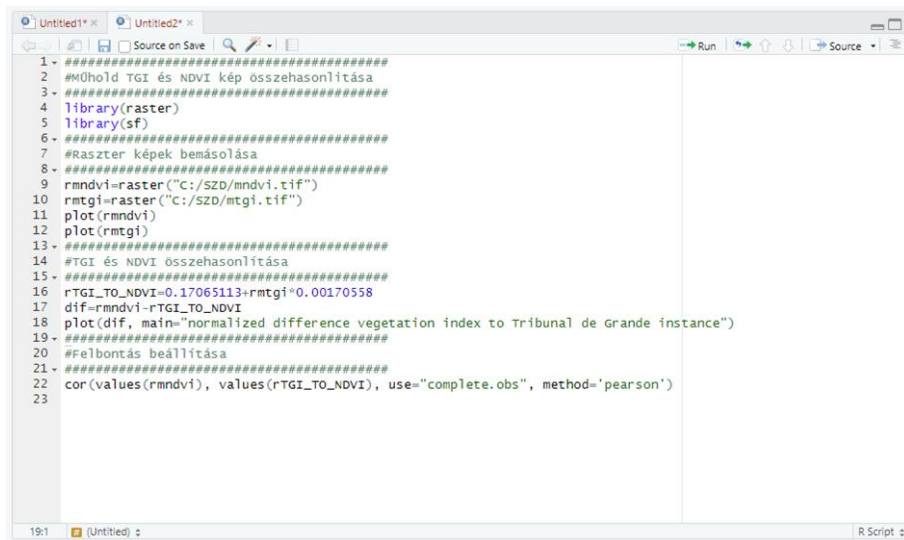
16. ábra A kép megjelenítése (Forrás: saját képernyőkép)

A megjelenítés után számolhatunk NDVI és TGI vegetációs indexeket. A fent leírt képletek alapján számoltam a drónnál és a műholdnál is egyaránt. Majd ezt hasonlóan a plot() utasítást beírva tudom megjeleníteni az elkészült képet.



17. ábra Az elkészült TGI kép (Forrás: saját képernyőkép)

Az RStudióban még statisztikai elemzést végeztem. Az NDVI és a TGI képek közötti differenciát vizsgáltam. A pontos eredmények eléréséhez a két különböző index minimum és maximum értékeit közös értékre kellett hozni. A közös értékre hozás egyszerű alap matematikai számításokkal elvégezhető. A statisztikai elemzéshez az alábbi utasítást használtam (18. ábra).



```
1 #####
2 #Műhold TGI és NDVI kép összehasonlítása
3 #####
4 library(raster)
5 library(sf)
6 #####
7 #Raszter képek bemásolása
8 #####
9 rmndvi=raster("C:/SZD/mndvi.tif")
10 rmtgi=raster("C:/SZD/mtgi.tif")
11 plot(rmndvi)
12 plot(rmtgi)
13 #####
14 #TGI és NDVI összehasonlítása
15 #####
16 rTGI_TO_NDVI=0.17065113+rmtgi*0.00170558
17 dif=rmndvi-rTGI_TO_NDVI
18 plot(dif, main="normalized difference vegetation index to Tribunal de Grande instance")
19 #####
20 #Felbontás beállítása
21 #####
22 cor(values(rmndvi), values(rTGI_TO_NDVI), use="complete.obs", method='pearson')
23
```

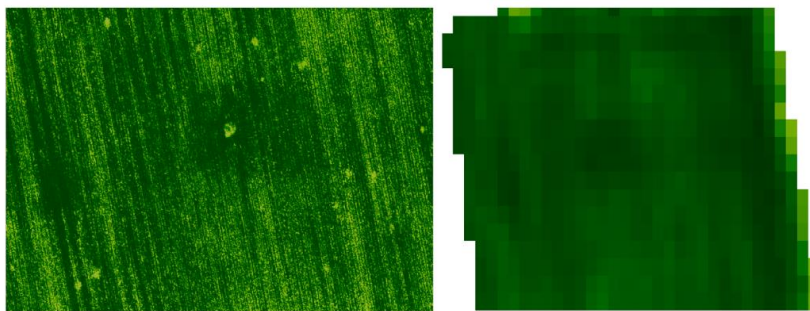
18. ábra Az NDVI és TGI kép összehasonlításánál használt utasítások (Forrás: Saját képernyőkép)

4. EREDMÉNYEK

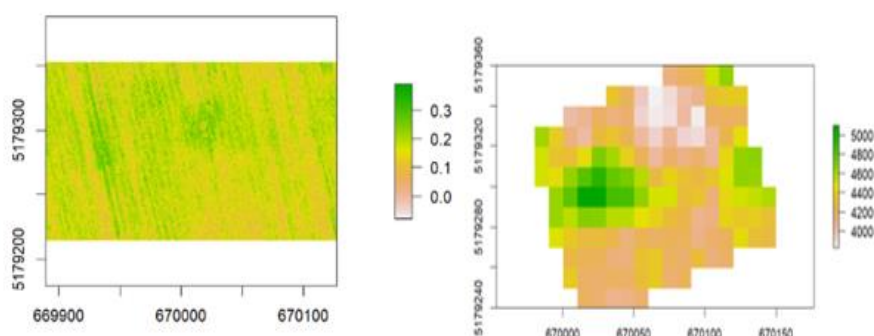
A dolgozatom egyik célja, hogy a QGIS szoftveren kívül az R szoftverrel is elkészítsek vegetációs index képeket. A vizsgált képek forrásai a fent bemutatott drón és a Sentinel-2 műhold. A képek ősszel készültek és próbáltam a drónozás időpontjához minél közelebbi műhold felvételt vizsgálni.

Az elkészült képeket együtt nézve észre vehető a két program közti különbség. A színek árnyalatai eltérőek lehetnek, vagy QGIS-ban és R-ben mi magunk színezhethetjük az elkészült képeket. A sötétebb színek minden esetben az egészséges állományt jelölik. A világosabb árnyalatok pedig valamilyen problémát, tárgyat vagy szabadon hagyott földterület mutat. Az R-ben kivágott műhold képeknél a vízszintes tengelyről le olvasható, hogy 670000 értéktől kezdődik az elemzett képünk. A drónnal készített kép pedig a 669000 értéktől indul, emiatt a műhold kép jobb oldala feleltethető meg a drón felvételnek. Így nézve jól láthatóak a tartományok és jól be azonosíthatóak. Ez a (20. ábra) és a (22. ábra) vonatkozik.

Az első ábrákon (19. ábra) (20. ábra) NDVI színezés látható. Bal oldalt a drón felvételek, jobb oldalt a műhold felvételek megtekinthetőek. A vizsgált területen őszi káposztarepcét termesztettek. A képeket vizsgálva láthatjuk, hogy vetéshibára utaló jelek nincsenek. A drón és a műhold felvételeket összehasonlítva láthatjuk, hogy mindkettő szoftver esetében a drón felvétel részletesebb és a világosabb színű foltok jobban kirajzolódnak. Az R szoftverben készült NDVI műhold képen látszódnak világosabb területek is ez valószínűleg csak a más fajta színezés miatt van. A műholdfelvételeken is látszódnak a foltosságok csak jobban összemosódik az egészséges állománnyal ez a nagyobb pixel méret miatt van. A felvételeken a világosabb színű foltok gyengébb növekedésre utalnak. Ennek több oka is lehet utalhat tápanyaghiányra, de akár talajművelési hiba is lehet. A precíziós mezőgazdaságban NDVI térkép figyelembe vételével tudunk műtrágyát kijuttatni ezzel a tápanyaghiány és a műtrágya használatot is képesek vagyunk csökkenteni. A nitrát érzékeny területeken ennek fontos szerepe lehet. A világosabb részekre a műtrágyaszóró gépünk több műtrágyát juttat ki mint, az egészséges területekre. A drón felvételnél a jó felbontás ellenére előfordulhat, hogy ritkább vetés esetén egy pixelre esik a talaj és a növényzet is ezt a vizsgált képeken foltoknak látjuk.

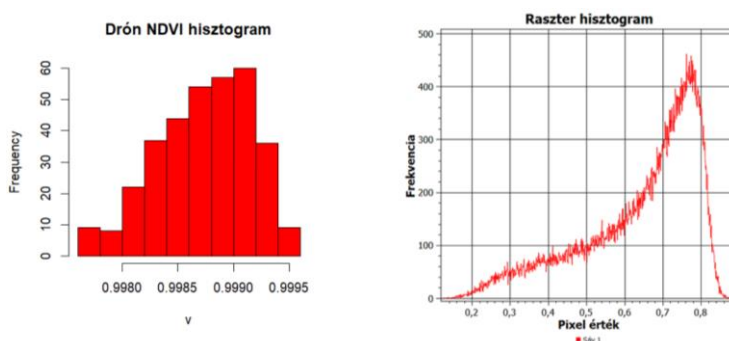


19. ábra QGIS szoftverben készített NDVI kép [bal oldalt drón, jobb oldalt műhold] (Forrás: saját képernyőkép)



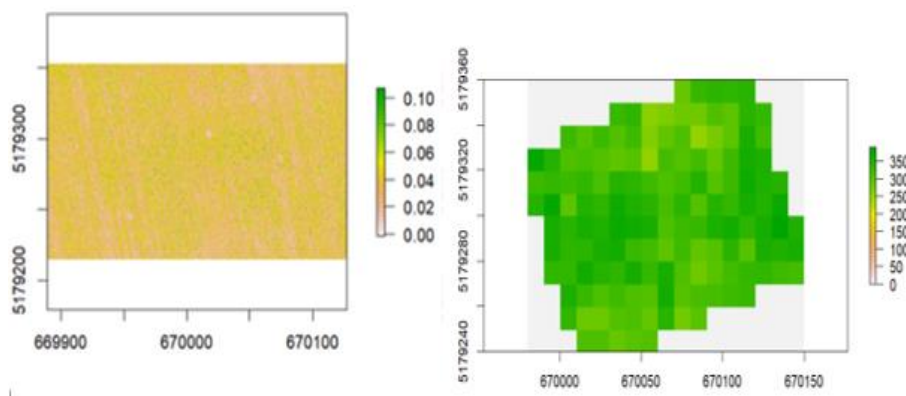
20. ábra R szoftverben készített NDVI kép [bal oldalt drón, jobb oldalt műhold] (Forrás: saját képernyőkép)

A raszter hisztogram grafikonon az NDVI frekvenciát láthatjuk és megtudjuk állapítani a leginkább gyakori értékeket. A raszter hisztogramot mindkettő szoftverben elkészíthető és láthatjuk, hogy a megjelenítés más, de a két grafikon értéke hasonló. A vízszintes tengelyen a felvétel pixeleinek számait láthatjuk. A függőleges tengelyen a frekvencia értékeket olvashatjuk le.

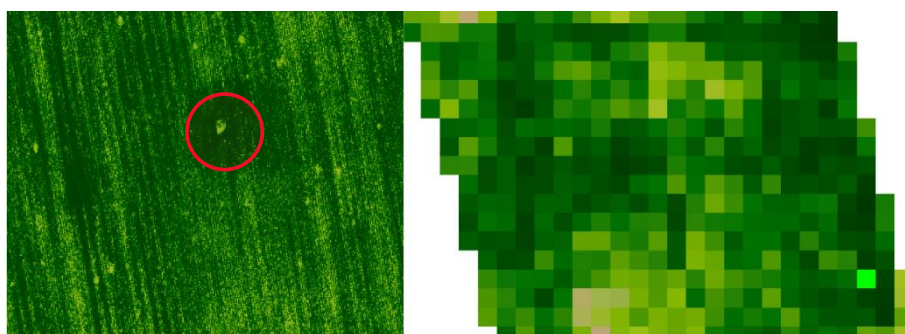


21. ábra Drón NDVI hisztogram [bal R szoftver, jobb QGIS szoftver] (Forrás: saját képernyőkép)

Az általam vizsgált második vegetációs index a TGI index volt. Ez az index a látható sávokra, vagyis a kék, zöld és piros (RGB) sávokra épül. Az előnye, hogy nem szükséges a drónunkat multispektrális kamerával felszerelni. A vizsgált felvételek alapján nagyon hasonló eredményeket kaptunk, mint az NDVI esetén. A TGI műholdas felvételei mutatják a legnagyobb különbséget az NDVI képeihez képest. A foltok itt is jól láthatóak és azonosíthatóak a drón- és a műholdfelvételeken egyaránt.



22. ábra A TGI index R szoftverben készítve [bal oldalt drón, jobb oldalt műhold] (Forrás: saját képernyőkép)



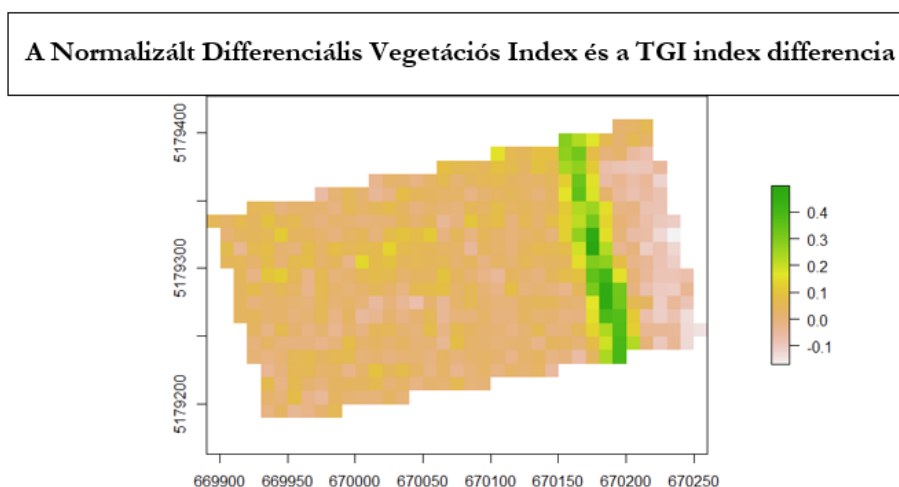
23. ábra A TGI index QGIS szoftverrel készítve [bal oldalt drón, jobb oldalt műhold] (Forrás: saját képernyőkép)

Az elkészült drón felvételeken láthatunk a parcella közepén egy villanyoszlopot (23. ábra), ez piros körrel jelölve is van. A műholdfelvételeken ez már nem látszik, a kisebb felbontás miatt. A villanyoszlop körül mindegyik vizsgált képen jól láthatóan sötétebb színű részek vannak. Itt egészséges egységes növényzetünk van. Várhatóan ezen a részen lesz a legmagasabb a terméshozam, a terület többi részéhez képest. Ezen a részen a következő vetésnél nagyobb tőszámmal is vethetünk a magasabb termésátlag reményében.

A differencia vizsgálata TGI és NDVI műhold kép között. (24. ábra) Az adott felvételezési körülmények között jóval nagyobbak adódott a fenyves allé területén, mint az őszi káposztarepcénél a különbség. A 2021. október 23-án készült felvételen a tábla határán jól

elkülöníthető, hogy a TGI index sokkal jobban közelíti az NDVI értékeket, mint a fenyves allé sávjában. Mivel az NDVI-t tekinthetjük alapértéknek, ezért megállapíthatjuk, adott körülmények között a TGI index jobban használható a repcére, mint a fenyves sor vizsgálatára.

Az összefüggés más körülményeknél is jól használható. Kiszámoltam, hogy az NDVI és a TGI között 0,75 determinációs együttható van. Ez a vizsgálati módszer ugyanígy más kultúrnövényeknél, más fenológiai fázisokban is elvégezhető. Az NDVI érték kiszámításához multispektrális kamera felvételre van szükségünk. Az ilyen fajta kamerák ára sokkal drágább, mint a TGI érték kiszámításához használható RGB kamera.



24. ábra NDVI és TGI közötti differencia (Forrás: saját képernyőkép)

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Dolgozatomban a műholdas és a drónfelvételeket hasonlítottam össze. Mind a két technika modernnek nevezhető, ennek ellenére napjainkban még sokan egyik technikát sem használják az agráriumban. Ennek egyik oka lehet, hogy sok a mikro- vagy családi gazdaság, ahol lényegében ilyen irányú fejlesztés nincs a befektetés árának megtérülése miatt, másik indok az új fajta technikák megismerésétől való félelem lehet. A környezetemben is sok a családi gazdaság, ahol a termelésben részt vevő eszközök, gépek modernizálására fektetnek be inkább, mert gyorsabbnak ítélik meg a megtérülést. A növényzet fejlődését fizikailag ellenőrzik a szemléken, amely nagy területen vagy több helyen elhelyezkedő területen, illetve a növényzet teljes fejlettségi állapotában fizikailag és időben is nagyon időigényes.

A gazdákat nem csak az anyagi dolgok befolyásolják az informatikai eszközök használatában, hanem maga a technika elsajátítása is, amit az idősebb korosztály számára már nehezebb és nem is annyira motiváló.

Az elemzési módszerek nagyon hasonlóak mind a két technológia esetén. Mind a két módszer megfelelő, de mindegyiknek van előnye és hátránya is. A műholdas technikával a számítógépen „szemlézni” lehet a földterületet, a növények állapotát, fejlődését, illetve, hogy van-e valahol valamilyen eltérés az adott területen. Az időjárási körülményeket, hogy viselték a növények, szükséges-e valamilyen beavatkozást a területen. A két technológia közül a műholdfelvételek is jól használhatóak, azonban kisebb a hatékonysága a képek felbontásából adódóan, látszanak a sötétebb és a világosabb színű foltok, de kevesebb információt mutat. Valamivel kisebb a költsége ennek a technikának. A műhold felvételek előnye még, hogy visszamenőleg az időben is tudunk keresni felvételeket és elemezni. Drón felvételt utólag nem tudunk csinálni.

A drónnal történő monitorozások nagy előnye a jobb felbontás, amiből könnyebben lehet következtetni, megállapítani a problémákat. A drónnal való felvételek készítéséhez térinformatikai ismereteket szükséges elsajátítani, ezen tudás birtokában egyelőre nem sokan vannak (terület kijelölése repülési útvonal megtervezése) a hazai agráriumban. A drón és a hozzá tartozó kamerák, akkumulátorok, informatikai eszközök és szoftverek lényegesen költségesebbek. Az időjárási körülményekhez is alkalmazkodni kell a használatakor. Esőben és viharosabb szélben nem szabad használni a drónt, mert bármikor lezuhanhat egy erősebb széllel, illetve a csapadékkal szembeni ellenálló képessége is korlátozott.

A műholdas felvételeknek relevanciája van jelenleg a drónos felmérésben, hiszen a repülés megtervezése, terület kijelölése a drón távirányítóján műhold felvételen is történhet.

Ezen szempontok figyelembevételével megállapíthatjuk, hogy habár a műholdas felvételek is szolgáltatnak számunkra bizonyos információkat egy adott területről, ezzel szemben, ha cm pontos adatokra van szükségünk (pl. gyomfoltok feltérképezése egy adott táblán), akkor a dróntechnológia használata eredményesebb lehet.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A multispektrális felvételezés a keszthelyi Georgikon Campus tanüzem területén történt. A szakdolgozatomban bemutatom egy Matrice 210 V2 drón felhasználásával végzett multispektrális felvételkedészítés folyamatát és a kapott adatok feldolgozását. A felvételek a drónra szerelt Micasense MX RedEdge DJI Skyport multispektrális kamerával történt. Illetve a műhold felvételeknél a Sentinel-2 műhold képeit használtam. A műhold felvételek a Copernicus Open Access Hub oldalról lettek letöltve. A vizsgált területem a Georgikon Campus tanüzemén található, ahol őszi káposztarepcét termesztettek. A drónt szét szerelt állapotban vittem a kísérlet helyszínére. A drón összeszerelése után a kamerát is csatlakoztattam a drónhoz. A kamerát be kell kalibrálni a fényviszonyoknak megfelelően.

A felvétel 2021. október 23-án, kedvező időjárási körülmények között történt. A drón repülési útvonala előre megtervezett útvonalon történt teljesen automatikusan. A lerepülés után a felvételek feldolgozásához a PIX4Dfiedls nevű programot alkalmaztam. A drón felvételek és a műhold felvételek a QGIS és az R programozási szoftverrel dolgoztam fel. A szoftverek segítségével különböző úgynevezett vegetációs indexeket használtam. Az indexek leírását és képletét ismertettem a dolgozatomban, ezeknek a képleteknek a segítségével vizsgáltam a területet. Ezek az indexek általában különböző hullámhosszokon használják a növények által visszavert vagy kibocsátott fény intenzitásának változását. A dolgozatomban NDVI és TGI indexeket használtam és hasonlítottam össze őket különböző vizsgálati módszerekkel.

Az eredményeket értékelve, a drón és a műhold felvételek közötti különbségek jól láthatóak. A drónos felvételek részletesebbek és jobban kirajzolják a terület adottságait, míg a műholdfelvételek nagyobb területet fednek le, de kevésbé részletgazdagok. A különbségek ellenére mindkét módszer alkalmazható és értékes információkat szolgáltat a mezőgazdasági területek vizsgálatához. Az eredmények alapján a drónos felvételek személyre szabhatóak és részletesebbek, míg a műholdfelvételek nagyobb területeket tudnak lefedni, de kevésbé részletesek. Az így nyert adatok lehetővé teszik a mezőgazdasági területek hatékonyabb és pontosabb vizsgálatát és kezelését. Az NDVI és TGI indexeket differencia alapján összehasonlítottam és megállapítottam, hogy a TGI index is jól használható az őszi káposztarepce felvételezésre. Az összehasonlításnál jól látszódik, hogy a kettő index közötti nagyobb különbséget csak a fenyves allénál kapunk. A determinációs együttható a két vizsgált index között 0,75 volt. Az ezáltal kapott eredmény megmutatja, hogy egy olcsóbb nem multispektrális kamerával is vizsgálható az adott kultúrnövényünk, de nem annyira részletesen,

mint a drágább multispektrális kamerákkal. A felvételen látszódik még a fenyves allé ahol már a kettő index között az eltérés nagyobb volt.

Az ország jelenlegi helyzetében úgy látom, hogy a mezőgazdaság precíziós téren kissé le van maradva a fejlettebb régiókhoz képest. Mindazonáltal, a jelenlegi hátrányunk csökkentése érdekében igen pozitív fejlemények, támogatások történnek. Úgy vélem, hogy ez a lemaradásunk kedvező körülmények között a következő pár évben behozható lesz.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom konzulensemnek Dr. Busznyák Jánosnak, aki segített abban, hogy szakdolgozatom elkészülhessen. A dolgozatom írása közben többször is személyesen konzultáltunk. A drón reptetés, ami a dolgozatom alapját adta konzulensem nélkül nem jöhetett volna létre. A forrásoknál olyan szakirodalmak eléréséhez kaptam hozzáférést, amik a munkám minőségéhez nagy mértékben hozzájárultak. Hálás köszönettel tartozom a minden fajta segítségért és a folyamatos tanácsokért.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- 38/2021 (II.2) Korm. rendelet. 2021.** Wolters Kluwer. *net.jogtar.hu*. [Online] Wolters Kluwer, 2021. 02 28. [Hivatkozva: 2024. 03 8.] <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A2100038.KOR>.
- Agron team . 2020.** agrontech. *agron* . [Online] Agron analytics, 2020. 05 25. [Hivatkozva: 2024. 03 21.] <https://www.agrontech.com/agronblog/rgb-multispektralis-vizsgalatok>.
- ArcGIS Pro . 2013.** esri. *pro.arcgris* . [Online] ArcGIS Pro, 2013. [Hivatkozva: 2024. 03 21.] <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/arcpy/image-analyst/gnvd.htm>.
- Bakó, Gábor. 2015.** acrsa. [Online] 2015. [Hivatkozva: 2024. 03 7.] <https://acrsa.org/documents/BGUASMFGI.pdf>. ISBN978-963-671-300-3.
- Basnayaka, Jayakody Sharma. 2020.** Sciencedirect. *Sciencedirect*. [Online] 2020. 05. [Hivatkozva: 2024. 02 12.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1084804520302137?via%3Dihub>. 168.
- Békési, Bertold, és mtsai. 2015.** repulestudomany. [Online] 2015. 08 24. [Hivatkozva: 2022. 02 01.] http://www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/UAV_handbook_Secon_edition.pdf. ISBN 978-615-5057-64-9.
- Chili, Meli. 2018.** Palántanevelő blog. *Palánta nevelő*. [Online] 2018. 01 30. [Hivatkozva: 2024. 03 20.] https://palantanevelo.blog.hu/2018/01/30/fenyteni_alapismeretek.
- Congedo, Luca. 2016.** ResearchGate. *ResearchGate*. [Online] 2016. 09 01. [Hivatkozva: 2023. 03 19.] https://www.researchgate.net/publication/307593091_Semi-Automatic_Classification_Plugin_Documentation_Release_6011/citation/download.
- digitális agrárakadémia. 2021.** digitalisagrarakademia. [Online] Digitális Agrárakadémia , 2021. 07 13. [Hivatkozva: 2024. 03 21.] <https://www.digitalisagrarakademia.hu/glossary/ndvi/>.
- Diriczi, Zsombor. 2017.** Agroinform. *agroinform*. [Online] FieldPASS Kft, 2017. 04 20. [Hivatkozva: 2024. 03 21.] <https://www.agroinform.hu/szantofold/hogyan-hasznosithatom-a-vegetacios-index-kepeket-demo-32500-001>.
- DJI. 2024.** dji. *dji*. [Online] dji, 2024. [Hivatkozva: 2024. 03 18.] <https://www.dji.com/hu/matrice-200-series-v2>.

- Gitelson, Anatoly A. és Merzlyak, Mark N. 1988.** sciencedirect . *sciencedirect* . [Online] 1988. [Hivatkozva: 2024. 03 21.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273117797011332>.
- Gyaraki , Réka. 2020.** real.mtak. [Online] 2020. 05 04. [Hivatkozva: 2024. 03 12.] <https://real.mtak.hu/108480/3/AdronokszabalyozasaMagyarorszagon.pdf>.
- Halász, Zoltán. 2016.** docplayer. *Docplayer*. [Online] 2016. [Hivatkozva: 2024. 03 25.] <https://docplayer.hu/4518372-Biologiai-jellemzese-a-kaposztarepce-a-keresztesek-csaladjaba-es-a-brassica-nemzetsegbe-tartozik-a-kaposztarepcenek-ket-formaja-ismeretes.html>.
- Hunt, E. Raymond, és mtsai. 2012.** Sience direct. *sciencedirect*. [Online] 2012. 07 20. [Hivatkozva: 2024. 03 22.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303243412001791?via%3Dihub>.
- IKR agrár. 2022.** static.ikragrar. [Online] 2022. [Hivatkozva: 2024. 03 22.] https://static.ikragrar.hu/public/download/prospektusok/repce_brochure_12p_2022_web.pdf.
- Jakab, Kauser, Wojataszek, Malgorzata és Szabó, Virág. 2020.** k-prec. *k-prec*. [Online] 2020. 08. [Hivatkozva: 2024. 03 22.] https://k-prec.hu/sites/default/files/2021-02/2020_08_AUGUSZTUS_TOTAL.pdf.
- Kálmán, Szonja. 2023.** divany. [Online] Dívány, 2023. 10 25. [Hivatkozva: 2024. 02 25.] <https://divany.hu/offline/dron-tortenelem/>.
- KAV. 2024.** KAV Közlekedési Alkalmassági és Vizsgaközpont. [Online] KAV Közlekedési Alkalmassági és Vizsgaközpont Nonprofit Kft., 2024. [Hivatkozva: 2024. 04 16.] https://vizsgakozpont.hu/dron-vizsgaztatas?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR3xbISfOL0T4-75bJw0qycveJXEZAr_xIBRrMdNTW80m7SxcZHZE2ySHYo_aem_AXwT5gQED2c8nSfiKiZno-Q2oZbN1HpY4bItmI2vUD6Sq5pFzsrPoNwea_xPEe6eNfzQyQ-OGfRbalknjC6-msD.
- Lennert , József és Lehozcky , Máté. 2018.** mmk-ggt. [Online] 2018. 10 27. [Hivatkozva: 2024. 02 25.] <http://mmk-ggt.hu/konferenciak/20181027/Dronok-a-mindennapi-munkaban.pdf>.
- Machiavel. 2024.** machiavel. [Online] Machiavel Studios, 2024. [Hivatkozva: 2024. 04 5.] <https://machiavel.com/en/quest-ce-que-fpv-signifie-dans-le-drone/>.

Márton, Domokos és Zsófia, Horváth Anna. 2022. Jogi Fórum. *jogiforum*. [Online] 2022. 02 03. [Hivatkozva: 2024. 03 16.] <https://www.jogiforum.hu/blog-ip-it-vedjegy-domain-internet-jogi-blog-11/2022/02/03/a-dronszabalyozas-aktualis-allasa/>.

Menyhért, Pető. 1993. *Mezőgazdasági növények élettana*. Budapest : Akadémia kiadó, 1993. ISBN 978 963 05 9831 6.

Mercsek , István. 2022. *Dróntechnológia alkalmazása az agráriumban*. Mérnökinformatika tanszék, MATE. Keszthely : ismeretlen szerző, 2022.

Micasense . 2020. Drone Land . *droneland* . [Online] Micasense , 2020. [Hivatkozva: 2024. 03 24.] <https://droneland.nl/micasense-rededge-mx-kit-dji-skyport>.

MyActionCam. 2024. myactioncam. [Online] MyActionCam, 2024. [Hivatkozva: 2024. 04 16.] <https://myactioncam.hu/2024-dron-szabalyok-friss-informaciok-a-dronhasznalathoz-312>.

Mydronespace. 2021. mydronespace. *mydronespace*. [Online] HungaroControl, 2021. [Hivatkozva: 2024. 03 17.] <https://mydronespace.hu/applikacio>.

Nemzeti élelmiszerlánc-biztonsági hivatal. 2023. portal.nebih.gov. [Online] 2023. 05 30. [Hivatkozva: 2024. 04 05.] <https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/81819/Fajtajegy%C3%A9ksz%C3%A1nt%C3%B3%C3%B6ld+20230510.pdf/5169595d-045e-2c4b-7842-ef2161a77c37?t=1685455670458>.

Palik , Mátyás. 2013. *Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek*. hely nélk. : Nemzeti Közzolgálati Egyetem, 2013. ISBN 978-615-5057-64-9.

QGIS. 2024. Qgis. *qgis.org* . [Online] QGIS, 2024. [Hivatkozva: 2024. 03 19.] <https://qgis.org/hu/site/index.html>.

Rouse, J. W., és mtsai. 1974. Ntrs.nasa. *Ntrs.nasa* . [Online] 1974. 02 26. [Hivatkozva: 2024. 03 23.] <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19740022614/downloads/19740022614.pdf>.

Sárközy, Ferenc. 2015. agt.bme. *agt.bme*. [Online] Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2015. [Hivatkozva: 2024. 03 20.] http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t34a.htm.

Sebők , Miklos, Ring , Orsolya és Máté, Ákos. 2021. *Szövegbányászat és mesterséges intelligencia R-ben*. Budapest : Typotex, 2021. ISBN: 978-963-4931-39-3.

Siki, Zoltán. 2016. docplayer. *docplayer*. [Online] 2016. [Hivatkozva: 2024. 03 20.] <https://docplayer.hu/12018401-A-terinformatika-alapjai-dr-siki-zoltan.html>.

Szűcs , Mónika, Griechisch, Erika és Rárosi , Ferenc. 2018. eta.bibl.u-szeged. [Online] 2018. 08 31. [Hivatkozva: 2024. 03 22.] https://eta.bibl.u-szeged.hu/596/1/EFOP343_AP6AOK_BevBiostatiztika_00_01_elmelet_bev_GriechischErika_et_al_20180831.pdf.

Therese , Jones . 2017. picture.iczhiku. [Online] 2017. 12 04. [Hivatkozva: 2024. 03 25.] <https://picture.iczhiku.com/resource/paper/whkfUTaAzZGRFNxX.pdf>.

Tóthmérés, Béla. 2006. biodiversity.unideb. [Online] 2006. 03 19. [Hivatkozva: 2024. 04 2.] https://biodiversity.unideb.hu/files/oktatas/Tothmeresz_Bevezetes-az-R-hasznalataba.pdf.

Tuzson, Gergely. 2012. Légtér.hu. [Online] 2012. [Hivatkozva: 2024. 02 21.] <https://legter.hu/blog/segitseg-kaptam-egy-dront/>.

Vic. 2014. Ant . *Ant* . [Online] 2006 Ant kft , 2014. 09 08. [Hivatkozva: 2024. 03 10.] http://www.ant.hu/hu/blog/drone-ok-csoportositasa#szarnyszerkezet_szerint.

8. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Quadrocopter (Forrás: Saját kép)	7
2. ábra Magyarország drón jogszabály (Forrás: https://myactioncam.hu/2024-dron-szabalyok-friss-informaciok-a-dronhasznalathoz-312	10
3. ábra Drón jogosítvány (Forrás: Saját kép)	11
4. ábra Elektromágneses spektrum (Forrás: https://hu.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1that%C3%B3_spektrum).....	13
5. ábra Kamera kalibrálása (Forrás: saját fotó)	18
6. ábra Felvételezett terület (Forrás: Google Maps).....	19
7. ábra A felvételezéshez használt drón (Forrás: saját fotó).....	21
8. ábra Micasense kamera spektrális sávjai (Forrás: MicaSense RedEdge-MX Multispectral Camera (lepton.com)).....	21
9. ábra Multispektrális kamera (Forrás: https://droneland.nl/media/catalog/product/cache/51ce5759c5d220bebd6cd515749ad67e/image/3925f3a2/micasense-micasense-rededge-mx-kit-dji-skyport-droneland.png)	22
10. ábra A felméréshez tervezett útvonal (Forrás: Saját kép).....	23
11. ábra Sentinel-2 felvétel letöltése (Forrás: Saját képernyőkép).....	24
12. ábra Ortofotó (Forrás: saját képernyőkép)	25
13. ábra Raszter réteg hozzáadása (Forrás: saját képernyőkép).....	25
14. ábra SCP panel használata (Forrás: saját képernyőkép).....	26
15. ábra NDVI érték számítása (Forrás: saját képernyőkép).....	27
16. ábra A kép megjelenítése (Forrás: saját képernyőkép).....	28
17. ábra Az elkészült TGI kép (Forrás: saját képernyőkép)	28
18. ábra Az NDVI és TGI kép összehasonlításánál használt utasítások (Forrás: Saját képernyőkép).....	29
19. ábra QGIS szoftverben készített NDVI kép [bal oldalt drón, jobb oldalt műhold] (Forrás: saját képernyőkép).....	31

20. ábra R szoftverben készített NDVI kép [bal oldalt drón, jobb oldalt műhold] (Forrás: saját képernyőkép).....	31
21. ábra Drón NDVI hisztogram [bal R szoftver, jobb QGIS szoftver] (Forrás: saját képernyőkép).....	31
22. ábra A TGI index R szftverben készítve [bal oldalt drón, jobb oldalt műhold] (Forrás: saját képernyőkép).....	32
23. ábra A TGI index QGIS szoftverrel készítve [bal oldalt drón, jobb oldalt műhold] (Forrás: saját képernyőkép).....	32
24. ábra NDVI és TGI közötti differencia (Forrás: saját képernyőkép).....	33

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

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

A hallgató neve:

MERCSEK ISTVÁN RICHÁRD

A Hallgató Neptun kódja:

JKQMSP

A dolgozat címe:

A multispektrális távérzékelő alkalmazás
a mezőgazdasági növénytermesztésben

A megjelenés éve:

2024

A konzulens intézetének neve:

MŰSZAKI

A konzulens tanszékének a neve:

MÉRNÖKINFORMATIKA

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 nyilatkozással valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a
záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

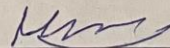
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását
engedélyezem.

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár-
és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a
megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
 - titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után
- nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: KESZTHELY 2024 év ÁPRILIS hó 28 nap



Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

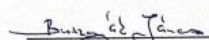
NYILATKOZAT

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

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: Keszthely, 2024. év április hó 29. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.