



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet

SAKDOLGOZAT

Táblán belüli térbeli heterogenitás vizsgálat

OE-AMK

2023

Hallgató neve: Benkó Bendegúz

Hallgató törzskönyvi száma: 73356077549



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Benkó Bendegúz

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000616/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Táblán belüli térbeli heterogenitás vizsgálata

A dolgozat címe angolul: Spatial variability mapping within a table

A feladat részletezése:

1. Szakirodalom alapján ismertesse a hagyományos és a precíziós gazdálkodási technológiát!
2. Mutassa be a vizsgálat tárgyát képező családi gazdaságot!
3. Jellemezze a precíziós gazdálkodás résztechnológia bevezetésével járó fejlesztéseket!
4. Mutassa be egy kiválasztott mintaterületen, hogy mi a jelentősége a táblán belüli heterogenitás vizsgálatának, mutassa be a vizsgálat módszereit!
5. A fejlesztések eredményességének elemzése, gazdasági számítások bemutatása.

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

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

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 24.



[Signature]
Intézetigazgató

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

[Signature]
belső konzulens

.....
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertchnológiai 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: Magyarnándor, 2023.12.13.


.....
hallgató aláírása

Tartalom

BEVEZETÉS	1
1. PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG ALAPJAI	4
1.1. PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG ÉS HAGYOMÁNYOS MEZŐGAZDASÁG.....	4
1.2. TALAJELŐKÉSZÍTÉS	7
1.3. NÖVÉNYKULTÚRA ÉS VÉDELMEK	8
1.4. TRÁGYÁZÁS.....	9
1.5. ÖNTÖZÉS	10
1.6. NÖVÉNYVÉDELEM	10
1.7. BETAKARÍTÁS	11
1.8. SORVEZETŐ ÉS AUTOMATA KORMÁNYZÁS.....	12
1.9. PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS TECHNOLÓGIÁNAK A BEMUTATÁSA.....	14
2. PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS MINT KIHÍVÁS	16
2.1. MEZŐGAZDASÁG 4.0.....	17
2.2. SZENZOROK.....	19
2.2.1. <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>	19
2.2.2. <i>Műholdak</i>	20
2.3. TEREPI ADATNYERÉS	23
2.3.1. <i>Hozamtérkép</i>	23
2.3.2. <i>Talajmintavételezés</i>	26
2.3.3. <i>Földalatti talajszenzorok</i>	30
2.3.4. <i>Föld feletti szenzorok</i>	30
2.4. ADATFELDOLGOZÁSI MÓDSZEREK	31
2.4.1. <i>eCognition</i>	31
2.4.2. <i>Chessboard</i>	33
2.4.3. <i>Küszöbérték alapú szegmentálás</i>	34
2.4.4. <i>Régió alapú szegmentálás</i>	35
2.5. OSZTÁLYOZÁS.....	35
2.6. TEMATIKUS ADATOK FELHASZNÁLÁSA	36
3. GAZDASÁG ÉS MINTATERÜLET BEMUTATÁSA.....	38
3.1. VIZSGÁLT TERÜLET BEMUTATÁSA	43
3.1.1. <i>Növénykultúra</i>	44
4. FELDOLGOZÁS.....	45
4.1. FELHASZNÁLT WEBOLDALAK ÉS PROGRAMOK	46
4.2. FELDOLGOZÁS MENETE.....	50
4.2.1. <i>Szegmentáció</i>	51
4.2.2. <i>Erózió</i>	53
4.2.3. <i>Adatok feldolgozása</i>	55
4.2.4. <i>Talajnedvesség kiértékelése</i>	57
4.2.5. <i>Hozamtérkép</i>	59
5. ÖSSZEFOGLALÁS	62
6. SUMMARY	64

7.	FELHASZNÁLT IRODALOM	66
8.	ÁBRAJEGYZÉK.....	68
9.	KÉPLETJEGYZÉK	70
10.	TÁBLÁZATJEGYZÉK	70

BEVEZETÉS

Az emberiség és a természet az idők kezdete óta szoros kapcsolatban áll egymással. Ennek az az oka, hogy az emberiség a természet nélkül képtelen lenne a fennmaradásra. Az ember már az őskorban termesztett növényeket a rendelkezésre álló eszközei segítségével. Az idő előre haladtával az ókorban kialakul az állattenyésztés, illetve növénytermesztés első típusai. Korra jellemző volt az öntözéses földművelés, főként a nagyobb vizek közeli területein. A középkorban a tovább fejlődő mezőgazdaság egyre több ember számára jelentette a megélhetést. Az újkor beköszöntével a vetésforgó földművelés volt a jellemző. Ennek célja, hogy minden évben használatban legyen a földterület, viszont ne merítsék ki. Ezért különböző növényeket ültettek az egymást követő években. Az akkori és napjainkban is uralkodó haszonnövényeink az őszi, illetve tavaszi búza, kukorica és takarmánynövények.

A jelenkor kezdeti időszakában a lakosság egyharmadát foglalkoztatta a mezőgazdaság. Ebben az időben sok kisméretű gazdaság volt. Ezt az időszakot váltotta az ötvenes évek végén az úgynevezett „Zöld Forradalom”, amikor megjelent a műtrágya, különböző növényvédő szerek, továbbá több modern eszköz a mezőgazdasági munkák hatékony működése érdekében.

A „Precíziós Gazdálkodás”-sal a mezőgazdaságban egy olyan nagymértékű fejlődés indult el, ami a mai napig ugyanolyan ütemben fejlődik tovább. A precíziós gazdálkodás alapja a GPS¹, azaz globális helymeghatározó rendszer. A folyamatos fejlődésnek köszönhetően számos területen hozott újítást a rendszer. Ilyen például az iránytartás, ami 90-es évek végére meg is valósult, a 2000-es évek pedig tovább fejlődött a pontosság tekintetében. Az érzékelés és szabályozás terén is az 1990-es években indult meg a betakarító gépekre történő terménymennyiségi monitor felszerelése, az eszköz szintén a GPS technológián alapul. A VRT² azaz a változó mennyiségű kijuttató technológia is ezekben az években jelentek meg. [1]

¹ Global Positioning System

² Variable Rate Technology

A precíziós gazdálkodás, egy olyan modern koncepció, ahol a digitális technikát alkalmazva figyeli és optimalizálja a mezőgazdasági termelést. Az optimalizálás során olyan mindennapi folyamatok változnak meg, mint például a növényvédő szerek kijuttatása. A folyamat során a kijuttatást nem egységesen végzik, hanem a digitális technológiának köszönhetően a területen belüli változásoknak megfelelően juttatja ki a növényvédő szert. A folyamattal a környezeti terhelést csökkentjük, ezen felül kevesebb permetanyag szükséges, amivel pénzt spórol meg a gazdaság.

A precíziós gazdálkodás táblán belüli pontos eredményeket ad, ennek köszönhetően a kis változások is könnyedén észlelhetők és korrigálhatók. Ennek célja, hogy a mezőgazdasági haszonnövény kedvező fejlődését segítsék elő a szükséges igények kielégítésével. A gazdálkodás lényege, hogy a kiadásokat csökkentse, és a várható hozamot, és minőséget növelje. A folyamatos fejlődésnek köszönhetően a 2010-es évre megnőtt a jelentősége az imént említett precíziós gazdálkodásnak, ennek okai a szenzorok ára, a mikroprocesszorok, és a kommunikációs hálózat. Ebben az időben minden eladott mezőgazdasági gépbe felszereltségtől függően, de majdhogynem szabványként kerültek bele az okos technológiák. Ilyenek voltak a fedélzeti számítógépek, szenzorok sokasága, automata kormányzás, helyspecifikus vetés és permetezés.

A precíziós gazdálkodáshoz szükséges adat nyerésének egyik alapforrása a távérzékelés, aminek köszönhetőn folyamatos információval látja el a gazdálkodót. A rendszer ennek segítségével az adott haszonnövény állapotára tud következtetni, illetve korrigálni, mint például a műtrágya mennyiségének eloszlását, vagy akár a növényvédő szerek adagolását. Így elkerülhető egy területrészt többszöri szórása, vagy annak kihagyása, ezzel biztosítva a tökéletes lefedettséget. A távérzékelés jelenléte egész évben szükséges, így folyamatos munkát igényel. Ezek a munkafolyamatok az év egészében folyamatosan váltakoznak ennek köszönhetően a folyamat szakembert igényel, aki nem csak az információ feldolgozását végzi, hanem a megoldás lehetőségeit is ismeri és a problémát kezelni tudja. [2]

A munkám során, a táblán belüli növényzetet vizsgálom NDVI és NDMI értékek szerint, a precíziós technológiákkal, és a Sentinel-2 műhellyel összehangoltan.

Szakdolgozatom célja a helyspecifikus technológiák segítségével végrehajtott földművelés folyamatának vizsgálata, kiértékelése. Az adatok összehasonlítsa.

1. PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG ALAPJAI

1.1. Precíziós mezőgazdaság és hagyományos mezőgazdaság

A precíziós mezőgazdálkodás elterjedésének gátat szab Magyarországon a magas beruházási költségek. A precíziós mezőgazdaság nagymértékű elterjedését kisebb gazdaságok számára is könnyedén elérhetővé lehetne tenni azzal, hogy ezeket a technológiákat szélesebb körű és kevesebb utófinanszírozású állami támogatással segítenék, továbbá a felvásárlási árakat stabilan tartanák. Napjainkban a precíziós technológiákat alkalmazó cégek elsősorban a megnövekvő profit érdekében cselekednek.

Az első gazdaság az országban 2004-ben kezdte el alkalmazni a precízió technológiákat. Ez a tendencia lassú felfutású volt 2012-ig, amikor ezeket a technológiákat használó gazdaságok nagyobb ütemben kezdet el megjelenni. A precíziós és hagyományos technológiát alkalmazó gazdaságok összehasonlításával foglalkozó tudományok szerint, a vizsgálatok eredményében az alábbi változások figyelhetők meg: a búza hozama technológiaváltást követően átlagosan 7-17 százalékos terménnytöbbletet jelentett. Ez a szám kukoricánál 2-9 százalék, míg a napraforgó esetében ez 6-10 százalék. Sajnos az őszi árpa, illetve a repce területek esetében ez nem következett be. Ha a termelési értékeket vizsgáljuk, akkor a búzánál ez 8-38 százalékra növekszik, míg a kukorica esetében ez 11-42 százalék. A napraforgó esetében ez a százalék a 3-38 közé esik. [3]

A termelési értékek vizsgálata során jelentkező intervallumokat sok tényező befolyásolja, mint például az adott éves csapadék és annak eloszlása. Függ még az adott terület földrajzi elhelyezkedésétől, talajösszetételétől, terület minőségétől.

A precíziós technológiák kedvező működéséhez nem csupán az erre alkalmas eszközök beszerzésére van szükség. Javasolt szaktanácsadás mellett elkezdeni a precíziós mezőgazdaságot, hiszen akkor lesz eredményes a folyamat, ha ismerjük a területünk adottságait, így tudjuk teljesen a gazdaságunkra szabni a technológiákat, illetve nem végső soron a termény hozamot is emelni. A szaktanácsadáson felül szükség van a gazdaságban dolgozók szakértelmére, hiszen ezek a technológiák hozzáértést igényelnek.

A precíziós technológiákat alkalmazó gazdaságoknál a pontos műszereknek köszönhetően a ráfordítás költsége is kevesebb, hiszen a ráfedés előfordulása illetve a kihagyások, a minimumra redukálódnak minden munkafolyamat tekintetében. [3]

A ráfedés, illetve kihagyások valóban minimálisra csökkentek, viszont a hektáronkénti ráfordított termelési költség összege növekedett a következők szerint: a búza hektáronkénti költsége -3 és +47 százalékkal, a kukorica -5 és +30 százalékkal nőtt, míg a napraforgó esetében ez a szám -8 és +26 százalék. Erre a nagy költségnövekedésre több magyarázat is a rendelkezésünkre áll. Magyarország területén az inputfelhasználás sokkal alacsonyabb szintet képvisel, mint ami a kívánt hozamok eléréséhez szükséges. Másik magyarázat pedig az, hogy a precíziós technológiák alkalmazása mellett a növényfajta kiválasztása megváltozik, azaz inkább alkalmaznak értékesebb, és ezzel együtt költségesebb fajtákat. A környezeti fenntarthatóság és az inputfelhasználás növekedése nem áll egymással ellentétben, hiszen a megfelelő időpontokban történő alkalmazásának köszönhetően az adott kultúra is sokkal hatékonyabban tudja azokat felhasználni. Ennek eredményeképpen következik az a megállapítás, hogy sokkal kisebb a környezeti károsodás ellentétben a nem megfelelő időpontban ám kevesebb inputanyag kijuttatásával. [3]

A precíziós technológiát alkalmazó cégeknél a jövedelmezőség a búza illetve a napraforgó vizsgálatát tekintve a búzánál 23-123 százalékos növekedés, míg az utóbbinál 28-52 százalékos növekedés figyelhető meg. A kukorica kontrollcsoportjainak nem minden egyes csoportjára igaz ez, mivel egyen kontrollcsoportoknál ez 17 százalékos visszaesés, míg másoknál 105 százalékos növekedést jelent. [3]

Végezetül a beruházási és megtérülési arányok vizsgálatánál mind az 1000 hektár alatt, mind az 1000 hektár feletti gazdaságokat tekintve a precíziós technológia és hozzá tartozó szoftvereket figyelembe véve megéri átállni precíziós technológiákra. Ez akkor nem igazolódik be, ha teljes géppark cserét is igénybe kell venni, viszont ebben az esetben mivel a géppark nem csak a többlettermelésben játszik szerepet így nem várható el az, hogy a precíziós technológiák többlettermeléséből terüljön meg. [3]

A precíziós növénytermesztés a hagyományos növénytermesztéssel szemben, valójában részleteiben tér el, viszont ezek az eltérések rendkívül jelentősek. A precíziós gazdálkodás fő alapja az, hogy míg a hagyományos gazdálkodás táblákban gondolkodik, addig a precíziós technológiák a táblán belüli azonos tulajdonságokkal bíró részekben. Azt, hogy egy táblán belül mi bír hasonló információval több módszerrel is meg lehet határozni.

A digitális technológia alkalmazásának egyik nagy előnye, hogy adatbázisban gyűjti és rendszerezi a beérkező adatokat, ezzel az inputanyag beszerzés során lehet kalkulálni. A rendszer táblán belüli egységekre tudja lebontani a kijuttatás mennyiségét, amit a gazdálkodó nyomon tud követni. Az adatokat táblákra összegezve is láthatjuk, ami mutatja a vegetáció igényeit az adott táblában.

Az okos gazdálkodás nem csak az egyéni munkafolyamatok tervezésére és elvégzésére alkalmazandók, hanem a gazdálkodó mobil eszközön keresztül valós idejű képet, adatokat kap a növények, talaj állapotáról. Az információ tudatában fontolt döntések hozhatók, mint munkaerő, mint finanszírozás szempontjából. A rendszernek köszönhetően a gazda megalapozott döntéseket fog hozni, nem pedig a tapasztalat vagy megérzés alapján.

Egyik ilyen módszer a helyspecifikus talajmintavételezés, ahol a mintavételezési pontokat GPS koordinátákkal látjuk el. Másik módszer a talajscannelés, ami arra szolgál, hogy a talaj tulajdonságait különféle mérő eszközökkel és rendszerekkel vizsgálják. Ezekből pedig olyan információkat lehet kinyerni, mint például a talajnedvesség, tápanyag koncentráció, textúra, vagy akár pH³ érték. Az így begyűjtött adatokat feldolgozva információkat nyerünk, aminek köszönhetően lehetőségünk nyílik a helyspecifikus gazdálkodásra. [4] A műholdas távérzékelés is ezek közé a módszerek közé sorolható. A távérzékelés egy technológia aminek során a közvetlenül nem érintkezünk a területtel. Két módszert különböztetünk meg, aktív és passzív. Az aktív módszer során az érzékelő által kibocsátott energia visszaverődött energiát érzékeli, míg a passzív távérzékelés során a természetes fényt használja, oly módon, hogy az

³ Pondus hidrogenii-hidrogénion koncentráció

objektumról visszavert fényt érzékeli a szenzor. A műholdakról érkező adatok részletes információt szolgáltatnak és lehetővé teszi a valós időben történő adatszolgáltatást nagy területek esetén is. [5]

A növények heterogenitásának vizsgálatára is használhatóak a műholdak, továbbá ezen az elven használt UAV⁴-k, azok közül leginkább a drónok amelyek szintén alkalmasak távérzékelési eljárásokra. Ezen felül még telepített szenzortechnológiák is segítik a gazdálkodót a helyes ültetési, tápanyag kijuttatási, növényvédelmi tervek elkészítésében. [3] [5]

1.2. Talajelőkészítés

A precíziós növénytermesztés sikerességének érdekében a talajmunkákat is precíziósan kell végezni. Az alaptrágyázás során jellemzően a legfontosabb makro elemek kijuttatása történik meg, ezek pedig a nátrium, foszfor és kálium. A VRA⁵ azaz a változtatható mennyiségű kijuttatás, amit hazánkban előszeretettel alkalmaznak. A folyamat szaktanácsadást igényel. [6] A kijuttatási terv készítésére pedig számos szoftver áll a rendelkezésünkre, mint például a SMS Basic, mAXI-MAP, vagy az Ag Leader.

A következő lépés a magágy előkészítése. Ennek a technológiának a helyes használata lehetővé teszi a precíziós vetést, mivel a magágy egyenetlensége befolyásolja a precíziós vetést. Ezeken az eszközökön a kapák helyzete állítható, ezzel elérve a megfelelő művelést, hiszen ennek köszönhetően a vetőgép a kívánt mélységbe tudja juttatni a vetőmagot. [6]

A talajscannelésnek köszönhetően a gazdálkodó arra is rálátást nyer, hogy az adott területet forgatás vagy forgatás nélküli műveléssel érdemes használni. A művelési rendszertől függetlenül a pontos irányítórendszer a magágy előkészítést nagymértékben javítja, a talajtömörödést pedig csökkenti. A rendszernek köszönhetően a mezőgazdasági erőgép időt takarít meg úgy, hogy nem vét hibát az előkészítésben. Hiba például a előkészítési sávok közötti hézag lehet. [6]

⁴ Unmanned aerial vehicle

⁵ Variable Rate Application



1.1. ábra
 Kombinált talajelőkészítés
 [https://www.axial.hu/cikkek/cimkek/gregoire-besson]

1.3. Növénykultúra és védelmük

A vetést precíziós gazdálkodás alkalmával a hagyományos gazdálkodástól eltérően vetési terv alapján végzik. A vetés minőségét a vetőkocsira szerelt érzékelők ellenőrzik, biztosítják. A John Deere sűrűsoros vetőgép például képes a precíziós nyomkövetésre, vagy ISOBUS vezérlésre is. Ennek köszönhetően a munkagép és a traktor között egységes rendszerben végzi az adatátvitelt és kommunikációt. A GreenStar komponenseknek köszönhetően lehetővé teszi bármely az előbb felsoroltak alkalmazását. A műholdvezérléses kormányzásnak köszönhetően pedig centiméteres pontosság érhető el. Az iTECPro segítségével köszönhetően a fordulósávok végrehajtása is lehetséges. A precíziós vetőgépnek köszönhetően lehetőség nyílik a nagyobb munkasebesség elérésére, ami időmegtakarítást jelent, ezen felül pedig módunk van az éjszakai üzemeltetésre, az átfedések minimalizálásával. [7] A vetőkocsi magas felszereltsége lehetővé teszi az előzetes adatok alapján történő automatikus kijuttatást. Ezeken felül pedig a vetőgép automatikusan végzi a sorzárást is. A vetés során a vetőgépek nagy részénél alkalmunk van tápanyag kijuttatásra is, ami történhet szilárd, vagy akár folyékony formában is. A starter műtrágya kijuttatásánál a vetési tervben szerepelt tőszámhoz igazítja a szoftver, amit a szenzorok ennek megfelelően helyspecifikusan ki is juttatnak. A vetés során

történő növényvédelem elsősorban a talajlakó kártevők irtására szolgál, ezeket az adatokat a talajmintavétel során tapasztaltak alapján, a vetőgép helyspecifikusan juttatja ki. [6]

1.4. Trágyázás

A fejtrágyázás során is módunkban áll használni a precíziós technológiákat és ezt Magyarországon széles körben előszeretettel alkalmazzák is. A kultúrától függően a kijuttatott inputanyag mennyiségét szabályozni tudják az átfedések elkerülésével. A kijuttatás mennyiségét műholdas rendszerek vagy UAV azon belül drónok adatgyűjtésével tervezik meg, így ez a folyamat is helyspecifikussá válik, szemben a hagyományos tápanyag utánpótlással, ezzel óvva a kultúrát és a környezetet. [6] Minden olyan műtrágyaszóró precíziós, ami képes az előírás alapú kijuttatásra. Fontos a műtrágyaszórás végzése előtt az OptiPont beállítása, ez a rendszer azért felel, hogy az adagolók automatikus nyitódjanak és záródjanak a műtrágya aerodinamikai tulajdonságait figyelembe véve. [8]



1.2. ábra

Precíziós műtrágyaszóró munka közben

[<https://agraragazat.hu/hir/agrar-mutragya-kite-precizios-x-mezogazdasag/>]

1.5. Öntözés

Az öntözés megléte tájegységtől és terepi adottságoktól erősen függ, viszont a precíziós vonal itt is figyelemre méltó. A területen lévő növényi kultúrának a vízigényéhez igazodva, ismerve a talaj és növény nedvességét, páratartalmát az öntöző berendezés fűvókái szakaszonként, vagy akár egyenként is helyspecifikusan juttatják ki a folyadékot. Az öntözésben fontos szerepet játszanak a talajszondák, és meteorológiai állomások. A szoftver ezen adatok birtokában számol és hívja fel a gazdálkodó figyelmét az öntözés igényére, sőt akár teljesen automatikusan el is indítja ezt, szemben a hagyományos gazdálkodásban történő víz felesleges, vagy éppen nem elegendő használatával. [9] [10]



1.3. ábra

Lineár típusú öntöző berendezés

[<https://www.hellovidek.hu/kert/2019/07/11/gazdak-figyelem-igy-modosultak-az-ontozesi-eljarasok>]

1.6. Növényvédelem

A növényvédelemben a legelterjedtebb módszer a helyspecifikus herbicid kijuttatási forma. A herbicideket, azaz gyomirtó szereket a terület növényzetének közvetlen környezetében érvényesíti. Csökkenti a környezeti terhelést, viszont növeli a várható hozamot. A kijuttatás mennyiségét műholdas rendszerekkel, vagy drónokkal történő információgyűjtés után határozzák meg. A hagyományos növényvédelemhez képest a precíziós technológiáknak köszönhetően nagyban csökkenti a növényvédő szer mennyiségét, ezzel pénzt takarítva meg. [6]



1.4. ábra

Precíziós növényvédő kijuttatása

[<https://mgk.u-szeged.hu/oktatas/kepzesek/szte-mgk-alapkepzesek/mezogazdasagi-mernoki>]

1.7. Betakarítás

A betakarítás módja kultúrnövénytől és hasznosítási formától függően több féle lehet. Az aratás során a maggyerés céljából végezzük a folyamatot. A silózás végzése közben a teljes növény betakarításra kerül, állati takarmányozás szempontjából. A hétköznapi értelemben vett aratás során olyan technológiák állnak rendelkezésünkre, mint az AutoTrack automata kormányzás, vagy a Machine Sync gépszinkronizálás. Az AutoTrack gyorsabb munkavégzést tesz lehetővé, az átfedések és hézagok csökkentésével. A gépszinkronizálás a kiszolgáló feladatot ellátó traktor és betakarító kombájn vezeték nélküli összeköttetésének köszönhetően rugalmassá teszi a munkavégzést, illetve a menet közbeni üritést is lehetővé teszi.

A silózás során olyan technológiák állnak rendelkezésünkre, mint az AutoTrac RowSense és HarvestLab 3000. Az előbbi főként szénasilózáshoz alkalmazzák. Fedélzeti laboratórium, ami az alkotórészeket vizsgálja. Az utóbbi automata kormányzás, ami megfelelő sorban tartja a betakarító egységet kukorica silózás közben, így az átfedések, és hézagok megjelenése minimális. [11]

A hozamtérkép tájékoztat a területen végrehajtott éves terv sikerességéről és többlet adattal szolgál a döntéstámogató rendszereknek. Ezek az összetett szenzorok vizsgálják a szem nedvességtartalmát illetve mennyiségét is.

A terménykezelés fontossága megkérdőjelezhetetlen, hiszen a tárolás a terményértékesítésnél nagy szerepet játszik a várható profit mértékében. A learatott terménybe szenzorokat juttatnak, amik folyamatosan mérik és naplózzák a terményből számított adatokat. Ezek az adatok folyamatosan megtekinthetők, probléma esetén pedig felhívják a gazdálkodó figyelmét a nem kívánt negatív változásra. [6]

1.8. Sorvezető és automata kormányzás

Fontos megemlíteni, hogy milyen eszközök helyezkednek el például egy traktoron. A különböző eszközök között fontos különbséget tenni a szerint, hogy ingyenes, vagy további költségek jelennek meg az eszköz használata közben.

A mezőgazdasági sorvezető rendszerek közül az ingyenesek EGNOS korrekciót használnak. Ezzel képesek 15-20 centiméteres pontosságot elérni. A Pass to Pass módszer alkalmazásának köszönhetően a művelési sorok párhuzamosak lesznek, és az előzőleg leírt pontosságon túl ne legyenek nagyobb átfedések. A rendszer rossz látási viszonyok között is tökéletesen működik, így a gazdálkodóknak lehetőségük van ködben, porban esetleg éjjel is dolgozni.

Ezt az ingyenes és ilyen pontos korrekciót a Leica geosystems által kiadott GL1DETM sorcsatlakozási pontosságjavító eljárásának köszönhetjük. Ezt fél órán és lokális területen belül tudja tartani. A Leica mojoMINI által használt technológia pedig, a pozíciószórást csökkenti le akár 1 centiméter alá is. Ezt a Smart Antenna biztosítja, ami a ma használatos sorvezetők közül az egyik legmegbízhatóbb. Az nagyfelbontású kijelzővel ellátott eszköz használata letisztult, képes területmérésre, továbbá külön számolja a megművelt és megműveletlen területet is.

A Leica mojo3D akár 2-3 centiméteres RTK pontosságra is képes. Az RTK korrekciókat beszerezhetjük a Lechner Tudásközpontból, vagy akár saját bázisállomásunkból.

A Lechner Tudásközpont által szolgáltatott RTK korrekció plusz díj ellenében használható, és lehetőség van egy éves előfizetésre is. A hálózati RTK egész évben az év minden napjában elérhető az ország minden részén. A korrekciónak köszönhetően ugyan azt a nyomvonalat tudja a gazdálkodó használni minden munkafolyamathoz. Ebbe beletartozik a vetés, műtrágyázás, permetezés, aratás. A rendszer típusfüggetlen és bármely munkagépbe átszerelhető. A technológiához már ajánlott automata kormányzási rendszer, hiszen ha a 15-20 centiméteres pontosságból indulunk ki ott sem egyszerű tartani a sorokat, illetve a felhasználónak más teendő is vannak, mint például permetezés során a szakaszolás, vagy a munkasebesség megválasztása. Belátható tehát, hogy a pontos munkavégzéshez nem elég a jó RTK korrekció, szükség van automata kormányzásra.



1.5. ábra

Leica sorvezető, automata kormányzás, bázis

[<https://all.biz/system-of-parallel-driving-leica-mojo-mini-g330947KZ>]

A rendszernek a sorvezetésen kívül több hasznos funkciója is van. A rendszer megvétele után lehetőség van regisztrálni a virtualvista.com-ra, ahol ingyenes flottakövetési opció is a rendelkezésünkre áll. Így valós időben tudja a gazdálkodó

követni gépeit, hogy hol és mit csinálnak, mindezt a Google Maps térképeken. Az adatok tárolására is lehetőség van, ha nincs GSM lefedettség az adatok a műszerben rögzülnek.

A Leica Geo-Fencing lehetőséget biztosít arra, hogy a gazdálkodó területeket hozzon létre. Ennek köszönhetően a gazda értesítést kap arról, ha a munkagép elhagyja a területet, és üzenetet küld a gépkezelő kijelzőjére is.

A gazdálkodó továbbá értesítést kap a traktor állapotáról. Az erőgép beindításától, a munkafolyamat befejezésén át a leállításig bezáróan. [12] [3]

1.9. Precíziós gazdálkodás technológiának a bemutatása

Az ember mindig arra törekszik, hogy saját munkáját megkönnyítve, kevesebb befektetett munkával a lehető legnagyobb profitot tudja elérni úgy, hogy ez hosszú távon is tartható legyen. A precíziós mezőgazdaság kialakulásának egyik alapkövét pedig a GPS jelenti, és ennek is a mezőgazdaságba történő bevezetése, ami 1970 és 1980 között történt meg, amikor megjelent az első olyan kombájn, ami helymeghatározó rendszerrel volt felszerelve. Viszont ez az eszköz akkor lesz igazán hatásos, ha ehhez rendelkezésre áll egy minőségi helymeghatározásra szolgáló térkép, ami 1984-ben jelent meg. Ennek továbbfejlesztése a GIS alapú alkalmazási térképek.

Az érzékelő rendszerek valamivel később jelentek meg, 1995 és 1998 között, amikor már a termelés állapotát vizsgálták klorofil tartalom szerint. 1999 és 2002 között már a talaj elektromos vezetőképességén alapuló mérést kezdték alkalmazni. 2000-ben jelent meg a mezőgazdaságban az RTK rendszer. 2000 és 2002 között volt az első próbálkozás a precíziós vetésre és műtrágyázásra. 2003-ban az automatikus kormányzás is elérhetővé vált. 2008-ban az első automatikus irányított közlekedési rendszerrel ellátott haszongép is megjelent. 2011-ben pedig az UAV-t is bevezették a mezőgazdaságba.

Az elmúlt években, hazánkban rendkívül sok a mezőgazdaságot támogató pályázat jelent meg. Ilyen például a VP-4-10.1.1.2-16, ami az agrár-környezetgazdálkodásra irányult. A VP3-5.1.1.1-16, az éghajlatváltozásához kapcsolódó megelőző beruházások támogatása, míg a VP3-5.1.1.2-16, a jégesőkár megelőzésére fordított beruházásokat támogatta. 2021-ben a VP2-4.1.7-21, a terménytárolók, szárító és tisztító berendezések fejlesztésének támogatása. Ebben az évben jelent meg a VP2-4.1.8-21-es támogatás is, ami a mezőgazdaság digitális átállásához kapcsolódó precíziós fejlesztéseket tartalmazta.

A támogatás célja a gazdaságok automatizálása, robotizálása volt. A pályázatnak két részét különítették el a 2A Üzemek fejlesztésére, míg a 2B az ágazatba való belépését segítette elő. A felhívás alá tartozó keretösszeg pedig 100 millió forintban volt megállapítva. 90 millió és 10 millió forintra felosztva a pályázati részek között. 2023-ban pedig a VP1-1.1.1-23, ami az agrárágazati képzéseket és tréningeket támogatta. [13]

2. PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS MINT KIHÍVÁS

A kihívás, amit a precíziós gazdálkodással meg szeretnénk oldani az az, hogy egy egységnyi területről a lehető legkedvezőbb termény mennyiséget kapjuk, továbbá, hogy a kiadásainkat minimalizálni tudjuk, és a területeinket a lehető legkevesebb környezeti terheléssel műveljük. A gazdaságosságot nem csak a mezőgazdasági termékek értéktől származó profit határozza meg, hanem a felhasznált input anyagok, például üzemanyag, növényvédő szer, műtrágyák, vetőmagok aktuális piaci ára is, ezen felül a gépek üzemeltetési költsége. A precíziós gazdaság bevezetése több lépésen keresztül történik.

Első lépés az adatgyűjtés, ehhez szükség van különböző szenzorokra, távérzékelési technológiákra, GPS rendszerre vagy esetleg drónra, talajmintára. Az adatgyűjtés segítségével tájékozódhatunk a talajminőségről, haszonnövények állapotáról, várható hozamról, várható éves csapadék mennyiségről.

Az adatfeldolgozás során az előzőekben említett eszközök által szolgáltatott egy típusú adatból több információ nyerhető. Az adat feldolgozására számos szoftver áll rendelkezésre, aminek köszönhetően az elemzést követően folyamatosan lehetőségünk van a termelés optimalizálására, illetve a probléma még korai szakaszában történő felismerésre és kezelésére.

Egy gazdaságnál az egyik legfontosabb lépés a tervezés, ami alapján meg lehet tervezni a vetési mintázatot tápanyagkezelést, helyenként az öntözést. Továbbá a térbeli adatok segítségével kimutatásokat is készíthetünk.

Az előzőekben meghatározott tervek, műveletek végrehajtása következik. Ilyen a vetés a vetési napló segítségével, növényvédelem, tápanyagellátás. A monitorozás segítségével vissza lehet csatolni az elvégzett cselekvések következményeire, esetleges korrekció lehetősége is fennáll. Viszont ehhez szükség van a folyamatos adatgyűjtésre. A lépések általában ciklikusak, azaz ismétlődnek a termelés során, ezzel optimálissá téve a termelést. [14]

A vetési mintázat alatt a Strip Till-t azaz a sávós művelés értendő, aminek köszönhetően nem az egész tarlót művelik, csupán azokat a sávjait ahova az új kultúra kerül. [15]



2.1. ábra

Sávós művelés

[<https://www.wyffels.com/agronomy/spring-anhydrous-application-and-corn-planting>]

Ez számokban kifejezve azt jelenti, hogy az eddigi 100 százalékos művelés helyett, kultúrától függően, csak 20-60 százalék lesz. Az eddig jelentkező gyomokat addig gyomirtó szerekkel kezelik a vetési sávok kihagyásával. Azt a módszert leginkább kalászos, illetve kukorica és napraforgó kultúráknál alkalmazzák.

2.1. Mezőgazdaság 4.0

Ahogy a bevezetésben említettem, a mezőgazdaság 1.0, 2.0 és 3.0-t, jelenleg a mezőgazdaság 4.0-ban vagyunk, ami megközelítőleg 2010 óta tart, és a mezőgazdaság 5.0 várhatóan a mesterséges intelligencia és még fejlettem robotika mellett fog létrejönni. A mezőgazdaság 4.0, más néven a Smart Farming napjainkra egyre szorosabban fonódik össze a precíziós-, illetve helyspecifikus mezőgazdasággal.



2.2. ábra

*Precíziós mezőgazdaság 4.0**[<https://www.smart-farming.hu/2016/07/14/a-cropwatch-projekt/>]*

A Mezőgazdaság 4.0 rengeteg a termelést könnyítő eszköz birtokában van, ilyen például az automatikus kormányzás, ami napjainkba többé-kevésbé minden munkagép egyik alapfunkciója vagy a sorvezető, illetve VRT. Viszont ezeken kívül egyre nagyobb szerepet kapnak a különféle szenzorok, továbbá a felhőalapú szolgáltatások. Ilyen felhő alapú szolgáltatások például az adattárolás, illetve adatkezelés. Ennek célja, hogy a nagy mennyiségű adatunkhoz bármikor és bárhol egyszerűen hozzáférhetünk. Az adatelemzés és prediktív modellezés, aminek célja, hogy nagy adathalmazokat tudunk hatékonyan feldolgozni és elemezni. Előrejelzést ad a termelésre vonatkozóan. A távérzékelés és képfeldolgozás képes a műholdak és drónok felvételeit feldolgozni és elemezni. Olyan feladatokat lát el, mint például a talajminőség meghatározása vagy a növények állapotának értelmezése és vízellátás vizsgálatára. A döntéstámogatás a kielemezett adatok, illetve vizualizációk segítségével pontosabb képet adhat a gazdaság helyzetéről, aminek köszönhetően a gazdálkodó egy kedvezőbb megoldást hozhat, például a tápanyagkezelésben, öntözésben, vagy akár a növényvédelem terén. [16] [17] [18]

2.2. Szenzorok

Az IoT⁶ más néven a tárgyak internete, lényege, hogy egyedi azonosítóval látja el az eszközöket, amiket egy közös rendszeren belül találunk meg. Ez a megoldás számos területen megkönnyíti az adatgyűjtést, ezáltal az automatizálását is.

A mezőgazdaságban használt szenzorok elterjedése annak köszönhető, hogy széles körben gyűjtenek adatot a különböző fizikai és kémiai indexek érzékelésével. A legtöbbet alkalmazott szenzorok a talajnedvességi szenzorok, amik a talajnedvesség tartalmát mérik, ezzel segítve az öntözési időpont meghatározását és mennyiségét, annak érdekében, hogy a növény megfelelő vízhez jusson és ne történjen vízvesztés sem. A talajhőmérsékleti szenzor figyeli a talaj hőmérsékletét, ami a növény tápanyag felvételében játszik nagy szerepet. A talajtápanyag szenzorok mérik a terület tápanyag tartalmát, ez segíti a precíziós tápanyagkezelést, illetve a műtrágya optimalizálását. A meteorológiai szenzor információt szolgáltat a felszín feletti időjárásról, ami szintén nagyon fontos az öntözés, illetve a növényvédelemre nézve is. [5]

2.2.1. Unmanned Aerial Vehicle

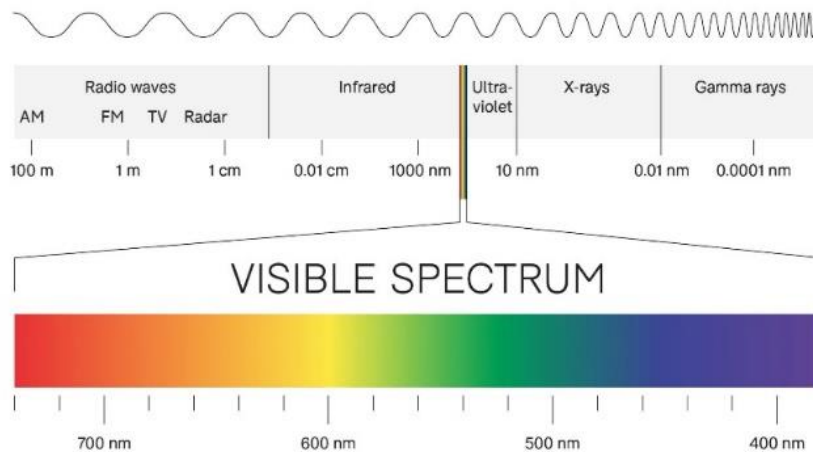
Szenzorok továbbá lehetnek a levegőben is, mint például UAV⁷-n, vagy esetleg műholdakon. Az UAV, más néven pilóta nélküli légi jármű, egy viszonylag olcsó, illetve gyors eszköz a terület vizsgálatára. A géptestre szerelhető kamerának köszönhetően sok típusú feladat elvégzésére is alkalmas. Ilyenek lehetnek a talaj- és vízvizsgálat, vetés és növényvédelem, területmonitoring, hozambecslés, gyomosodás vizsgálat.

Az UAV-ra erősített kamerától függően többféle feladatot képes ellátni. A multispektrális kamerák képesek érzékelni a spektrális tartományokat a látható tartományon felül is, és ennek köszönhetően vizsgálhatjuk a növény által visszavert elektromágneses sugárzást.

⁶ Internet of Things

⁷ Unmanned Aerial Vehicle

Az 8. ábrán az elektromágneses spektrum tartományokra bontva látható.



2.3. ábra

Elektromágneses spektrum

[<https://myactioncam.hu/multispektralis-dronok-elonyok-es-felhasznalasi-esetek-246>]

Az NDVI⁸, ami az élő környezet fotoszintetikus aktivitására utal, fontos információkkal szolgál a kultúra fejlődésének mértékéről, egészségi állapotáról.

Az UAV-re szerelt lidar lézersugárzással méri a távolságot, továbbá a lidarral felszerelt drónok képesek a talajfelszín modellezésre, illetve domborzati változások és vízelvezetési elemzésekre is. [16]

2.2.2. Műholdak

A nagy magasságból történő információ szolgáltatás a műholdak feladata. Ezek az eszközök viszonylag régóta használatban vannak, egészen pontosan 1972-től, amikor a NASA ⁹Landsat műholdja elkezdte a képeket visszasugározni. Ekkoriban a műholdat ERTS¹⁰ néven ismerhették. A műhold 1978 januárjáig működött ezzel, öt évvel átlépve a tervezett élettartamát. A kapott információk minősége minden várakozást felülmúlt. Érzékelőit tekintve, rendelkezett egy RBV¹¹ kamerával, továbbá egy MSS¹² műszerrel. A

⁸ Normalized Difference Vegetation Index

⁹ National Aeronautics and Space Administration

¹⁰ Earth Resources Technology Satellite

¹¹ Return Beam Vidicon

¹² Multispectral Scanner

Landsat 1 műhold négy spektrális sávot érzékelt, nem rendelkezett termikus vörös és pankromatikus rendszerekkel. A felbontása 79 méter volt, és 18 naponként készült új felvétel egy területegységről. Tengerszint feletti magassága pedig 907 és 915 kilométer között volt. Napjainkra a Landsat 9 általános terepi pontossága eléri a 30m-t, pankromatikus pontossága a 15 métert, míg a termikus infravörös pedig a 100 métert. A műhold 8 spektrális sávot érzékel, továbbá kettő termikus infravöröst és egy pankromatikus is. Magassága 705 km. Az egy területről készített felvétel egy 185km x 185km-es területet foglal magába, és 16 naponként új felvétel készül a területről. A műholdak nagy előnye, hogy rövid időn belül nagy pontosságú képet tudnak szolgáltatni számunkra, aminek köszönhetően folyamatosan új információkkal lathatjuk el a gazdálkodót. Az információkat lehetőség van szabályszerűen csoportosítani.

2.1. táblázat
Landsat műholdak paraméterei
[saját szerkesztés]

Jellemzők	Landsat-1-től 3-ig	Landsat-4 és 5	Landsat-6	Landsat-7	Landsat 8
A küldetés kezdete és vége	Landsat-1: 1972-1978 Landsat-2: 1975-1981 Landsat-3: 1978-1983	Landsat-4: 1982-1993 Landsat-5: 1984-2013	1993	1999-	2013-
Tömeg	816 - 960 kg	1 938 - 1 961 kg	2000 kg	2200 kg	2600 kg
Spektrális sávok	0,5-0,6 mikron 0,6-0,7 mikron 0,7-0,8 mikron 0,8-1,1 mikron	0,45-0,52 µm 0,52-0,6 µm 0,63-0,69 µm 0,76-0,9 µm 1,55-1,75 µm 2,08-2,35 µm	-	0,45-0,52 µm 0,53-0,61 µm 0,63-0,69 µm 0,78-0,9 µm 1,55-1,75 µm 2,09-2,35 µm	0,433-0,453 µm 0,45-0,515 µm 0,525-0,6 µm 0,63-0,68 µm 0,845-0,885 µm 1,56-1,66 µm 1,36-1,39 µm 2,1-2,3 µm
Termikus infravörös	-	10,4-12,5 um	-	10,4-12,5 um	10,3-11,3 µm 11,5-12,5 µm
Pankromatikus	-	-	-	0,52-0,9 um	0,5-0,68 um
Felbontás	Általános: 79 m	Általános: 30 m Infravörös hő: 120 m	-	Általános: 30 m Panchromatikus: 15 m Termikus infravörös: 60 m	Általános: 30 m Panchromatikus: 15 m Termikus infravörös: 100 m
Pálya	Tengerszint feletti magasság: 907 - 915 km ciklus: 18 nap	Tengerszint feletti magasság: 705 km ciklus: 16 nap	-	Tengerszint feletti magasság: 705 km ciklus: 16 nap	Magasság: 705 km ciklus: 16 nap

A Sentinel az ESA¹³, azaz Európai Hírügynökség egyik programjának, mégpedig a Copernikus programnak a része. A Sentinel család hat tagból áll. A Sentinel-1 Műholdpár első tagja 2014 óta, míg a második műhold 2016 óta üzemel. A Sentinel-2 műholdpár első tagja 2015 óta, míg párja 2017 óta szolgál. A műholdpár arra lett

¹³ European Space Agency

kifejlesztve, hogy nyomon lehessen követni a növényzet, talaj és növényzettel nem borított felszínét illetve a vizek állapotát. Éppen ezért a műholdak csak nappal tudnak felvételeket készíteni, hiszen a visszavert napsugárzás szenzorba jutó mennyiségét mérik. A visszavert napsugarak érzékelését az MSI¹⁴ szenzor végzi. Az MSI 13 spektrális sávban dolgozik. A Sentinel-2 5 naponként azonos szögből újra látogatja a területet és 290 kilométeres látószöggel dolgozik. [19] [20] [21]

¹⁴ Multispectral Instrument

2.2. táblázat
Sentinel-2 műholdak paraméterei
[saját szerkesztés]

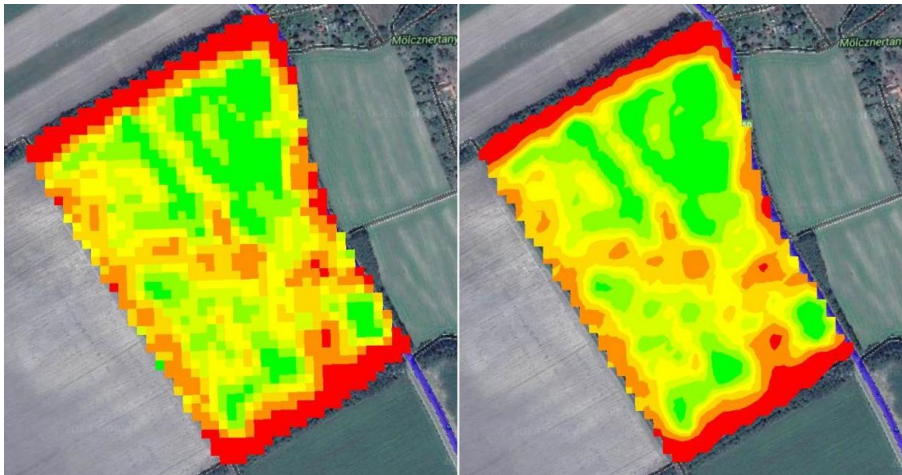
Sentinel-2A	Sentinel-2B	Térbeli elbontás	A küldetés kezdete	Tömeg	Pálya
Közép hullámhossz [NM]	Közép hullámhossz [NM]	M		Kg	Km
442,7	442,3	60	2015	1140	786
492,4	492,1	10			
559,8	559	10			
664,6	665	10			
704,1	703,8	20			
740,5	739,1	20			
782,8	779,7	20			
832,8	833	10			
864,7	864	20			
945,1	943,2	60			
1373,5	1376,9	60			
1613,7	1610,4	20			
2202,4	2185,7	20			

2.3. Terepi adatnyerés

2.3.1. Hozamtérkép

A terepi adatnyerés épp ugyanolyan fontos, mint a távérzékelés által szolgáltatott adatokból kinyert információk. A terepi adatnyerés egyik legszemléltetőbb eszköze a hozamtérkép. A hozamtérkép a megfelelő szenzorok működésén alapszik és akkor tud hasznos adatokat szolgáltatni, ha azok kalibrálva vannak, így a valóságot tükrözik. A kezelő szoftverek képesek a hozamtérképet, más adatokkal összevetni, mint például terep viszonyok, vagy talaj tápanyag ellátottság. Ennek köszönhetően egy, a valóságot jól tükröző visszajelzést kap a gazda az terület aktuális állapotáról. Ezen felül a hozamtérkép jól tükrözi a területen belüli hozam arányok változását különböző színekkel érzékeltetve.

Viszont a valós értéket a színeket meghatározó értékek jelentik tonna/hektárban. A hozamtérkép a táblák heterogenitásáról ad képet gazdák és szakemberek számára.

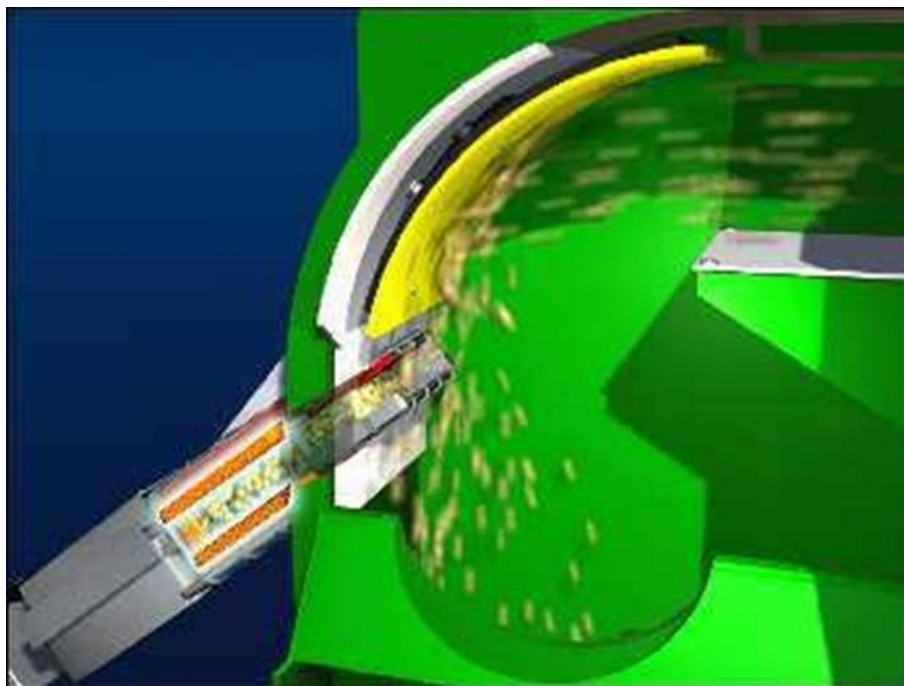


2.4. ábra

Hozamtérkép

[<https://agroforum.hu/agrarhirek/novenytermeszes/precizios-gazdalkodas-a-hozammerestol-a-hozamterkepig/>]

A szenzorok, amiket alkalmaznak az 1980-es évektől került be a mezőgazdaságba. Ennek napjainkra több változata is kialakult. Napjaink egyik legelterjedtebb erre a célra kifejlesztett szenzorunk az ütközőlaphoz hozammérő szenzor, ami a felületére érkező szemek darabszámolásán alapul. Az ütközőlaphoz a szem hozzáverődik, így mérve a beérkező termény mennyiségét. Közvetlenül ez alatt helyezkedik el a nedvességmérő berendezés, ami a szakaszos nedvesség mérésére alkalmas. [22]



2.5. ábra

Ütközőlapos hozammérő és nedvességmérő berendezés

[https://sso.johndeere.com/oauth2/aus9lwzuo7OmgbV271t7/v1/authorize?client_id=0oau95tbhxaOuAKw1t7&nonce=fe7eae57b5bd6e9ae6a18b49dd3bf1818d99427aabd121d8df2b9813489fcb6&redirect_uri=https://salesmanual.deere.com/login&response_type=code&response_mode=query&scope=openid&state=/sales/salesmanual/en_NA/combines_headers/2010/feature/t670_combine/ams/harvest_doc.html]

Ez a szenzor korlátozott abból a szempontból, hogy az elevátor felső fordulási pontja közelében helyezkedik el, így a helye fix, utólagos beépítése korlátozott. Az ezt a nehézséget áthidaló megoldás az optikai hozammérők, ezeket azokba az eszközökbe szokták elhelyezni, ami nem rendelkezik gyári hozammérővel. Hátulütője, hogy a kopásával a pontosság csökken.



2.6. ábra

Aratás szemléltetése precíziós technológia alkalmazásával

[<https://www.kite.hu/gepek-eszkozok/kombajnok-es-adapterek/john-deere-s770-kombajn/2/418>]

A hozamtérképet annak érdekében, hogy a valóságot tükrözze kalibrációt igényel, azaz hozzá kell kalibrálni a betakarító eszközökhöz. Ezek a szoftverek a hozamtérképen kívül már olyan információval is szolgálni tudnak, mint például a betakarító gép sebessége, vagy a domborzati viszonyok megjelenítése. [11]

2.3.2. Talajmintavételezés

A talajmintavételezés fontos információkkal bír, aminek köszönhetően olyan adatok nyerhetők ki, amik más módszerrel nem lehetségesek. A talajmintavételezés szigorú szabályok mellett lehet végrehajtani. A mintavételi egységeknek talajtanilag homogénnek kell lenniük, ha a terület nem haladja meg az 5 hektárt, és összefüggő területekről van szó azonos műveléssel, akkor az a terület egynek tekinthető. Viszont, ha a tábla meghaladná az 5 hektárt, akkor a területet 5 hektáros egységekre kell bontani.

Fontos megemlíteni a különböző művelési területekre vonatkozó szabályokat is. Ilyen a szántóföldi kultúráknál a 0-30 cm-es mélységből történő mintavételezés. Fontos, hogy mindig azonos mélységből történjen. A rét és legelő kultúráknál a mintavételezés 2-20 cm mélységben történik, a 0-2 cm a gyepreteg eltávolítása. Az állókultúrák

tekintetében, ami lehet gyümölcs vagy bogyós ültetvényes, vagy akár szőlős a talajmintavételezési mélység a következő:

- A gyümölcsös ültetvények esetében a talajmintavételezési mélység 0-30 cm vagy 30-60 cm.
- A bogyós ültetvények esetében ez 0-20 cm vagy 20-40 cm.
- A szőlő ültetvények talajmintavételezési mélysége megegyezik a gyümölcsös ültetvényekével, azaz 0-30 cm vagy 30-60 cm.

A mintavételezési eljárás során fontos a mintavételezési vázlat, aminek helytelen megválasztása olyan következményekkel járhat, mint például egy terület adottságainak félrevezetése. Egy talajminta maximum 5 hektáros területet fedhet le, a talajminta pedig úgy jön létre, hogy egy területről legalább 20 talaj-részmintát veszünk. Ez rét és legelő esetében minimum 30 talaj-részminta. Ezeket jól összekeverjük majd ebből 1-1,5 kg-ot kell a laboratóriumba küldeni. A talaj-részmintákat érdemes cikk-cakk-ban vagy átló mentén venni. A talajminta vételezésének módja történhet kézi eszközök alkalmazásával, mint például ásó vagy kézi rétegfűró, de akár ezt lehet gépi mintavevő eszközzel is kivitelezni.

A mintavételezés időpontja is fontos kritérium a helyes mintavételezési eljárás során. Oda kell figyelni többek között arra, hogy a talajmintavételezés a betakarítás után történjen, de még a műtrágyázás előtt. Az őszi műtrágyázás utáni következő évben, de legalább a műtrágyázástól számított 100 nap elteltével. A tavaszi műtrágyázás esetében pedig a műtrágyázástól számított 100 nap elteltével lehetséges a talajmintavételezés. A szerves trágya alkalmazása esetében ez az idő 180 napra növekszik. Mintavételezés során figyelni kell továbbá arra is, hogy a szántóföldi kultúra esetén a terület szélének 20 méteres sávjában nem lehet mintavételt végezni. Ezen felül a fordulókban sem szabad, illetve a talajjavító anyagok depójánál. Ahogyan a haszonállatok delelő területén sem.



2.7. ábra

Talajmintavételezés

[<https://www.agrofil.hu/hu/szolgaltatasok/talajmintavetel-es-tapanyag-utanpotlasi-szaktanacsadas>]

A talajminta vételezése után fontos feladat a minta megóvása, ezért a kevert minta 1-1,5 kilogrammját közvetlenül egy erre alkalmas NAK logóval ellátott polietilén tasakba tenni. A tasak tartalma továbbá, egy a szükséges információkat tartalmazó papír, amit vízhatlan csomagolásba kell elhelyezni annak érdekében, hogy ne mosódhasson el továbbá ne tudja befolyásolni a talajminta eredményét. Az azonosító címkének pedig tartalmaznia kell a földhasználó nevét, és postacímét, a termőterület adatai, minta származási helye. [10] [4]

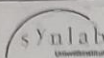
A talajmintavételezési vizsgálatok során több mintavételezési csomag közül választhatunk.

A talajtani alapvizsgálat a vízben oldott pH, vízben oldható összes só, humusz, illetve kalcium karbonát vizsgálatára terjed ki.

A szűkített talajvizsgálat kiegészül foszfor-pentoxid, kálium-oxid és nitrogén-oxidok vizsgálatával.

A bővített talajvizsgálat ezen felül kiterjed a nátrium, magnézium, szulfát, mangán, cink és réz mérésére is.

A teljeskörű talajmintavételezés ezeken felül tartalmazza a toxikus elemeket is, ami a kadmium, nikkel, ólom, higany, króm és arzén.

 synlab Umweltinstitut Ungarn Kft H-9200 Mosonmagyaróvár, Terv u. 92. Tel.: +96 566 480 Fax: +96 566 481 Mobil: +70 779 0663 www.uis.hu E-mail: uis@uis.hu		MEGBÍZÁSI SZERZŐDÉS TALAJVIZSGÁLATOKHOZ		MBSZ-ΣTAL-HU 1. kiadás: 2011. 03. 30. Version: 6	
A MEGBÍZÓ neve, címe		Bentó Robert 2634 Magyarudor Ujmajor 3.			
Telefon, Fax, E-mail		30/5093522			
A KAPCSOLATTARTÓ neve, címe		Bentó János 2646 Csékhátsóúny Kossuth u. 11.			
Telefon, Fax, E-mail		30/332-5098			
Fizetés módja (jelölje X-szel)		Készpénz	Atutalás	X Csekk	
A minta származási helye		Magyarudor			
A mintavétel módja (jelölje X-szel)		A megrendelő végezte	X	Egyéb:	
A mintavétel ideje (év, hó, nap)		2011. 08. 25.			
A tartósítás módja (jelölje X-szel)		Kémiai	Hűtés	Nincsen	
A minta darabszáma					
A vizsgálati csomag típusa (jelölje X-szel)	H1	Szűkített talajvizsgálat: pH _{KCl} , K _A , vízben oldható összes só, humusz, CaCO ₃ , P ₂ O ₅ , K ₂ O, NO ₂ +NO ₃ -N			
	H2	Bővített talajvizsgálat: pH _{KCl} , K _A , vízben oldható összes só, humusz, CaCO ₃ , P ₂ O ₅ , K ₂ O, NO ₂ +NO ₃ -N, Na, Mg, SO ₄ , Mn, Zn, Cu			
	H3	Teljeskörű talajvizsgálat: pH _{KCl} , K _A , vízben oldható összes só, humusz, CaCO ₃ , P ₂ O ₅ , K ₂ O, NO ₂ +NO ₃ -N, Na, Mg, SO ₄ , Mn, Zn, Cu, toxikus elemek: Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr, As			
	H4	8 toxikus fém: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn			
	H5	Nitrit-nitrát-N vizsgálat: nKCL-NO ₂ +NO ₃ -N			
	H6	Talajvizsgálatok erdőtelepítéshez: pH _{H2O} , pH _{KCl} , K _A , humusz, CaCO ₃ , hy %, 5 ^h kapilláris vízemelés			
	H7	Talajtani alapvizsgálat: pH _{H2O} , K _A , vízben oldható összes só, humusz, CaCO ₃			
Részletes rendelés (a választott paramétereket jelölje X-szel)					
K _A	EDTA-Mn	Y ₁	Cu	Ca	K-fa ³
pH _{KCl}	EDTA-Cu	Y ₂	Hg	Fe	Báziscsere ²
pH _{H2O}	EDTA-Zn	h _v % ²	Ni	K	Fenolfialen lúg ³
EC ¹	EDTA-Fe	5 ^h mm ²	Pb	Li	EPH _{C10C4}
Összes só	EDTA-B	Térftömeg ²	Zn	Mg	TPH _{C5C4}
Száranyag	nKCL-SO ₄ ²⁻	As	Ag	Na	BTEX
AL-P ₂ O ₅	nKCL-NO ₂ +NO ₃ -N	Cd	Al	P	Halog.alif. szénhidr.
AL-K ₂ O	H %	Cr	B	Si	PAH
nKCL-Mg	CaCO ₃ %	Cr(VI)	Ba	Sn	PCB ²
Egyéb, megjegyzés					

¹ vizes kivonat; ² nem akkreditált mérés; ³ ÖNORM alapján

Fenti vizsgálatokat a megbízó az synlab Umweltinstitut Ungarn Kft. által megjelölt vizsgálati módszerek alkalmazásával, az alábbi áron rendeli meg.

A minták laboratóriumba történő szállításáról, valamint nyomon követhető jelöléséről a megbízó gondoskodik. A vizsgálati eredmények a laboratóriumba érkezett mintákra vonatkoznak. A fizetési határidő a vizsgálat elkészültének kiértesítésétől számított 15 nap. A vizsgálati díj megfizetését követően kerül sor a vizsgálati eredmény átadására, illetve kipostázására. Fenti jogügyletből származó vita esetére a szerződő felek kikötik a Mosonmagyaróvári Városi Bíróság, illetve értekezletétől függően a Győr-Moson-Sopron Megyei Bíróság kizárólagos illetékességét.

Mosonmagyaróvár,

Megbízó (cégszerű aláírás)

synlab Umweltinstitut Ungarn Kft

A LABORATÓRIUM TÖLTI KI	
AZONOSÍTÓ SZÁM	
A vállalt vizsgálati határidő	
A minták megfelelőek	

2.8. ábra
Megbízási szerződés talajvizsgálathoz
[saját ábra]

2.3.3. Földalatti talajszensorok

A talajszensorok fontos információkat közölnek a talaj állapotáról. Néhány példa a talajszensorokra:

- A talajnedvesség szenzor, aminek köszönhetően a talajban lévő nedvesség mennyiségét ismerjük. Ennek köszönhetően pontos rálátás nyílik a növények vízigényére, aminek köszönhetően az öntözést lehet optimalizálni.
- A talajhőmérséklet szenzorok főként a csírázás idején játszik nagy szerepet, de a növény élettartama alatt végig szükséges alkalmazni. Ez a szenzor képes mérni a terület földalatti hőmérsékletét.
- A talaj összetételéért és szerkezetéért felelős szenzor az elektromos vezetőképesség mérésére alkalmas szenzor. Ez a mérés segít a műtrágyázási stratégia helyes megválasztásában. Ezek a földalatti szenzorok segítenek a növénykultúra számára legkedvezőbb életfeltételek biztosítani. [6] [4]

2.3.4. Föld feletti szenzorok

Ilyenek a légnyomás szenzorok, ami az időjárás adatokat gyűjti, esetlegesen a klimatikus adatok gyűjtését végzi, ami a hosszútávú klímaváltozás vizsgálatának alapja. A szélesebbesség mérése a precíziós mezőgazdálkodásban azért nélkülözhetetlen, mert egy műtrágya szórás során a szélesebbességet és irányt figyelembe véve képes az adagoló szenzor a kijutási mennyiségen úgy változtatni, hogy az továbbra is a célterületre jusson ki, így elkerülve a műtrágya nem megfelelő területre juttatását. A szenzor a termőréteg megtartásában olyan formában segít, hogy az erősödő szél érzékelésénél megfelelő mennyiségű vizet juttatnak a területre így megfékezve a szélrózsió veszélyét. A páratartalom vizsgálata lényeges a betegségek, illetve kártevők észlelésében, és időben történő kezelésébe. Ezen felül még a hőstressz monitorozására is alkalmas, ami lehetővé teszi a lehetséges óvintézkedések formáit. Továbbá az öntözésben is nagy szerepet játszik, hiszen következtetni lehet a talajnedvesség, illetve a növények vízigény szintjére. A léghőmérséklet szenzor képes esetleges fagyriasztást kiadni, aminek köszönhetően a

gazda még időben tud cselekedni. A terméshozam kalkulálásában is fontos szerepet játszik, aminek következtében a várható hozam értékesítési terve készíthető.

A föld feletti és alatti szenzoroktól érkező adatok egymást ezzel egy átfogó és megbízható képet adva a felhasználó számára. A megfelelően működő precíziós mezőgazdaságot követő gazdáknak ez egy nélkülözhetetlen információs csatorna, aminek hiánya megnövelheti a hibás döntések számát. [6] [4]

2.4. Adatfeldolgozási módszerek

2.4.1. eCognition

A beérkezett adatok vizsgálatára, majd feldolgozására különböző módszereket állnak rendelkezésünkre. szerek kifújása, vagy a vízgazdálkodás.

Az eCognition egy szoftverplatform, amit a Trimble ¹⁵fejleszt. A szoftver algoritmusok segítségével dolgoz fel nagy mennyiségű információt. Az eCognition-t főként mezőgazdasági területen használják, az erre szakosodott szakemberek előszeretettel alkalmazzák. Az eCognition 2000-ben történő megjelenése óta folyamatosan fejlesztik, ennek köszönhetően egy jól kiforrott szoftverré vált, rengeteg osztályozó és szegmentáló algoritmus található benne. A szoftver nem kínál fel sablont az egyes osztályozási megoldásokra, viszont lehetőségünk van az egyszer megalkotott folyamatot szabályrendszerként elmenteni, aminek köszönhetően később nagyobb területre, vagy akár másik felvételen is le tudjuk futtatni, ezek módosíthatók is. Az eCognition használata során több szegmentáló eljárást különböztetünk meg:

- illesztés¹⁶, amikor a megfigyelt jellemzőkhöz egy modellt társítunk,
- felülről lefelé elv¹⁷nél a közös objektum alkotja az alapját a pixelek összetartozásának,
- lentől felfelé elv¹⁸ esetében az azonos vizuális jellemző az alapja a pixelek összetartozásának. [23]

¹⁵ Trimble Navigation

¹⁶ Fitting

¹⁷ Top-down segmentation

¹⁸ Bottom-up segmentation

A pixel és szegmens-alapú osztályozást. A távérzékelő rendszerek technikai fejlődésének köszönhetően, a szenzorok minden téren, beleértve az időbeli, spektrális, geometriai és radiometriai felbontása is növekszik. Ebből az következik, hogy egy tematikus kategórián belül eltérő intenzitású pixelek fordulnak elő. Pixel-alapú osztályozási eljárás, egy ismeretlen hovatartozású képpont intenzitását önmagában kutatja úgy, hogy a pixel környezetét figyelmen kívül hagyja. Ebből látható, hogy a pixel-alapú osztályozás során gyakori hiba, hogy a környezet átlagától eltérő pixelt nem a megfelelő kategóriába sorolja be, hanem valahova egészen máshova.

A következő két kép bemutatja a pixel-alapú, illetve a szegmens-alapú osztályozás közötti szemmel jól látható különbségeket.



2.9. ábra

Pixel (bal) és Szegmens (jobb) alapú osztályozás

[https://tamop412.elte.hu/tananyagok/taverzekelt/lecke9_lap1.html]

Az 2.9. ábrán jól látható a pixel-alapú osztályozás során félre osztályozott pixelek, amik a szegmens alapúnál nem jelentkeznek, mivel a szegmens „spektrálisan hasonló, szomszédos képpontok egybefüggő halmaza [24]”. A képet olyan szegmensekre kell felbontani, amik szomszédos, összetartozó pixelekből állnak, illetve a valós elemeket képviselik. A folyamat elején egy hasonlósági kritériumot kell megfogalmaznunk. Ez fogja meghatározni az egyes régiók nagyságát. A küszöbérték megadása során fontos olyan érték megválasztása, ami nem ad túl nagy intervallumot a pontos osztályozás

érdekében. A szegmensek olyan objektumok, amelyek a homogenitás kritériumának eleget tudnak tenni. Az objektumok egyik legfőbb tulajdonsága az, hogy csaknem homogén közeget alkosson, azaz spektrálisan hasonló értékekkel rendelkezzenek. A szegmentálás mezőgazdasági szempontból azért nagyon fontos, mert lehetővé teszi a gazdálkodók és szakemberek számára a területrészenkénti tevékenységek, illetve terméshozam meghatározását. [25] [24]

Az előzőekben említett szegmentálás fontossága elsődleges, hiszen a munka későbbi szakaszában ezeket az adatokat úgynevezett inputként kezeljük. Ennek hatására az egész kiértékelés függ a szegmentálás pontosságától. Az eCognition rendszerében több szegmentálási típus közül választhatunk. Ilyen például:

Region Growing¹⁹, ami egy szabványrendszer alapján csoportosítja a hasonló tulajdonságú pixeleket, ezeket hozzáadja a meglévő területhez mindaddig, amíg azok a szabályrendszernek megfelelnek.

Watershed²⁰ ez a módszer azonosítani tudja a lehetséges határokat és ennek tudatában hozza meg a szegmentálás határait.

Mean Shift, ami a pixelek középértéke alapján dolgozik.

Fontos megemlíteni azt is, hogy ezek a szegmentálási módok finomíthatóak. Szegmentálás során nem csak a spektrális tulajdonságok alapján rendezi objektumokba a pixeleket, hanem hierarchia, geometriai jelleg, továbbá szomszédsági viszonyok alapján is.

2.4.2. Chessboard

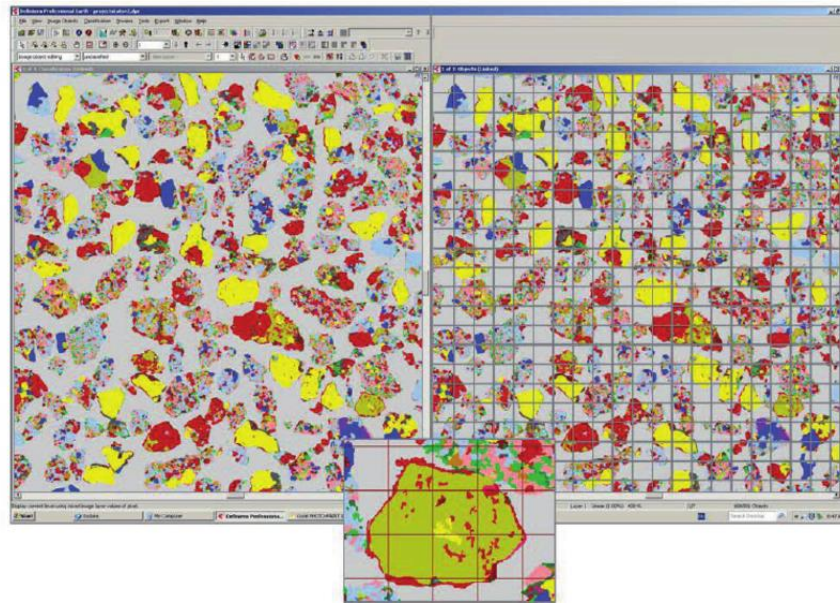
A sakktábla módszer²¹ a szegmentálási módszerek közül a legegyszerűbb. Ennek lényege az, hogy a területet azonos méretű négyzetekre bontja a felhasználó által megadott paraméterek alapján, ezért a folyamat során a spektrális tulajdonságok nem kapnak szerepet. A módszer alkalmazása abban az esetben célravezető, ha azonosítás céljából tesszük azt. Ilyen lehet például a kevésbé látható földrészlet határok. A szegmentálás során meghatározásra kerülő szabályos négyzetek mérete függ a felvétel képméretétől. A

¹⁹ Terület Növekedés módszere

²⁰ Vízválasztó módszer

²¹ Chessboard

2.10. ábrán jól látszódik a négyzetek szabályossága, továbbá az is, hogy mennyire fontos a megfelelő méret megválasztása.



2.10. ábra
Sakktábla szegmentálás eredménye

A precíziós mezőgazdaságban számos mezőgazdasági módszert alkalmaznak:

- küszöbérték alapú szegmentáció,
- régió alapú szegmentáció,
- textúraalapú szegmentáció
- gépi tanuláson alapuló szegmentáció.

Ezen szegmentációk közül mindig a területre rendelkező adatok, illetve célok alapján, a finomhangolások kivitelezésével lehet kiválasztani a legjobban célravezetőt. [25] [24]

2.4.3. Küszöbérték alapú szegmentálás

A küszöbérték alapú szegmentálás során egy értéket határozunk meg, ami lehet a pixelek intenzitása. Azokat az értékeket, amik kisebbek vagy nagyobbak a megadottnál, elkülöníti. Ennek a feldolgozásnak nagy előnye, hogy a módszer gyors, egyszerű, és könnyen alkalmazható. Ennek a szegmentálási formának a folyamat az előfeldolgozással kezdődik, amikor műveletek segítségével a felvételt optimalizálni tudjuk a szegmentálás érdekében. Ilyen műveletek lehetnek a kontrasztfokozás vagy például az élességkiemelés.

Az előfeldolgozás végeztével a küszöbérték kiválasztása úgy történik, a kép jellemzőit figyelembe vesszük.

Az eljárásnak két lehetősége van:

- az egyik az, amikor a felhasználó manuálisan viszi be a küszöbértéket,
- vagy akár ez történhet adaptív módon, amikor a rendszer automatikusan kiválasztja a megfelelő küszöbértéket.

A küszöbérték meghatározása után a szegmentálás következik, amikor az elkészült küszöbértéket alkalmazzuk a felvételen. Ennek hatására egy bináris képet kapunk. Az befejező lépés az utófeldolgozás, ahol szükség esetén az eredmény finomítása, javítása történik. [24]

2.4.4. Régió alapú szegmentálás

A régió alapú szegmentálás során a felvételt homogén régióként kezeli. A képet olyan régiókra bontja, amelyek hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek, ilyen lehet a textúra, szín vagy intenzitás. A régiók hasonló pixelek, amelyek a határvonalak mentén különülnek el. Az objektum alapú szegmentálás részletes elemzést tesz lehetővé. A szegmentálás figyelembe veszi a terület egészét, illetve el is különíti őket. A folyamatot a kezdő régió meghatározásával kezdjük, ezt lehet előre meghatározott paraméterek alapján, vagy akár véletlenszerűen is végrehajtani. Ezután a régiók összevonása következik, ami az alábbi szempontok szerint szokott történni:

- textúra,
- szín,
- vagy intenzitás.

A régiók összevonása után az osztályozás következik, ahol figyelembe kell venni az osztályozás célját. Utófeldolgozás során az eredmények utómunkálatai, finomítás és javítás történik. [24] [26]

2.5. Osztályozás

Az osztályozás valamely tulajdonság együttesek alapján, a földfelszín valamely szempontból közösnek tekinthető kategóriákra bontása. Az osztályozás alap gondolata

abból a gyakorlati tapasztalatból indul ki, hogy a földfelszín különböző jellegű és borítottságú részletei más-más visszaverési tulajdonságokkal rendelkezik.

Az osztályozás célja a képi tartalom, illetve a kiegészítő adatok segítségével információt szolgáltatson a felhasználónak. A végtermék általában egy tematikus térkép, ami a felhasználó számára hasznos információkkal szolgál.

A tematikus térképet a távérzékelési felvételek, illetve a földművelési adatok együttese alkotja. A távérzékelés történhet drónos felvétel, vagy műhold felvétel alapján. A földművelési adatok általában a talajminta, növényi adatok, vagy akár meteorológiai adatok lehetnek. A tematikus térkép segítségével köszönhetően nyomon lehet követni a mezőgazdasági haszonnövény fejlődését, vagy akár optimalizálni lehet a termés mennyiségét is. Az osztályozás kategóriáinak megválasztásánál ügyelni kell arra, hogy a műholdas felvételek jó minőségűek legyenek. A kategóriák megválasztásánál figyelni kell a helyes méretarány kiválasztására is. Ha bármely feltétel nem teljesül a kész térképet nem tudjuk megfelelően használni. A térkép átláthatóságának egyik fő szempontja, hogy legyen egy egységes nomenklatúra. Ez azt jelenti, hogy szükség van egy egységes, következetes rendszerre, ami megfelelő kommunikációt biztosít a mezőgazdasági szakemberek és egyéb felek között. Precíziós mezőgazdaságban gyakori, hogy a nomenklatúra szabványokra és ajánlásokra épül. Alkalmazási területe igen sokszínű, mint például a kártevők, növényfajok, talajtípusok vagy távérzékelési adatok azonosításában és osztályozásában mutatkozik meg. A tematikus térkép sikerének kulcsa a geometriai felbontás, illetve a spektrális felbontás. Minél nagyobb a geometriai pontosság, annál részletesebb a felvétel, hiszen ez azt jelenti, hogy a pixelek száma kisebb. Mielőtt az osztályozást megkezdjük, fontos hogy a probléma, vagy vizsgálati elem, illetve a spektrális jellemzők között összefüggést találjunk, az osztályozási térkép hatékonyságának érdekében. [26]

2.6. Tematikus adatok felhasználása

A kinyert és feldolgozott információkat számos területen felhasználják. Egyik legnagyobb felhasználó területe a precíziós mezőgazdálkodás, mivel a kinyert információk többféle szempontból feldolgozhatók. Továbbá az is elmondható, hogy az osztályozást mindig a kívánt feladatra vetítve tudjuk elvégezni, így egy adatból több

típusú információ nyerhető ki. Ilyen eshetőség lehet például egy táblán belüli talajminőség osztályozása. A különböző forrásokból (műholdak, drónok, föld feletti szenzorok, földalatti talajszenzorok, talajmintavételezés) származó adatok alapján szabályozható például talajelőkészítés folyamata, öntözés vagy akár a műtrágyázás is. Másik lehetőség lehet, a növénytakarónak az osztályozása - aminek során megkülönböztetünk egymástól eltérő növényfajokat, illetve a növénytakarók típusát is. Ennek köszönhetően folyamatosan lehet monitorozni a növények fejlődését, emellett szükség esetén területi beavatkozás is lehetséges a kíván területen, korrekciótól függően mezőgazdasági gépek segítségével, vagy drónok használatával is. Ezzel jelentős költséget megtakarítva a gazdának. Lehetőség van arra is, hogy a kártevő és gyomnövények azonosításra kerüljenek, ami szintén fontos szerepet játszik a maximális hozam elérésének érdekében.

A vegetációs időszakban végzett adatgyűjtés azért fontos az elmondottakon túl, mert a folyamatos monitorozásának köszönhetően képet ad a gazdának a gazdaság valós idejű állapotáról.

Ezen információk tudatában elmondható, hogy a precíziós mezőgazdaságban elengedhetetlen a távérzékelés jelenléte a sikeres gazdálkodáshoz.

3. GAZDASÁG ÉS MINTATERÜLET BEMUTATÁSA

Fejér vármegye területén Sárkeszi határában fekszik a Szabó-család mintegy 1000 hektáros családi gazdasága. A gazdaság két fő ága a baromfitartás, továbbá a növénytermesztés.

A baromfik, amikkel a családi gazdaság foglalkozik, a brojler, ROSS308-as fajtájú húshibrid. A tenyésztés 2 istállóban történik, épületenként három-három szinten. Egy turnus megközelítőleg 85 000 ROSS308 húshibrid egyed foglalt magába. Évenként 6 turnus nevelése történik, azaz éves szinten körülbelül 510 000 csirkét nevel ki a gazdaság. A gazdaságban prioritást élvez az állatok jólétét biztosító követelmények. Az állattartásban nagy szerepet játszik a precíziós technológiák alkalmazása.



3.1. ábra

*A Szabó család által nevelt ROSS208 húshibrid csibék
[gazdaság felvétele]*

Azért vált szükségessé a precíziós technológia bevezetése, hogy a kívánt beavatkozások a megfelelő időben történjenek meg. Ezen beavatkozások lehetnek például az istállóklíma beállítása és folyamatos monitorozása, megvilágítottság, itatók állapotának ellenőrzése. Ezekben az épületekben riasztó berendezés üzemel, hogy a kívánttól eltérő változás esetén jelet adjon a gazdálkodónak. A gazdaság jövőbeli

terveiben szerepel egy, az egész gazdaságra kiható telepirányítási rendszer kiépítése, aminek köszönhetően a gazdaság távolról is kontrollálhatóvá válik. A folyamatos adatgyűjtés nélkülözhetetlen. Az összegyűjtött adatok elemzésével nyomon tudjuk követni a brojler populáció állapotát.

Az állattartás egyik jelentős költségét a takarmányozás jelenti. Egy ilyen, takarmánykeverő eszközpark beszerzése rendkívül költséges és a gazdaság nem rendelkezik vele. A takarmányt, takarmánygyártó cégektől szerezik be. A precíziós technológiáknak köszönhetően folyamatosan monitorozni lehet a csirkék takarmány felhasználását. Az innen nyert információk segítségével a gazdaság tud kalkulálni, hogy mennyi takarmányra lesz szükségük egy turnus ellátásához. Mivel a gazdálkodók több takarmánygyártóval állnak kapcsolatban, ezért számukra az is fontos, hogy melyik gyártó milyen feltételek mellett tud számukra szállítani, milyen fizetési konstrukciókat tudnak ajánlani.

Magas költséget rejthet az energia felhasználása is. A villamos energia ilyen nagy állattartó gazdaságoknál rendkívül magas. Szerencsére ennek csökkentésére vannak már lehetőségeink. Ilyen lehetőség a napelemek telepítése, ahogy azt a gazdaság is tette. A telep területén 2019-ben hajtottak végre egy napelem beruházást, ami 2023-ra a teljes telep energia ellátását tudja fedezni. Ezen felül elengedhetetlen a megfelelő hőszigetelés alkalmazása. A gazdaság jól szigetelt épületei a téli fűtési időben, illetve a nyári hűtési időszakban is egyaránt jól működnek. Ezzel csökkenteni tudják az energia felhasználást. A fűtés jelen pillanatban még tartályos gáz használatával oldják meg, viszont az árak változásának következtében felmerül az alternatív megoldások előnyben részesítése.

Napjainkban a munkaerő piac egyre szűkebb, illetve drágább, ami a legjobban a sok élőmunka igényű területeken mutatkozik meg. A gazdaságnál az állattartás 24 órás felügyeletet igényel. A különböző, nagyobb volumenű idénymunkák alkalmával pedig még több alkalmazottra van szükség. A most bemutatott cég is szembesült ezzel a nehézséggel, e miatt részesítenek előnybe robot technológiát ezekben az épületekben.

Természetesen nem elegendő a jószág felnevelése és életterének megfelelő biztosítása. A turnus végeztével az egyedek értékesítése is komoly kihívás lehet. Elmondható a gazdaságról, hogy korábban 10 évig ugyanannak a feldolgozó üzemnek

szállítottak, viszont napjainkra nem integrációban termel a gazdaság. Ettől függetlenül a cég rendelkezik kettő olyan partnerrel, amelyekkel hosszú távú és virágzó együttműködést remélhet. Az egyedek értékesítését nagyban befolyásolja a ráfordított költség. A legnagyobb mértékben a takarmány árának napról napra történő változása miatt az értékesítési árakat is folyamatosan napra készen kell tartani. Ehhez elengedhetetlen a megfelelő információáramlás gazdaság és gazdaság között.

A gazdaság folyamatosan fejlődik és fejlődni is szeretne. Erre a legjobb példa egy beruházás, ahol a harmadik ól beüzemelése történik. Ennyi jószághoz viszont további fejlesztésekre lesz szükség, ami lehet a gépesítés, továbbá az említett telepírányítási rendszer.

A gazdaság másik ága a növénytermelés. A gazdaság körülbelül 1000 hektáron gazdálkodik csaknem 100 darabban. Ezeken a területeken oszlik meg az őszi búza, őszi árpa, kukorica, napraforgó illetve szója. A búza étkezésibúza, az árpából sörárpát termelnek, amiből később sört állítanak elő. A napraforgóból olajsavas napraforgót termelnek, ami napraforgó olaj készítéséhez használnak. A kukorica és szója takarmányozás szempontjából tartanak fenn.

Az erőgépek mindegyike rendelkezik automata kormányzással, aminek köszönhetően 2 centiméter pontossággal tudják művelni a táblákat. Adott AB vonalon az erőgép önálló munkavégzésre képes. A gazdaságban lévő gépek vezérlése monitoron keresztül történik, ennek köszönhetően a szakaszolással elkerülhetővé válik a táblán belüli átfedés, vagyis nem történik felesleges kijuttatás. A gazdaság néhány erőgépe a táblavégi fordulókat is képes magától elvégezni, ennek köszönhetően a gépkezelőnek elég a munkát felügyelni, hiszen a traktor az egész munkafolyamat elvégzésére képes. A folyamatos nagymértékű fejlődés a gazdaságok munkáját megkönnyíti, viszont egyidőben nagyobb elvárásokat támasztanak a gazdálkodókkal szemben. Az egyre fejlődő eszközök megkövetelik a szakértelmet, vagyis olyan szakemberekre van szükség, aki ismerik és kezelni is tudják a folyamatosan újuló szoftvereket. A munkavégzés ilyen jellegű pontossága nagy szerepet játszik az üzemanyag felhasználásában. Minél pontosabb a munkavégzés, annál kevesebb felesleges üzemanyag felhasználás történik. A családi gazdaság a traktorokon kívül kettő darab, a hozammérésre alkalmas betakarító

eszközzel is rendelkezik. Ezeket használva, a betakarítás során minden területük minden részéről kapnak információt.



3.2. ábra
*Kombájnok betakarítás közben precíziós technológiával ellátva
 [gazdaság felvétele]*

A 2024-es évtől érvénybe lépő elektronikus gazdálkodási napló vezetése miatt még nagyobb hangsúly kerül a folyamatos adatszolgáltatásra. Ehhez nem elég a műveletek monitoron rögzítés, szükséges ezeknek az adatoknak a tárolása is, amit a gazdaság a TOPCON TAP felhőrendszerén keresztül végez el. Természetesen a gazdálkodók számára több ilyen felület is a rendelkezésükre áll. A TOPCON TAP rendszerében az adatok online is nyomon követhetőek és rögzítésre kerülnek.

Előfordulhat viszont az, hogy egy gazdaságnak megvan minden eszköze és szoftvere, viszont mégsem tud versenyképes maradni a folyamatosan növekvő inputanyag árak miatt. Inputanyag lehet például a műtrágya, vetőmag, növényvédőszer. A gazdaság ezt úgy küszöböli ki, hogy folyamatosan mérlegel, illetve kiszűri azt, amire ténylegesen szüksége van ezzel elkerülve a felesleges megrendeléseket. Természetesen az idei év erre egy jó példa, hogy a folyamatos monitorzásnak köszönhetően felül tudták írni a tápanyagtervüket, hiszen az aszály következtében többet ártottak volna növénynek,

mivel az képtelen lett volna azt felvenni. Ennek köszönhetően felmerült egy újabb fejlesztési lehetőség az öntözés kiépítése.

A gazdaság egy területre eső tervezése, egy jól bevált folyamat. A különböző forrásokból származó adatokat, mint például műholdfelvétel, hozamtérkép rendszerezik. Ezt követően kijelölik a talajmintavételezési pontokat. A gazdaság területein 3 hektáronként vesznek talajmintát, amit ezt követően a laborba küldenek. Az adott kultúrára szabják a vetési, továbbá műtrágyázási és növényvédelmi tervet. A módszerrel nem csupán a kijuttatott tápanyagot tudják szabályozni, de a kultúra tőszámát is. A folyamat végeztével költség-jövedelem térkép készíthető, melyen meg lehet megtekinteni azt, hogy az adott technológia használata mellett milyen jövedelem érhető el.

Az inputanyagok árának folyamatos emelkedése a gazdaságot arra ösztönözte, hogy más módszereket is alkalmazzanak, a költséghatékonyabban működjenek. Ilyen például a drón használata, amit a gazdaság elsősorban a helyspecifikus gyomirtó kijuttatására alkalmaz, illetve az állomány felmérését is ezzel végzi.

A terményt a követelmények szerint tisztítják, szükség esetén szárítják, viszont itt is jól átgondolt stratégiai döntések szükségesek a magas energiaárak miatt.

A családi gazdaság az előző évekhez képest nagy fejlődésen ment át, amit mi sem tükröz jobban, mint, hogy olyan tároló kapacitás áll a rendelkezésükre, ahol akár egész évben tudják tárolni a termény 100 százalékát, ezzel áthidalva azt a problémát, hogy esetleg aratás után közvetlen, nyomott áron keljen eladniuk a terményt.



3.3. ábra
A Szabó család új terményraktározó létesítménye
[gazdaság felvétele]

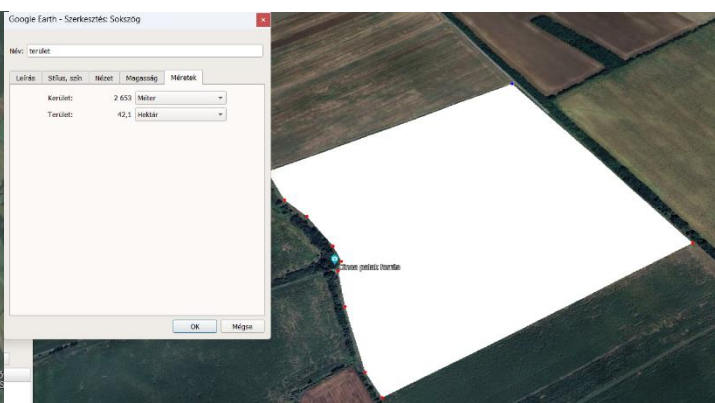
3.1. Vizsgált terület bemutatása

A szakdolgozatban bemutatott terület elhelyezkedését tekintve a Dunántúli területén helyezkedik el, Jenő községben. Székesfehérvártól 22,6 kilométerre délnyugatra összesen 29 perc autóval. Balatonfüzöttől pedig 26,3 kilométerre ami 31 perc autós közlekedéssel elérhető északkeleti irányba. Jenő település határában a vizsgált terület 42 hektáros.

A gazdaság telephelye Sárkeszin található.



3.5. ábra
A kiválasztott terület elhelyezkedés
[saját ábra]



3.4. ábra
A kiválasztott terület nagysága
[saját ábra]

3.1.1. Növénykultúra

A mintaterületen a vizsgált évben őszi búza volt vetve. A búza növekedését több szakaszra lehet bontani. Az első az alapszakasz, ez az időszak magába foglalja a vetéstől a szárba indulásig tartó intervallumot. A vetés időpontja október 5 és 25 között optimális. Ez után a földbe került vetőmag csírázásnak indul, majd gyökérrendszer alakul ki. A növényzet ezután bokrosodásnak indul. A fejlődés egyes szakaszait lassíthatja az időjárási körülmények. Ez azt jelenti, hogy például a hideg napok lassítják a fejlődés ütemét. Az alapszakasz ideje körülbelül 6 hónap, szeptembertől márciusig.

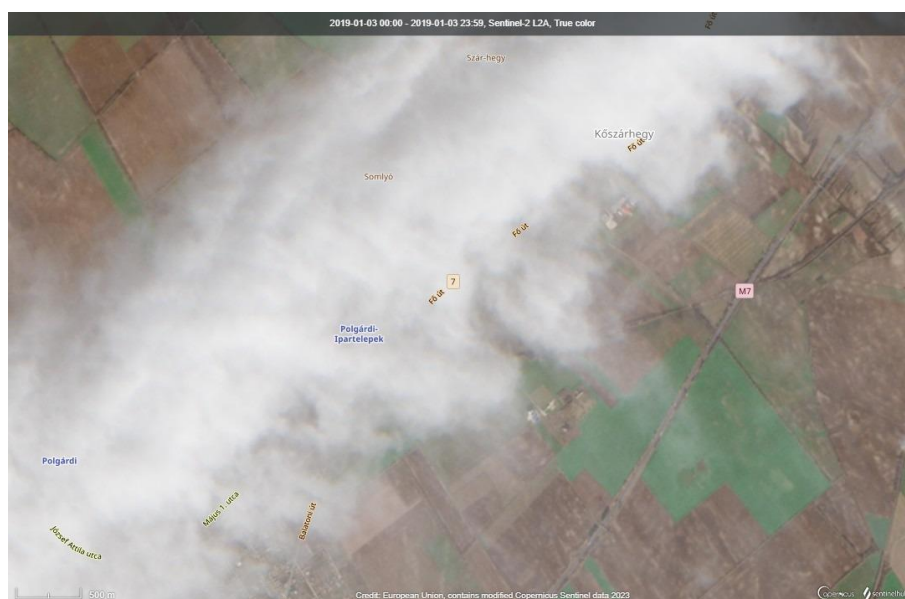
A második a fejlődési szakasz. Ez az időszak a szárba indulás kezdetétől a virágzási időszakig tart. Ebben az időszakban a búza napi tápanyag igénye megnő, mivel a növekedési folyamata gyors. A levélzet kialakulásának köszönhetően a növény a beérkező fotoszintetikus anyagok több mint 90 százalékát be tudja fogadni. Ez az időszak körülbelül 2 hónap, áprilistól májusig.

A harmadik és egyben utolsó fázis a virágzástól a gabona éréséig tart. Ez az időszak júniustól augusztusig tart.

4. FELDOLGOZÁS

A műholdképek feldolgozása egy következő fázisa az adatok begyűjtésének és kiértékelésének. Az egyre fejlettebb műholdak egyre több és jobb minőségű adatot szolgáltatnak, melyeknek a szakértő feldolgozása szélesebb körben felhasználható információ halmazt biztosít. A feldolgozás gyakorlatot igényel a szakemberektől.

Napjainkban számos szabad forrású földmegfigyelő rendszer áll a rendelkezésünkre. Ezek a rendszerek néhány nap elteltével új felvételeket biztosítanak a számunkra 10-30 méteres vagy akár 156 kilométeres területről is. Ezen felül elérhetőek akár 1 métert biztosító kereskedelmi műholdak is. A műholdfelvételeket nagyban befolyásolni tudják a természeti jelenségek a földön, a leglátványosabb a felhőzet.



4.1. ábra

Felhős Sentinel-2 műholdfelvétel

[https://dataspace.copernicus.eu/browser/?zoom=12&lat=47.05808&lng=18.35953&visualizationUrl=https%3A%2F%2Fsh.dataspace.copernicus.eu%2Fogc%2Fwms%2Fa91f72b5-f393-4320-bc0f-990129bd9e63&datasetId=S2_L2A_CDAS&fromTime=2023-11-18T00%3A00%3A00.000Z&toTime=2023-11-18T23%3A59%3A59.999Z&layerId=1_TRUE_COLOR&demSource3D=%22MAPZEN%22&cloudCoverage=30]

Ennek kiküszöbölésére az alacsony magasságban végzett légi felvételek szolgálhatnak, amelyeket repülőgéppel vagy drónnal végeznek. A repüléses és drónos felvételek tökéletesen kiegészítik a műholdas felvételeket, és ezek forrásából a növénymonitoring feladata tökéletesen megoldható.

A vizsgált terület monitorozását 2018. november 16-án kezdtem és egészen 2019. július 9-én fejeztem be, ugyanis ez volt a betakarítás időpontja. Ez összesen 9 hónapot jelent. A 2018-as évből csak ez az egy felvételem volt, hiszen a téli időszakban a kultúra fejlődése nem intenzív. Ezt a 2019. február 17-i majd minden hónapban egy újabb felvétel követte. A májusi hónap erősen felhős volt, így ebben a hónapban nem sikerült műholdképet kapnom. A megoldás az jelentette, hogy a következő hónap (június) első harmadából is és harmadik harmadából is dolgoztam fel műholdképet. A műholdképek pontos időpontjai a következők voltak: 2018. november 16, 2019. február 17, március 6, április 20, június 12, június 27. A felvételeket a Sentinel-2 műhold szolgáltatta. A felvételek kiértékelése során megfigyelhető volt a mért indexek értékeinek növekedése egészen a június 12-i felvételig, ezt követően mind az NDVI mind a NDMI értékek csökkentek, ennek pedig a búza érése volt az oka. Számszerűen az NDVI átlagértékek 0,46-ról egészen 0,79-re nőtt, míg az NDMI értékek 0,03-ról 0,65-re emelkedtek. A vizsgálat egészéről elmondható, hogy a terület szórása egész időszak alatt nagy volt.

4.1. Felhasznált Weboldalak és Programok

Szaktervezésemhez a következő műholdfelvételt biztosító oldalakat használtam.

eFöld Portál, ahonnan a kiértékelési feladatokat végeztem, ezen az oldalon lehetőség van arra, hogy kiválasszuk a számunkra adatnyerés szempontjából fontos műholdat vagy műholdakat. A felvételek letöltéséhez ügyfélkapus bejelentkezésre van szükség, viszont a képek letöltése teljesen ingyenes. Abban az esetben, ha a gazdálkodó nem szeretné letölteni a felvételt. Lehetősége van az oldal által felkínált megjelenítési formák közül válogatni.

- A valószínűs megjelenítésre, ami az RGB²²-ből előállított valós színes kompozit.
- A városi terület sávkombináció a közeli infravörös és vörös sávból tevődik össze és városi területek megkülönböztetésére használjuk.
- A légköri áthatolás sávkompozit segítségével lehet a felhősebb felvételek vizsgálatánál.

²² red-green-blue -> vörös-zöld-kék

- A vegetáció fotoszintetikus aktivitása egy a vegetáció aktivitását és egészségi állapotát vizualizáló sávkompozit.
- A vegetáció elkülönítésére optimalizált sávkombináció segít elkülöníteni a növényzettel borított területeket.
 - A vizuális interpretációra optimalizált sávkombinációból kettőt különítünk el:
 - Az első a mezőgazdasági növények állapotának elemzésére és a sűrűségére vonatkozó vizuális vizsgálatokra használják.
 - Másik eset, inkább a felszínborítottság széleskörű vizsgálatára ajánlott, mivel nagyon jól elkülöníti a talajfelszín típusait.
 - Mindezekon felül lehetőségünk van egyéni sávkombinációk létrehozására.

Az indexek földre kattintva hat paraméter közül tudunk választani.

- NDVI²³, ami a vegetáció fotoszintetikus tevélegességét vizsgálja. Képlete a következő:

*4.1. egyenlet
NDVI képlete*

B08-B04
B08+B04

- EVI²⁴, ami szintén a vegetáció fotoszintetikus aktivitását végzi, azzal a különbséggel, hogy a kék sávoknak köszönhetően kevésbé érzékeny a légköri hatásokra. Képlet szerint a következő módon lehet kiszámolni:

²³ Normalized Difference Vegetation Index

²⁴ Extended Visual Index

4.2. egyenlet
EVI képlet

2,5*	$\frac{B08-B04}{B0,8+6*B04-7,5*B02+10000}$
------	--

- Az NDWI²⁵, a vízindex kiszámítására szolgál, továbbá a talaj vízállapotának vizsgálatára. Képlete:

4.3. egyenlet
NDWI képlet

$\frac{B03-B08}{B03+B08}$

- NDMI²⁶, nedvességindex, a vegetációk víztartalmát vizsgálja.

4.4. egyenlet
NDMI képlet

$\frac{B08-B11}{B08+B11}$

- A NDSI²⁷, hóindex, segíti a hófödte területek azonosítását.

4.5. egyenlet
NDSI képlet

$\frac{B03-B11}{B03+B11}$

- BSI²⁸, fedetlen talajfelszín beazonosítását segíti.

4.6. egyenlet
BSI képlet

$\frac{(B11+B04)-(B08+B02)}{(B11+B04)+(B08+B02)}$

Copernicus Browser nevezetű weboldalon szintén kiválasztottam a Sentinel-2 műholdat. Az oldalt olyan képek letöltésére használtam, ami a későbbi feldolgozások

²⁵ Normalized Difference Water Index

²⁶ Normalized Difference Moisture Index

²⁷ Normalized Difference Snow Index

²⁸

során a segítségemre volt. A képek letöltése teljesen ingyenes, viszont eCognition feldolgozáshoz számomra nem volt elegendő.

A weboldalon csakúgy, mint az eFöld portálon itt is van lehetőségünk különféle rétegek közül választani.

- A lehetőségeink hasonlóan az előző portáléhoz itt is a valósszínes kompozittal kezdődik.
- Ezt egy hamisszínes kompozit követi.
- Az optimalizált valósszínes kompozitnál, egy továbbfejlesztett színmegjelenítést kapunk.
- NDVI
- Hamisszínes városi területek elkülönítésére szolgáló réteg.
- Nedvesség index
- SWIR²⁹
- NDWI, ami az egybefüggő vízterületeknél lehet hasznos.
- NDSI
- Illetve egyéb általunk szerkesztett réteg létrehozható.



4.2. ábra

Sentinel-2 műholdkép, heterogenitás szemléltetése különböző spektrális tartományokba
[\https://dataspace.copernicus.eu/browser/?zoom=14&lat=47.10267&lng=18.28564&themeId=DEFAULT

²⁹ Short Wave Infrared

T-

THEME&visualizationUrl=https%3A%2F%2Fsh.dataspace.copernicus.eu%2Fogc%2Fwms%2Fa91f72b5-f393-4320-bc0f-990129bd9e63&datasetId=S2_L2A_CDAS&fromTime=2019-03-24T00%3A00%3A00.000Z&toTime=2019-03-24T23%3A59%3A59.999Z&layerId=1_TRUE_COLOR&demSource3D=%22MAPZEN%22&cloudCoverage=30]

- Crop Monitoring, ahol a tábla területének kijelölése után NDVI felvételek láthatóak időrendi folyamatábrában. Továbbá komplex kiértékelésre is képes. Ezt az oldalt ellenőrzés szempontjából használtam.



4.3. ábra

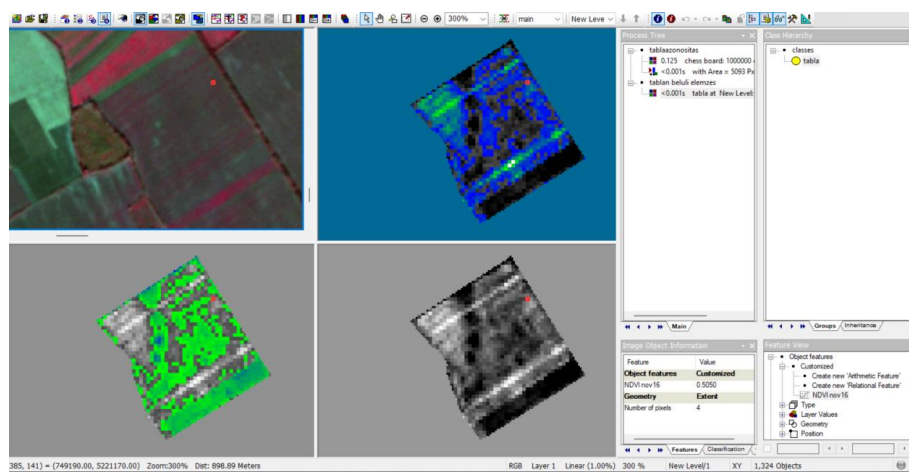
Crop Monitoring Weboldal által alkotott vegetációs kiértékelés

[https://crop-monitoring.eos.com/analytics/field/9757528?period_from=2023-01-01&period_to=2023-12-01&sceneID=S2B_tile_20230906_33TYN_0]

4.2. Feldolgozás menete

A feldolgozásom során először az eFöld Portálról kiválasztottam a feldolgozni kívánt felvételt. Gondosan megvizsgáltam, hogy nincs-e, a feldolgozást zavaró körülmény. Itt főként a felhő, vagy nagy köd jelenlétét értem. Ezt követően a kívánt *.jp2 formátumú felvételeket. Ezek a felvételek a 2, 3, 4, 8, 11 voltak. Ezen felül behívtam ez előre elkészített táblahatár poligont, majd a felvételt leszűkítettem a terület közvetlen közelségére. A folyamatok jól elkülönítése érdekében a képernyőt négy részre bontottam (Split Horizontally, Split Vertically). A feldolgozás két fő lépése a szegmentálás és osztályozás. A szegmentálás során a chessboard szegmentációt alkalmaztam. Az osztályozásnál a hozzárendelt osztályozást használtam, amihez hozzárendeltem az elkészített tábla osztályt. Ezzel elkészült a táblaazonosításom. A táblán belüli elemzés

első lépése egy chessboard szegmentálás volt ismét. Ezután a funkció ablakban (feature view) létrehozom az NDVI képet. A képlete a következő volt: $([\text{Mean Layer 1}] - [\text{Mean Layer 2}]) / ([\text{Mean Layer 1}] + [\text{Mean Layer 2}])$. Az NDMI képlete pedig a következő volt $([\text{Mean Layer 1}] - [\text{Mean Layer 4}]) / ([\text{Mean Layer 1}] + [\text{Mean Layer 4}])$. A folyamat végső lépése az előzőekben megosztott képeken végrehajtani a kívánt folyamatot. A végeredmény a következő képpen néz ki.

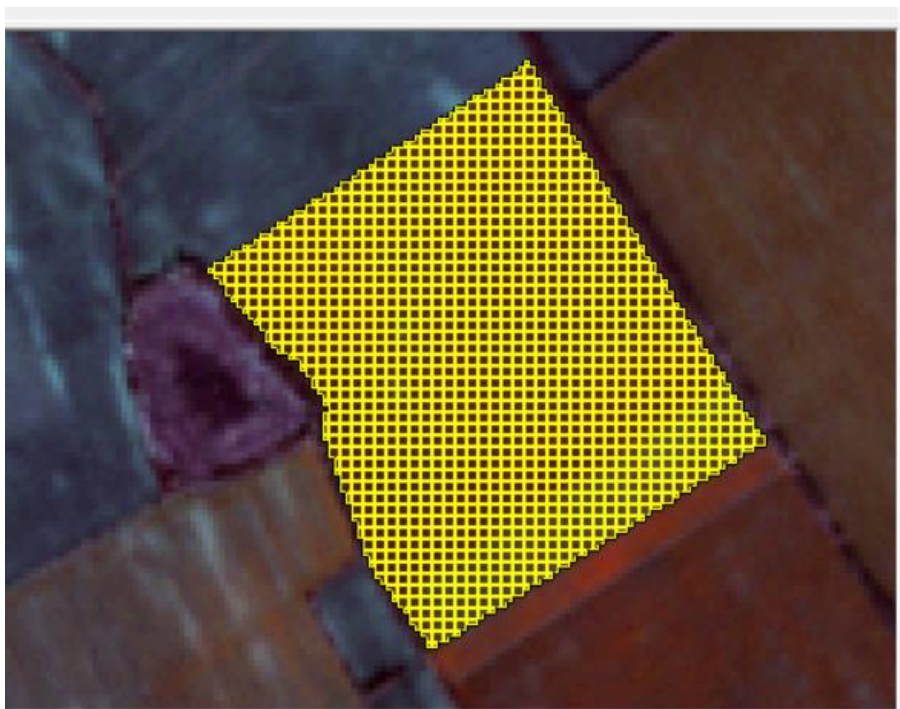


4.4. ábra
Mintaterület NDVI elemzés
[saját szerkesztés]

A bal felső sarokban látható terület. A jobb felső sarokban az átlagos NDVI értéktől magasabb szegmensek, míg a bal alsó felvételen pedig az átlagtól kisebb értékek láthatóak. A jobb alsó kép pedig az egész terület mutatja be NDVI értékek szerint. A folyamat menthető és több felvételen is elvégezhető.

4.2.1. Szegmentáció

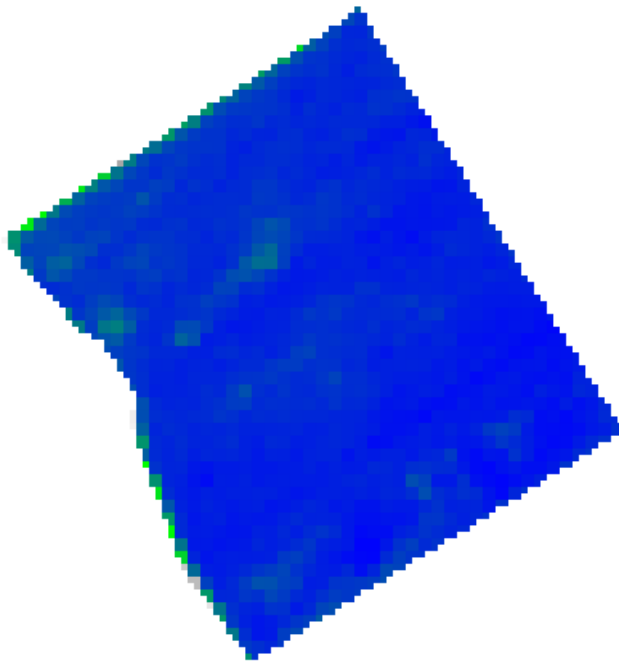
Ezt követi a szegmentáció. A szegmentáció során ugyanúgy kezdtem, mint az előzőekben létrehoztam egy process-t táblán belüli elemzés néven, majd bezártam. Ennek is létrehoztam egy alárendelt folyamatot, ahol az algorithm fülnél kiválasztottam a chessboard segmentation-t. A felvételen egy szegmens mértet 4 pixelből állt. Ezt lefuttatva megkaptuk a szegmenseket.



4.5. ábra
A kiválasztott terület chessboard szegmentálása
[saját szerkesztés]

4.1. táblázat
Szegmensek minimum, átlagos és maximális értékei
[saját szerkesztés]

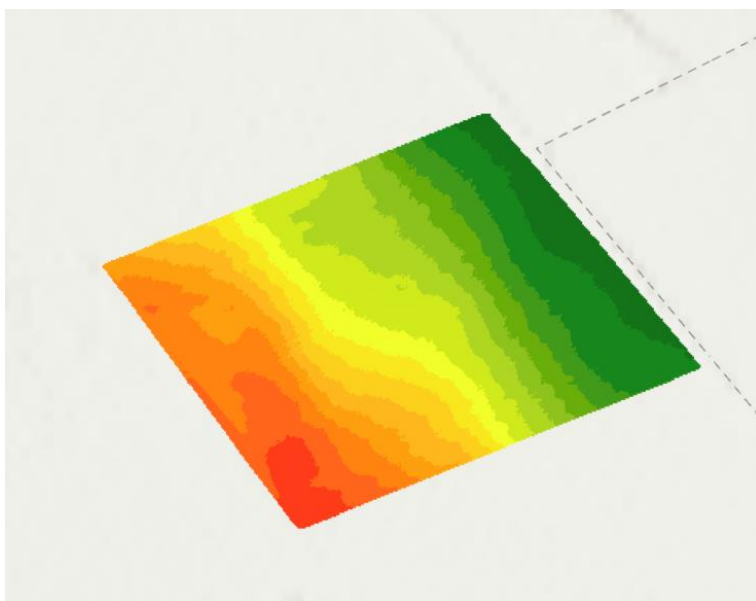
	NDVI			NDMI		
	Minimum	Átlag	Maximum	Minimum	Átlag	Maximum
2018.11.16	0,24	0,46	0,63	-0,13	0,03	0,19
2019.02.17	0,27	0,53	0,67	-0,05	0,17	0,33
2019.03.06	0,38	0,65	0,8	-0,05	0,25	0,4
2019.04.20	0,33	0,88	0,93	0	0,74	0,81
2019.06.12	0,43	0,79	0,83	0,38	0,65	0,72
2019.06.27	-0,28	-0,5	0,03	0,17	0,21	0,27
2019.07.11	Betakarítás					



4.6. ábra
NDVI színes megjelenítésben
[saját szerkesztés]

4.2.2. Erózió

A különböző spektrális tartományok megjelenítésének köszönhetően szemléltethető azoknak a területeknek az összessége, ahol a talajösszetétel kedvezőtlenebb. A mezőgazdasági területeink 2/3 részén jelentkezik valamiféle negatív természeti hatás, aminek köszönhetően meghiúsul a termőföld optimális használata. Ilyen negatív körülmény lehet például, aszály, belvizek vagy az erózió. Az erózió nem más, mint a víz által okozott termőréteg elvékonyodása, ami leginkább olyan területeken jelentkezik, ahol a terepfelszín nem sík. [5] A következő felvétel a terület domborzatát ábrázolja, a területről nyert magassági adatok alapján (A gazdálkodó adatai alapján szerkesztettem)



4.7. ábra
Mintaterület domborzati viszonyai
[saját szerkesztés]

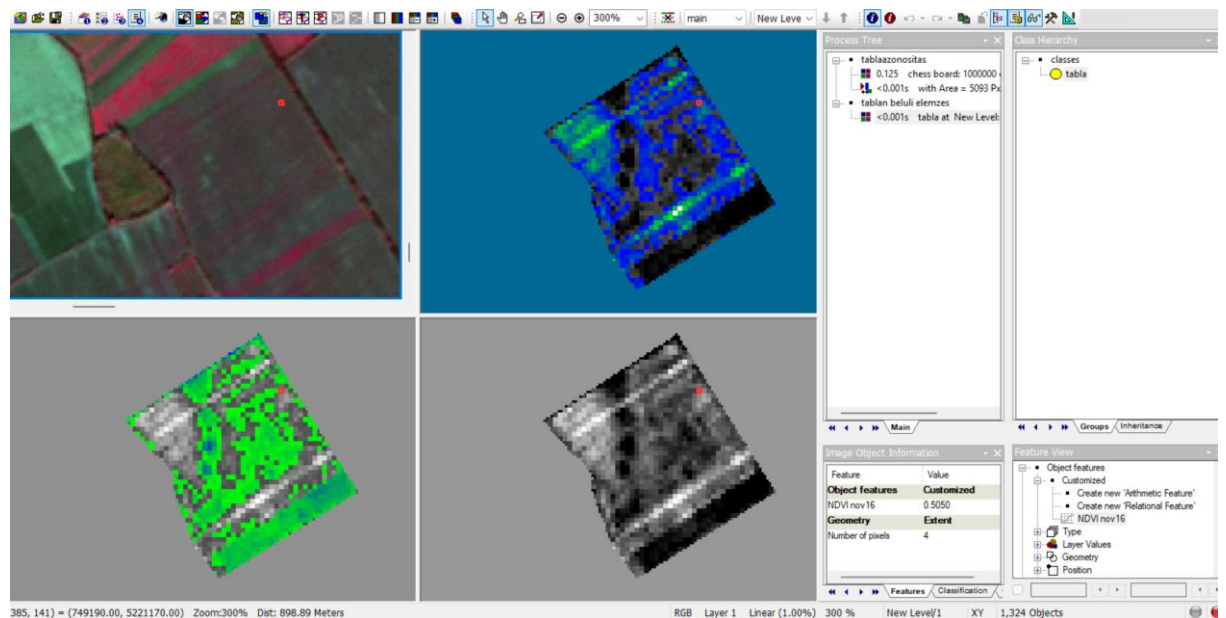
Az degradáció hazánkban közel 2,3 millió hektárnyi termőföldet érint. Az degradáció gyenge megjelenése már akár 10 – 20 százalékkal is képes rontani a várható termény mennyiségét az adott területrészen.



4.8. ábra
Erodált terület

Az erózió vizsgálatánál is hasonló lett az eredmény, vagyis ahol gyengébb minőségű volt a kultúra, ott láthatóan a talajviszonyok is merőben mások voltak. Az

erózió hatása műholdak segítségével tökéletesen megfigyelhető. A következő képen a Sentinel-2 műhold felvétele alapján megfigyelhető eróziós hatás látható.



4.9. ábra
Sentinel-2 műholdkép feldolgozott formája, eróziós terület vizsgálata
[saját szerkesztés]

4.2.3. Adatok feldolgozása

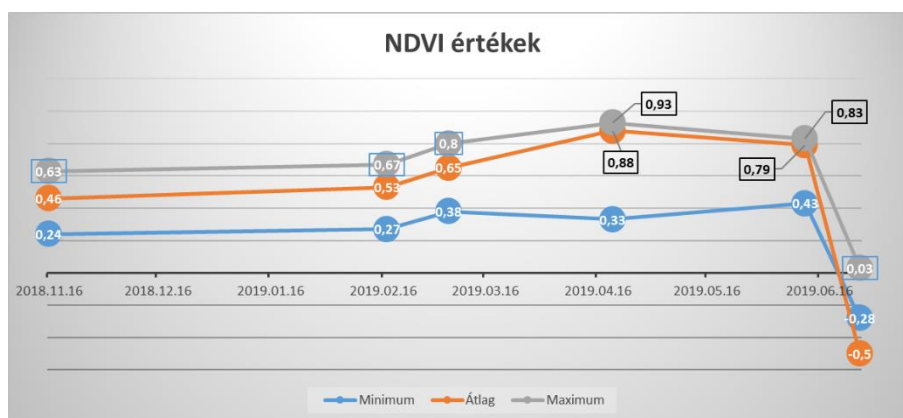
A felvételek gyűjtését 2018.november 16-án kezdtem meg. A következő felvétel 2019. február.17-én készült ezt követően egységesen minden hónapról gyűjtöttem felvételt, 2019. július 11-ig, mivel ezen a napon volt a betakarítás. A májusi hónapban a nagy mennyiségű felhőzet miatt nem tudtam felvételt gyűjteni, így a következő hónap első harmadából tettem ezt meg. A letöltött felvételeken NDVI és NDMI feldolgozást végeztem. A kiértékelés számszerű adatai a következően voltak.

4.2. táblázat
Kiértékelt felvételek NDVI és NDMI értékei
[Saját szerkesztés]

	NDVI			NDMI		
	Minimum	Átlag	Maximum	Minimum	Átlag	Maximum
2018.11.16	0,24	0,46	0,63	-0,13	0,03	0,19
2019.02.17	0,27	0,53	0,67	-0,05	0,17	0,33
2019.03.06	0,38	0,65	0,8	-0,05	0,25	0,4
2019.04.20	0,33	0,88	0,93	0	0,74	0,81
2019.06.12	0,43	0,79	0,83	0,38	0,65	0,72
2019.06.27	-0,28	-0,5	0,03	0,17	0,21	0,27
2019.07.11	Betakarítás					

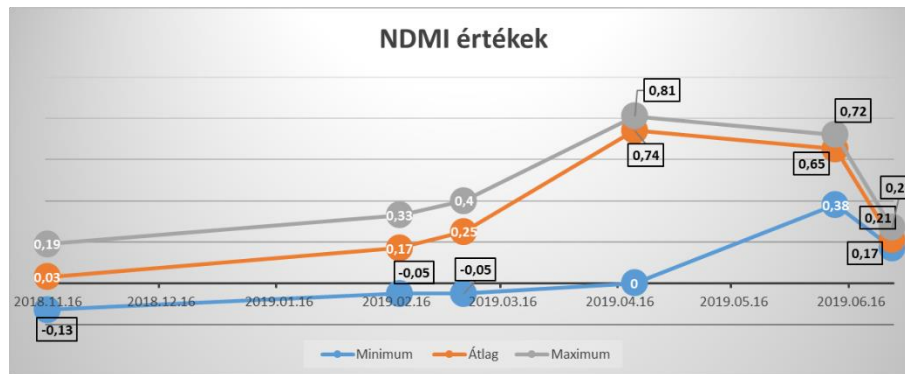
Az adatokról összességéről elmondható, hogy nagy szórásuk van, azaz a tábla NDVI és MDVI értékei széles skálán húzódnak.

A megjelenő NDVI adatokon folyamatos növekedés figyelhető meg, egészen 2019. június 27-ig. A hirtelen csökkenés oka az őszi búza érése. Az adatok addigi növekedési állapotát diagramra vetítve szemléltetem.



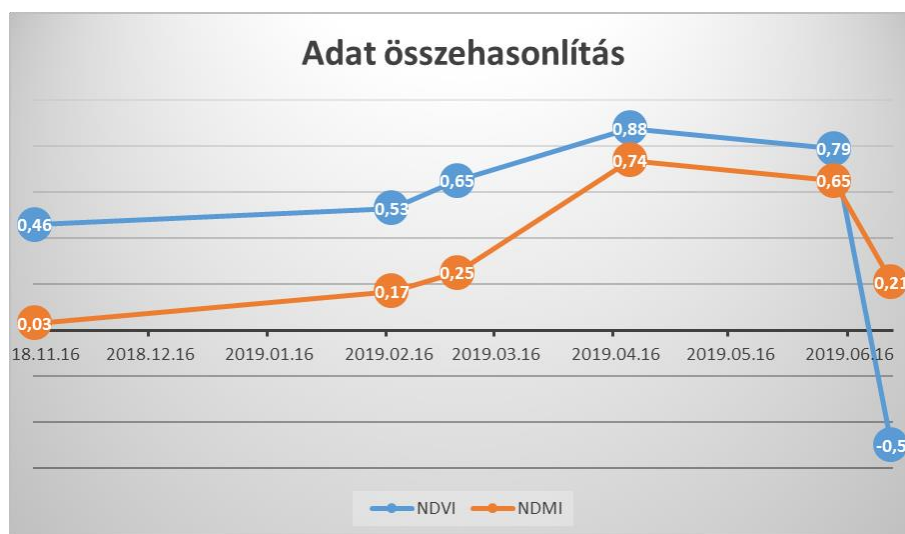
4.10. ábra
NDVI értékek alakulása
[saját szerkesztés]

Az NDVI adatok után az NDVI-al folytattam, ezek a kultúra víztartalmának vizsgálatára irányultak. Az adatok szépen emelkedtek az NDVI-nál is észlelt pontig. Ez szintén az őszi búza növekedési stádiumának tudható be. Az adatokat változását diagrammon szemléltettem.



4.11. ábra
NDMI értékek alakulása
[saját szerkesztés]

A feladat során NDVI és NDMI adatokat kaptam, viszont ezek az adatok összefüggenek, vagyis az egyik a vegetációban lejátszódó folyamat befolyásolja a másikat. A következő diagram ezt mutatja be.



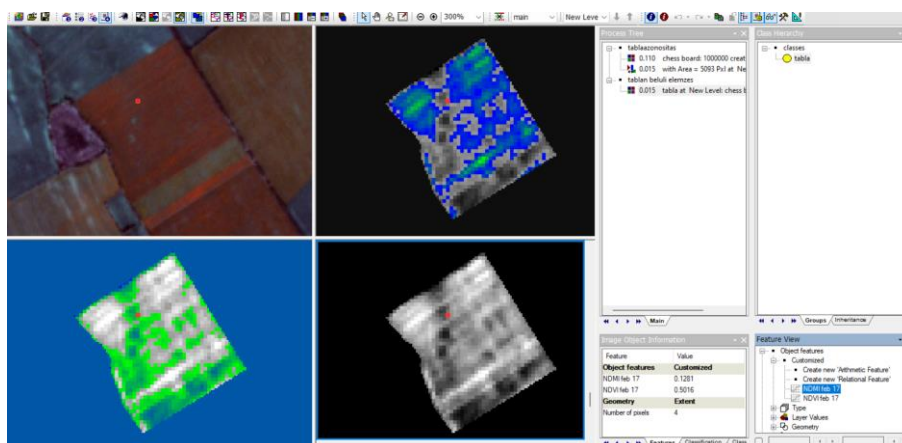
4.12. ábra
NDVI és NDMI adatok
[saját szerkesztés]

4.2.4. Talajnedvesség kiértékelése

A talajnedvesség alatt azt a vízmennyiséget értjük, ami a talajvízből (kapilláris hatás) felszívódik, illetve a felszínről beszívárog és amely hidrosztatikai nyomást nem fejt ki. A talajnedvesség tartalma a talajfajtától valamint talaj szerkezetétől, humusztartalmától függ. Mértékegységét általában $m^3 m^{-3}$, amely megmutatja, hogy egy köbméter talajban, mekkora a víz térfogata. A talajnedvesség százalékosan is kifejezhető. A talaj

szerkezete alapvetően porózus szerkezetű, ami annyit jelent, hogy a talaj alkotórészei között hézagok helyezkednek el, amelyek feltöltődhetnek szabadon vízzel, vagy levegővel. Akkor beszélhetünk telített talajról, ha a vízmolekulák teljes mértékben kiszorítják a levegő molekuláit. Ahhoz, hogy tudjuk, mennyi vizet képes felvenni a talaj ismernünk kell a porózusságát.

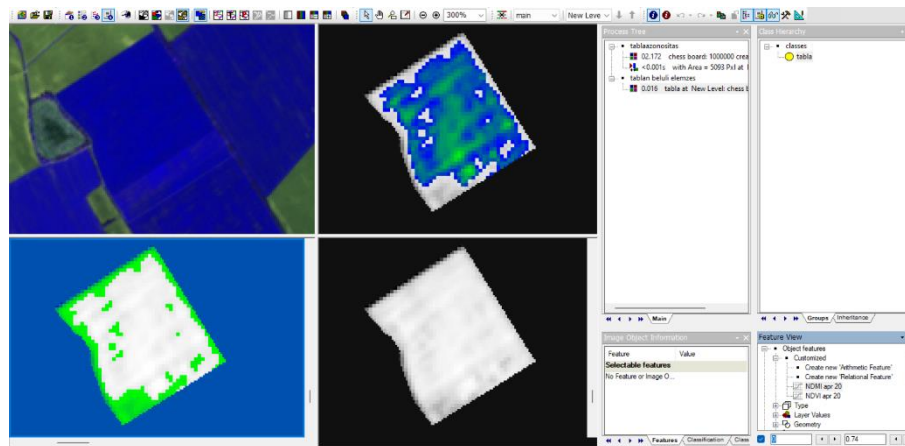
Másik módszer, amit a mindennapi életben sokszor alkalmaznak, a talajból a növények által felvehető víz mennyisége, másnéven PAW³⁰. A PAW összegét a következőképpen lehet kiszámolni: a teljes potenciális talajnedvességből levonjuk a növények hervadási stádiumában mérhető talajnedvesség értéket. Az ezen felüli nedvesség a talaj szerkezetében van megkötve és nem áll rendelkezésre a vegetáció számára. [9] A következő két felvétel a vízindex alakulását mutatja be.



4.13. ábra
Vízindex
[saját szerkesztés]

A felvétel 2019. február 17-én készült. A bal felső sarokban látható a mintaterület. A jobb felső kép mutatja be az átlagnál magasabb értékeket, míg a bal alsó kép az átlagtól alacsonyabbakat. A jobb alsó kép az egész terület vízindexét mutatja be. Az átlag érték 0,1281 volt.

³⁰ Plant Available Water



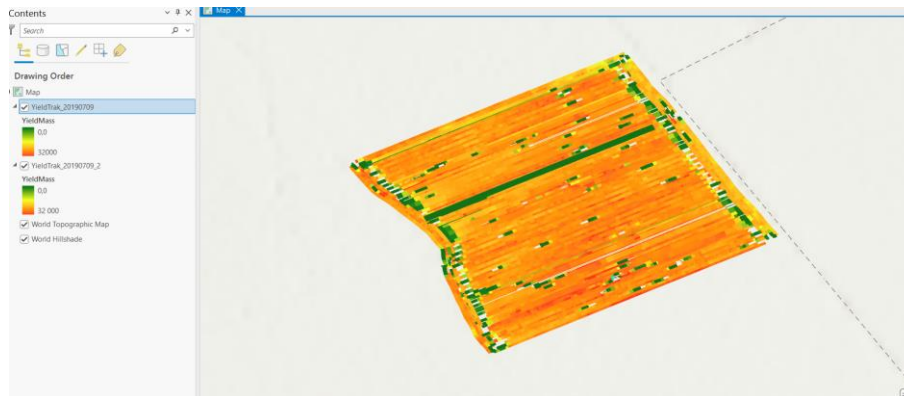
4.14. ábra
Vízindex
[saját szerkesztés]

Ez a felvétel 2019. április. 20-án készült. A bal felső sarokban látható a mintaterület. A jobb felső kép mutatja be az átlagnál magasabb értékeket, míg a bal alsó kép az átlagtól alacsonyabbakat. A jobb alsó kép az egész terület vízindexét mutatja be. Az átlag érték 0,7379 volt.

A vízindexek számítása a következő képpen zajlott. Az előzőekben elkészített NDMI folyamatot futtattam le aminek a képlete a következő volt: $([\text{Mean Layer 1}] - [\text{Mean Layer 4}]) / ([\text{Mean Layer 1}] + [\text{Mean Layer 4}])$. A felvételeken jól látható a vízindex változások a hónapok előre haladtával.

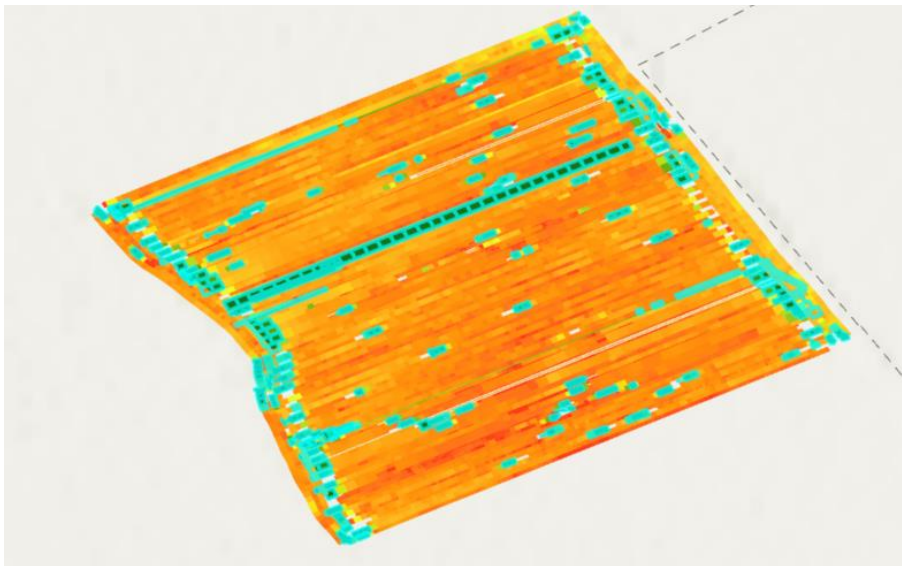
4.2.5. Hozamtérkép

A területről kapott adatok alapján létrehoztam egy hozamtérképet, amelynek adatait a kombájn a betakarítás során gyűjtött. A térkép létrehozását az ArcGIS Pro szoftver segítségével készítettem el. A folyamat az adatok importálásával kezdődött. A Map ikon alatt kiválasztottuk, majd az Add Data fülre kattintva az adatok láthatóvá váltak. A terület átlagos hozama 6463 kilogramm / hektár volt. A felvételen a fehér szín a hibás adatokat mutatja, míg a zöld a terület gyenge tartományait jelzi. Minél erősebb piros szín jellemzi a területet, annál kedvezőbb hozam volt rajta.



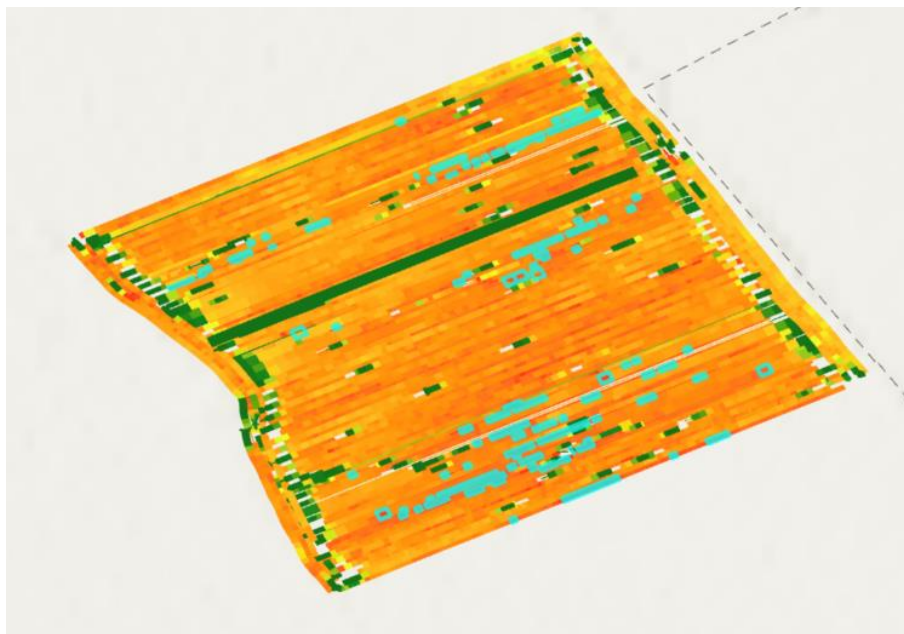
4.15. ábra
 Megszerkesztett hozamtérkép
 [saját szerkesztés]

A következő felvételen azok a területek láthatóak, amelyek a leggyengébbek voltak. Az hozam értékek 2 tonna / hektár alatt voltak.



4.16. ábra
 Gyenge hozamú terület egységek
 [saját szerkesztés]

Ezen a felvételen pedig a 9 tonna / hektár feletti területek láthatóak.



4.17. ábra
Magas hozamú terület egységek
[saját szerkesztés]

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Szakedolgozatomban egy terület vizsgálatát végeztem. A célom az volt, hogy bizonyítsam a precíziós technológiák alkalmazása, pozitív hatással van a gazdaságra, mint jövedelem, munkaerő és idő szempontjából. A kiértékelés során bizonyítottam, hogy a terület eltérő adottságaitól függetlenül lehetséges egy homogén, egységes és erős vegetáció létrehozása. A műszaki megoldások gyors fejlődésének köszönhetően világossá vált, hogy ez a technológia a jövő. A gazdaság mobilitása napjainkra szükségyszerű, fontos, hogy a gazdálkodó a területei egészét komplexen egyben tudja kezelni. A technikai adottságoknak köszönhetően ez napjainkra már lehetséges. A területekről érkező adatok összessége megfelelő szaktudás birtokában átlátható, ennek köszönhetően nem csak a megszokásra és megérzésekre támaszkodnunk többé. Az információk tudatában, lehetőségünk van különféle kijuttatási tervek készítésére, mint például vetési, műtrágya és növényvédőszer kijuttatási terv. A precíziós eszközök pedig az emberi munkát teszik könnyebbé azzal, hogy ugyanazzal a géppel, ugyanazzal a munkaeszközzel, csak egy nagyon jó helyspecifikus irányító szerkezettel, centiméterről centiméterre tudják szabályozni a kijuttatott inputanyag mennyiségét.

Területi zónák meghatározása talajmintavételezési és távérzékelési adatok segítségével kerülnek meghatározásra. A meghatározott területi zónákból beérkező adatokat pedig a térinformatikai szoftverek segítségével dolgozzuk fel. A meghatározott zónákból nyert adatok segítségével egy területi térképet kapunk, amely a precíziós gazdálkodás későbbi munkafolyamatainak alapját képezi. Ez alapján történik a különböző precíziós operációk megtervezése, végrehajtása. Tehát a precíziós gazdálkodás rég nem a technikáról, gépekről vagy eszközökről szól, hanem az egészét átölelő technológiáról.

Napjainkra a mezőgazdaságban az ember inkább felügyeli a munkát, hiszen a gépek önálló munkavégzésre képesek. Ezen felül területi zónákra lebontva tudja a különböző munkafolyamatokat végezni. Ez a magas fejlettségi szint teszi lehetővé, hogy jövedelmezőbben tudunk termelni úgy, hogy közben nem zsákmányoljuk ki az agrárium alapvető forrásait. Ellentétben a hagyományos gazdálkodással, itt minden adott pillanat egzakt méréseken alapul, és helyhez kötöttek, azaz helyspecifikusak. A technológia teljeskörű alkalmazása rengeteg időt takarít meg a gazdaság számára, mivel a lehetőség

van a folyamatok egy részét felgyorsítani, kombinálni, mindezeket költséghatékony megoldással. Az új technológia a mezőgazdálkodást egy olyan új szintre emelte, ahol a térinformatika segítségével mindent megvalósíthatunk. A gazdálkodás tudatos vezetése a mai világban kulcsfontosságú a versenyképesség megőrzéséhez. A technológiai újítások könnyedén elsajátíthatók és nagy figyelmet fordítanak a felmerülő kérések megválaszolására is. Ezen felül az állam is magas fokú segítséget nyújt azoknak, akik szeretnének a precíziós gazdálkodás irányába indulni. Hazánkban minden feltétel adott egy jól működő precíziós gazdaság beindítására.

6. SUMMARY

In my thesis, I conducted an examination of a specific field. My goal was to demonstrate that the application of precision technologies has a positive impact on the economy in terms of income, workforce, and time. Through the evaluation, I proved that it is possible to create a homogeneous, unified, and robust vegetation regardless of the varied characteristics of the area. Thanks to the rapid development of technical solutions, it became clear that this technology is the future. The mobility of the economy is essential nowadays, and it is important for the farmer to be able to manage the entire area comprehensively. Due to technical capabilities, this is now achievable. The aggregate data from the areas, with the right expertise, becomes transparent, allowing us not to rely solely on habits and intuition. With awareness of the information, we can create various application plans, such as seeding, fertilizer, and pesticide application plans. Precision tools make human work easier by regulating the amount of input material applied centimeter by centimeter with the same machine and tool, thanks to a highly precise spatial control structure.

The determination of territorial zones is carried out using soil sampling and remote sensing data. The data from the defined territorial zones are processed with the help of geographic information system (GIS) software. With the data obtained from the specified zones, a territorial map is created, forming the basis for later processes in precision farming. Various precision operations are planned and executed based on this information. Therefore, precision farming is no longer just about technology, machinery, or tools but encompasses an overarching technology.

In contemporary agriculture, humans primarily supervise the work as machines are capable of autonomous operation. Furthermore, different work processes can be carried out by breaking them down into territorial zones. This high level of development enables more profitable production without depleting the fundamental resources of agriculture. In contrast to traditional farming, everything in precision farming is based on exact measurements at any given moment and is location-specific. The comprehensive application of technology saves a considerable amount of time for the economy, as it allows for accelerating and combining processes, all with cost-effective solutions. The

new technology has elevated agriculture to a level where everything can be achieved with the help of geoinformatics. Conscious management of farming is crucial in today's world to maintain competitiveness. Technological innovations are easily adoptable and pay significant attention to addressing emerging demands. Additionally, the government provides substantial assistance to those who want to venture into precision farming. In our country, all conditions are in place for the successful establishment of a well-functioning precision farming system.

7. Felhasznált irodalom

- [1] R. Szabolcs, „A navigációs műholdrendszerek fontosabb jellemzői. A műholdas helymeghatározás fejlődéstörténete.” [Online]. Available: <https://edu.epito.bme.hu/local/coursepublicity/mod/resource/view.php?id=57058>.
- [2] D. J. István, „CEMA: A Digitális Mezőgazdaság fejlődésének története,” 23 Május 2017. [Online]. Available: <https://agroforum.hu/szakcikkek/gepeszet/cema-a-digitalis-mezogazdasag-fejlodesenek-tortenete/>.
- [3] M. Gaál, K. Péter, K. Takácsné György, I. Illés, A. Kiss, D. Sulyok, C. Domán és Z. Keményné Horváth, „https://mgi.naik.hu/system/files/uploads/2017-07/2016_traktorbeallas_szabo_boglarka.pdf,” Agrárgazdasági Kutató Intézet, 2017.
- [4] N. A. Kamara, „Talajmintavételezési útmutató”.
- [5] B. Virginia, „A talajnedvesség becslése műholdas távérzékelés alapján,” 2016. [Online]. Available: https://nimbus.elte.hu/tanszek/docs/BSc/2016_2/Boronyak_Virginia_2016.pdf.
- [6] D. A. Andrea, „Agrár digitális alapismeretek I.”.
- [7] KITE, „KITE,” KITE, [Online]. Available: <https://www.kite.hu/gepek-eszkozok/vetogepek/john-deere-740a-pneumatikus-gabonavetogep/5/443>.
- [8] Agrárágazat, „Agrárágazat,” [Online]. Available: <https://agraragazat.hu/hir/agrar-mutragya-kite-precizios-x-mezogazdasag/>.
- [9] Z. G. Macher , K. Dr. Kozma és G. Dr. Koltai , „A TALAJNEDVESSÉGI-ÁLLAPOT SZEZONÁLIS VÁLTOZÁSAINAK VIZSGÁLATA NÉGY SZIGETKÖZI MÉRŐHELYEN,” [Online]. Available: https://hidrologia.hu/vandorgyules/39/word/0519_macher_gergely_zoltan.pdf.
- [10] B. Szabó, I. Oláh és C. Centeri, „Talajszenzorok, mint döntéstámogató rendszerek alkalmazása a mezőgazdaságban”.
- [11] J. Deere, „John Deere,” [Online]. Available: <https://www.deere.hu/hu/intelligens-gazdalkodasi-megoldasok/betakaritas/>.
- [12] K. Árpád, „Agrogazda,” [Online]. Available: https://www.agrogazda.hu/hirek/publikaciok/koltsegkimelo_technologia_megoldasok.
- [13] palyazat.gov.hu, „palyazot.gov.hu,” [Online]. Available: <https://archive.palyazat.gov.hu/>.
- [14] P. D. T. János, „Precíziós Mezőgazdaság,” [Online]. Available: https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8484/Tamas_-_Precizios_mezogazdasag.pdf.

- [15] N. D. S. University, „Strip Till for Field Crop Production,” [Online]. Available: <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/strip-till-for-field-crop-production>.
- [16] Myactioncam, „MULTISPEKTRÁLIS DRÓNOK: ELŐNYÖK ÉS FELHASZNÁLÁSI ESETEK,” [Online]. Available: <https://myactioncam.hu/multispektralis-dronok-elonyok-es-felhasznalasi-esetek-246>.
- [18] Bazsik István, Z. Bujdosó és G. Koncz, „A MAGYAR GAZDÁK HELYZETE A MEZŐGADÁSÁG 3.0 ÉS 4.0,” [Online]. Available: <http://real.mtak.hu/157696/1/10.BazsikI.pdf>.
- [19] C. Neigh, „Landsat Science,” 30 11 2021. [Online]. Available: view-source:<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-9/>.
- [20] E. S. Agency, „Sentinel Online,” [Online]. Available: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument>.
- [21] E. S. Agency, „Sentinel Online,” [Online]. Available: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/instrument-payload/resolution-and-swath>.
- [23] Trimble, „eCognition,” 30 szeptember 2020. [Online]. Available: <https://ecognition.blog/ecognition-deconstructed-watershed-segmentation/>.
- [24] I. László, G. Csornai, I. Dr. Fekete és R. Giachetta, „Távérzékelte felvételek elemek”.
- [25] D. S. F. Ferenc, „Távérzékelés I”.
- [26] V. W. Malgorzata, „Objektum-alapú képelemzés,” 2015.
- [27] K. Zoltán, „Szegmentálás,” Szeged.
- [28] N. Measures, „Eco-Business,” 2 március 2021. [Online]. Available: <https://www.eco-business.com/news/how-satellite-imagery-is-helping-precision-agriculture-grow-to-new-heights/>.
- [29] D. Marshall, 1994-1997. [Online]. Available: https://users.cs.cf.ac.uk/dave/Vision_lecture/node35.html.
- [30] Magro, „Magro,” 10 május 2020. [Online]. Available: <https://www.magro.hu/agrarhirek/a-vetes-mintazata-elosegitheti-a-nagyobb-termeshozamot/>.
- [31] D. h. V. László, „Precíziós mezőgazdaság: helyzetkép és gazdasági megfontolások,” Gödöllő, 2023.

[35] J. Deere, „John Deere,” [Online]. Available: <https://www.deere.hu/hu/intelligens-gazdalkodasi-megoldasok/elokeszites/>.

[36] J. Deere, „John Deere,” [Online]. Available: <https://www.deere.hu/hu/intelligens-gazdalkodasi-megoldasok/vetes-mag/>.

8. Ábrajegyzék

1.1. ábra Kombinált talajelőkészítés [https://www.axial.hu/cikkek/cimkek/gregoire-besson] ..	8
1.2. ábra Precíziós műtrágyaszóró munka közben [https://agraragazat.hu/hir/agrar-mutragya-kite-precizios-x-mezogazdasag/]	9
1.3. ábra Lineár típusú öntöző berendezés [https://www.hellovidek.hu/kert/2019/07/11/gazdak-figyelem-igy-modosultak-az-ontozesi-eljarasok]	10
1.4. ábra Precíziós növényvédő kijuttatása [https://mgk.u-szeged.hu/oktatas/kepzesek/szte-mgk-alapkepzesek/mezogazdasagi-mernoki]	11
1.5. ábra Leica sorvezető, automata kormányzás, bázis [https://all.biz/system-of-parallel-driving-leica-mojo-mini-g330947KZ]	13
2.1. ábra Sávós művelés [https://www.wyffels.com/agronomy/spring-anhydrous-application-and-corn-planting]	17
2.2. ábra Precíziós mezőgazdaság 4.0 [https://www.smart-farming.hu/2016/07/14/a-cropwatch-projekt/]	18
2.3. ábra Elektromágneses spektrum [https://myactioncam.hu/multispektralis-dronok-elonyok-es-felhasznalasi-esetek-246]	20
2.4. ábra Hozamterkép [https://agroforum.hu/agrarhirek/novenytermesztes/precizios-gazdalkodas-a-hozammerestol-a-hozamterkepig/]	24
2.5. ábra Ütközőlapos hozammérő és nedvességmérő berendezés [https://sso.johndeere.com/oauth2/aus9lwzuo7OmgBV271t7/v1/authorize?client_id=0oau95tbhxraOuAKw1t7&nonce=fe7eaed57b5bd6e9ae6a18b49dd3bf1818d99427aabd121d8df2b9813489fcb6&redirect_uri=https://salesmanual.deere.com/login&response_type=code&response_mode=query&scope=openid&state=/sales/salesmanual/en_NA/combo_headers/2010/feature/t670_combine/ams/harvest_doc.html]	25
2.6. ábra Aratás szemléltetése precíziós technológia alkalmazásával [https://www.kite.hu/gepek-eszkozok/kombajnok-es-adapterek/john-deere-s770-kombajn/2/418]	26
2.7. ábra Talajmintavételezés [https://www.agrofil.hu/hu/szolgaltatasok/talajmintavetel-es-tapananyag-utanpotlasi-szaktanacsadas]	28
2.8. ábra Megbízási szerződés talajvizsgálathoz [saját ábra]	30
2.9. ábra Pixel (bal) és Szegmens (jobb) alapú osztályozás [https://tamop412.elte.hu/tananyagok/taverzekelt/lecke9_lap1.html]	32
2.10. ábra Sakktábla szegmentálás eredménye	34
3.1. ábra A Szabó család által nevelt ROSS208 húshibrid csibék [gazdaság felvétele]	38
3.2. ábra Kombájnok betakarítás közben precíziós technológiával ellátva [gazdaság felvétele]	41

3.3. ábra A Szabó család új terményraktározó létesítménye [gazdaság felvétele].....	43
3.4. ábra A kiválasztott terület nagysága [saját ábra].....	43
3.5. ábra A kiválasztott terület elhelyezkedés [saját ábra]	43
4.1. ábra Felhős Sentinel-2 műholdfelvétel [https://dataspace.copernicus.eu/browser/?zoom=12&lat=47.05808&lng=18.35953&visualizationUrl=https%3A%2F%2Fsh.dataspace.copernicus.eu%2Fogc%2Fwms%2Fa91f72b5-f393-4320-bc0f-990129bd9e63&datasetId=S2_L2A_CDAS&fromTime=2023-11-18T00%3A00%3A00.000Z&toTime=2023-11-18T23%3A59%3A59.999Z&layerId=1_TRUE_COLOR&demSource3D=%22MAPZEN%22&cloudCoverage=30]	45
4.2. ábra Sentinel-2 műholdkép, heterogenitás szemléltetése különböző spektrális tartományokba [https://dataspace.copernicus.eu/browser/?zoom=14&lat=47.10267&lng=18.28564&themeId=DEFAULT-THEME&visualizationUrl=https%3A%2F%2Fsh.dataspace.copernicus.eu%2Fogc%2Fwms%2Fa91f72b5-f393-4320-bc0f-990129bd9e63&datasetId=S2_L2A_CDAS&fromTime=2019-03-24T00%3A00%3A00.000Z&toTime=2019-03-24T23%3A59%3A59.999Z&layerId=1_TRUE_COLOR&demSource3D=%22MAPZEN%22&cloudCoverage=30]	49
4.3. ábra Crop Monitoring Weboldal által alkotott vegetációs kiértékelés [https://crop-monitoring.eos.com/analytics/field/9757528?period_from=2023-01-01&period_to=2023-12-01&sceneID=S2B_tile_20230906_33TYN_0]	50
4.4. ábra Mintaterület NDVI elemzés [saját szerkesztés]	51
4.5. ábra A kiválasztott terület chessboard szegmentálása [saját szerkesztés]	52
4.7. ábra NDVI színes megjelenítésben [saját szerkesztés].....	53
4.8. ábra Mintaterület domborzati viszonyai [saját szerkesztés]	54
4.9. ábra Erodált terület.....	54
4.10. ábra Sentinel-2 műholdkép feldolgozott formája, eróziós terület vizsgálata [saját szerkesztés]	55
4.12. ábra NDVI értékek alakulása [saját szerkesztés]	56
4.13. ábra NDMI értékek alakulása [saját szerkesztés]	57
4.14. ábra NDVI és NDMI adatok [saját szerkesztés]	57
4.15. ábra Vízindex [saját szerkesztés].....	58
4.16. ábra Vízindex [saját szerkesztés].....	59
4.17. ábra Megszerkesztett hozamtérkép [saját szerkesztés]	60
4.18. ábra Gyenge hozamú területegységek [saját szerkesztés]	60
4.19. ábra Magas hozamú területegységek [saját szerkesztés].....	61

9. Képletjegyzék

4.1. egyenlet NDVI képlete.....	47
4.2. egyenlet EVI képlet.....	48
4.3. egyenlet NDWI képlet	48
4.4. egyenlet NDMI képlet.....	48
4.5. egyenlet NDSI képlet	48
4.6. egyenlet BSI képlet.....	48

10. Táblázatjegyzék

2.1. táblázat Landsat műholdak paraméterei [saját szerkesztés]	21
2.2. táblázat Sentinel-2 műholdak paraméterei [saját szerkesztés]	23
4.1. táblázat Szegmensek minimum, átlagos és maximális értékei [saját szerkesztés]	52
4.2. táblázat Kiértékelt felvételek NDVI és NDMI értékei [Saját szerkesztés]	56