



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet



SZAKDOLGOZAT

**Parköntözési célú területfelmérés és alaprajz
készítés egyszerű RGB légifelvétel alapján**

**OE-AMK
2023**

Hallgató neve: Grasics Péter
Hallgató törzskönyvi száma: T000883/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Grasics Péter

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000883/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: precíziós gazdálkodási szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: Parköntözési célú területfelmérés és alaprajz készítés egyszerű RGB légifelvétel alapján

A dolgozat címe angolul: Area survey for park irrigation and creation of site plans based on simple RGB aerial photographs

A feladat részletezése:

1. Légifelvétel előállításának irodalmi áttekintése
2. A területfelmérés története, alapjai
3. Alaprajzok előállítása öntözéstervezés szempontjából
4. Légifelvétel készítés a mintaterületen
5. Ortomozai kép előállítása
6. Képanalízis különféle osztályozási módszerekkel
7. Az előállított tematikus adatok felhasználási lehetősége a ProContractor öntözéstervező programban
8. Következtetések, javaslatok

Intézményi konzulens neve: Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzata Mária

Külső konzulens neve: Dr. Túri Norbert

Munkahelye: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Környezettudományi Intézet
Öntözési és Vízgazdálkodási Kutató

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

[Signature]

külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Kecskemét, 2023. december 15.



hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS	3
2.	CÉLKITŰZÉS	4
3.	A LÉGIFELVÉTEL ELŐÁLLÍTÁSÁRÓL	5
3.1	A pilóta nélküli légi jármű fogalma	6
3.2	Pilóta nélküli repülő eszközök a történelemben.....	7
3.3	Az UAV-k felépítése, megjelenési formái	9
4.	A TERÜLETFELMÉRÉSRŐL	11
5.	ALAPRAJZOK ELŐÁLLÍTÁSA ÖNTÖZÉSTERVEZÉS SZEMPONTJÁBÓL.	12
6.	RASZTERES ADATOSZTÁLYOZÁSI MÓDOK.....	15
7.	LÉGIFELVÉTEL KÉSZÍTÉS A MINTATERÜLETEN	17
7.1	A terület bemutatása.....	17
7.2	A felvétel készítésének oka.....	17
7.3	Használt eszközök és szoftverek.....	18
7.4	A feladat elvégzésének lépései.....	19
8.	ORTOMOZAIK KÉP ELŐÁLLÍTÁSA, FELDOLGOZÁSA	21
9.	KÉPANALÍZIS KÜLÖNFÉLE OSZTÁLYOZÁSI MÓDSZEREKKEL.....	25
9.1	Indexek.....	25
9.2	Képfeldolgozás.....	26
9.2.1	eCognition.....	26
9.2.2	Idrisi Selva	27
9.2.3	QGIS	29
10.	AZ ELŐÁLLÍTOTT TEMETIKUS ADATOK FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGE A PROCONTRACTOR ÖNTÖZÉSTERVEZŐ PROGRAMBAN	32
11.	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	33

12. ÖSSZEFOGLALÓ.....	35
13. SUMMARY	37
14. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	39
15. IRODALOMJEGYZÉK	40
16. ÁBRAJEGYZÉK.....	42
17. TÁBLÁZATJEGYZÉK.....	44

1. BEVEZETÉS

Az éghajlat változás hatására egyre inkább szükségessé válik Magyarországon a zöldfelületek, parkok rendszeres öntözése. Jó minőségű automata öntözőrendszert megfelelő terv nélkül készíteni lehetetlen.

Egy jó terv alapja a pontos területfelmérés. A digitális technológia fejlődése egyre nagyobb hatást gyakorol az öntözés tervezésre is. Néhány éve még a tervek jelentős része papíron, kézzel készült, azok módosítása, archiválása, terepi használata igen nehézkes volt. A felmérések pontatlanok, felületesek voltak, vagy más ágazatokból - mint például a kertépítés - kerültek átemelésre, ahol pár méter, vagy néhány fok szögeltérés nem okozott jelentős problémát, de az öntözés szempontjából marginális problémákat vetett fel.

Ma már elérhetők olyan digitális területfelmérésre alkalmas eszközök (mint pl. mobil GNSS vevőegységek RTK támogatással, drónok RTK támogatással, nagy felbontású műhold felvételek), amik nagyban felgyorsítják és pontosabbá teszik a területfelméréseket. Egy több hektáros terület drónos lefényképezése pár percet vesz igénybe, és fillérekből megvan. Az informatika fejlődése ma már egy közönséges telefont is alkalmassá tesz kisebb, házikerti területek viszonylag pontos területfelmérésére (például CamToPlan APP).

2. CÉLKITŰZÉS

Az egyik jelenlegi problémát a felmért adatok és a tervező programok közötti adatátadásban látom. A területfelmérések pontatlansága, a rendelkezésre álló információk vagy a felmért terület adatformátuma eredendő hibákat okoz a későbbi tervezésben.

Sok felmérés még papír alapon, mérőszalaggal zajlik, főleg a kisebb kertek esetében. Az ilyen rajzok sokszor nem mérethelyesek, az öntözés szempontjából hiányosak, nem jelölik a szintkülönbségeket, a felmérést végző személy nincs tisztában egy jó alaprajz követelményeivel.

Célom a szakdolgozattal, hogy az egyszerű RGB légifelvételeket, mindenki számára elérhető, ingyenes, vagy alacsony költségű programokkal feldolgozva egy olyan módszert találjak, amivel az öntözéstervező programok jelentős részében felhasználható, pontos alaprajz készíthető.

Ehhez ma már rendelkezésre áll minden eszköz és jogi háttér.

3. A LÉGIFELVÉTEL ELŐÁLLÍTÁSÁRÓL

A távérzékelés valamely, a vizsgálati ponttól távol eső objektum vagy terület, a vizsgáló számára fontos információk gyűjtése különböző szenzorok segítségével úgy, hogy azzal közvetlen fizikai kontaktus nem alakul ki, valamint a gyűjtött adatok feldolgozásának módja, és az abból vont következtetések. [1] Változatosságát jellemzi az adatgyűjtő milyensége, érzékenysége, annak hordozó eszköze, az adatgyűjtés időpontja, napszakja, az energiaforrás típusa, elhelyezkedése a vizsgált objektumhoz és a mintavételi ponthoz képest. [2]

Ha a sugárzás forrása a nap, vagy maga a vizsgált tárgy és a visszavert vagy kibocsátott sugárzást észleljük, **passzív**, míg, ha a az érzékelő berendezés maga a jelkibocsátó is, **aktív** távérzékelésről beszélünk. [3]

A távérzékelte adatokat gyűjthetjük:

- személyes területbejárással
- földi drónok általi területbejárással (3-1. ábra)
- légifelvétel készítésével
- műhold képek elemzésével



3-1. ábra Földi drónok területbejárásra [4]

A távérzékelés egy szűk spektruma a légifelvétel alapú képalkotás és elemzés, melyben egyre szélesebb teret hódít a pilóta nélküli légi jármű - UAV (Unmanned Air Vehicle), vagy drón - alkalmazása. Ezen eljárás előnyei:

- viszonylag alacsony bekerülési költség
- olcsóbb üzemeltetés a hagyományos légifelvétel készítéshez képest
- flexibilis alkalmazási lehetőség
- nagy pontosság és felbontás
- egyszerű automatizálhatóság
- ismételt repülési folyamatok egyszerűsége, ezáltal az idősorok azonos kiértékelhetősége
- a képződő 3D modell alapján a magassági paraméterek is értékelhetők
- a vizsgált terület egyszerű állapotfelmérése taposási károk nélkül [2]

A lakossági célú drónhasználat azonban felvet pár kérdést is, mint például légtérhasználat és repülésbiztonság, balesetvédelem, személyiségi jogok. Bár hazánkban is megfelelő jogi háttérrel alakítottak ki a pilóta nélküli légi járművek használatával kapcsolatban, az ellenőrző szervek jelenleg nincsenek a helyzetük magaslatán.

3.1 A pilóta nélküli légi jármű fogalma

A nemzetközi szakirodalom több csoportba és kategóriába sorolja ezeket az eszközöket:

UAV (Unmanned Air Vehicle): olyan légi jármű, aminek fedélzetén nincs irányító személy. Leginkább DRÓN-ként emlegetik.

UAS (Unmanned Aircraft System): nem csak a légi járművet, hanem annak teljes irányító rendszerét és személyzetét is magában foglalja.

RPV (Remotely Piloted Vehicle): távirányítású repülő

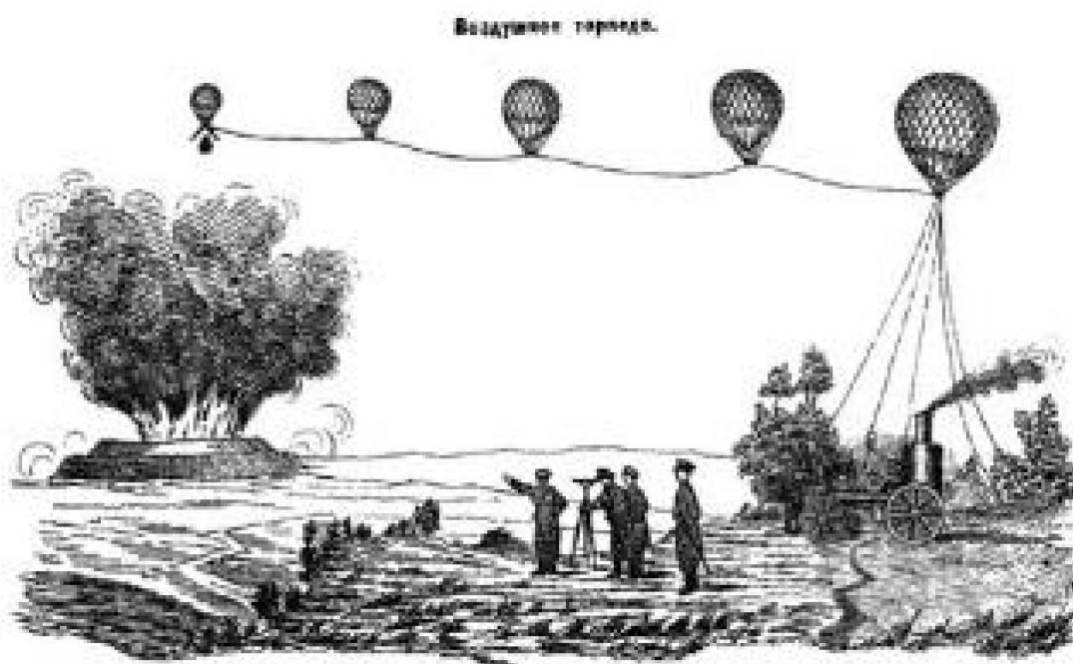
RPAS (Remotely Piloted Aircraft System): az UAS európai civil szervezetek által használt megnevezése

UCAV (Unmanned Combat Air Vehicle) és **UCAS** (Unmanned Combat Air System): fegyverzettel ellátott pilóta nélküli légi jármű, vagy katonai drón [5]

3.2 Pilóta nélküli repülő eszközök a történelemben

Mint szinte minden, a pilóta nélküli légi járművek fejlesztése is első sorban katonai célokat szolgált. Már az ó-kori Kínában is alkalmaztak repülő papírsárkányokat, melyekkel terheket mozgattak, vagy az ellenség állásai mögé juttattak robbanószereket.

Az első írásos nyoma pilóta nélküli légi járműveknek katonai célú felhasználására az 1849. augusztus 22-i Velence elleni csatában van. Itt személyzet nélküli ballonokra erősítettek gyúlékony anyagokat, melyeket Velence városa fölé irányítottak, és a megfelelő helyen kioldottak. Sajnos a siker korlátozott volt, mert megváltozott a szélirány és a bombák viaszasodródtak a szárazföld felé. (3-2. ábra)

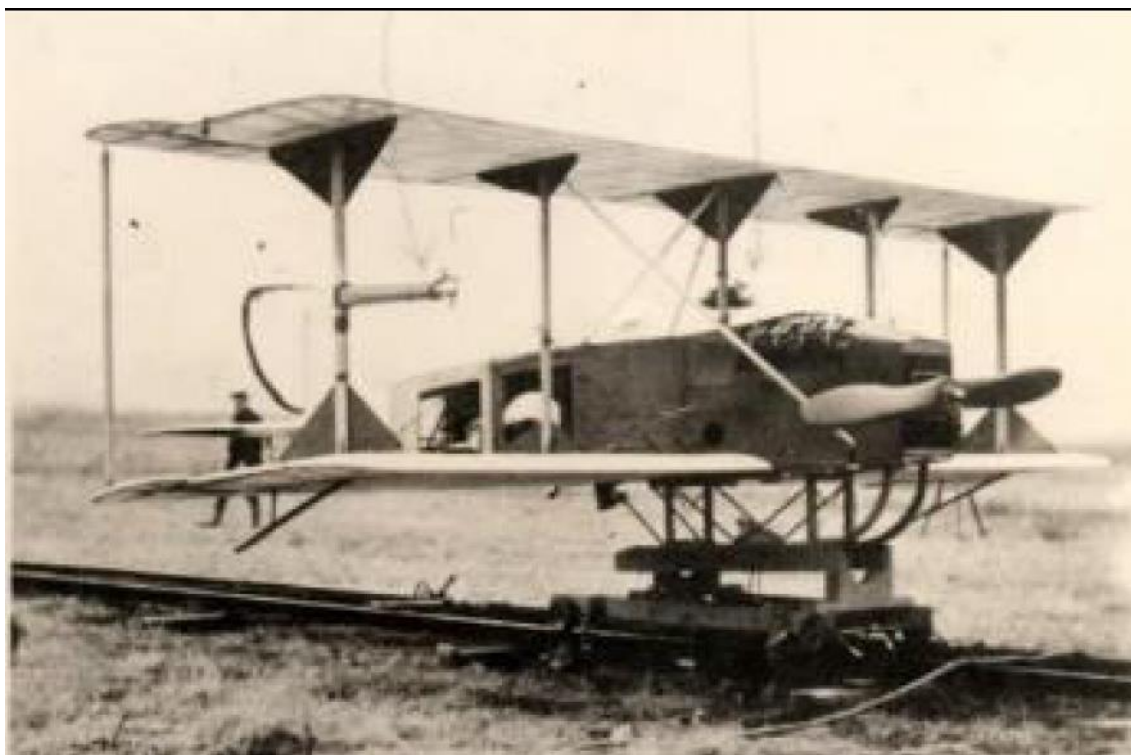


3-2. ábra Velence bombázása - korabeli rajz [5]

1863-ban hasonló elven működő ballont szabadalmaztatott Charles Perley. A kosárban elhelyezett robbanóanyagot egy mechanikus időzítő szerkezet engedte szabadjára. Az amerikai polgárháborúban alkalmazta mindkét oldal, sajnos a végeredmény a szélirány fordulása végett hasonló volt.

Douglas Archibald 1883-ban fényképező gépeket szerelt sárkányokra, amivel légifelvételeket készített kis magasságból. 1898-ban az USA hadserege alkalmazta ezt a módszert az ellenség felderítésére.

Az 1900-as évek elején Elmer Sperry giroszkópos és rádióvezérelt repülőgépet tervezett, melyet 1917-ben be is mutattak. (3-3. ábra) A robotpilóta képes volt a 48 km-re lévő célig vezetni a gépet, majd a rakomány kidobása után visszatérni. [5]



3-3. ábra Hewitt-Sperry repülőgép az indító állványon [5]

Az 1930-as évek technikai fejlődése lehetővé tette a rádió távirányítású pilóta nélküli gépek fejlesztését. A Brit fegyveres erők 1925-ben kezdte meg RAE Larynx nevű távirányítású gépének fejlesztését, ami 320 km/h sebességgel tudott repülni, így az akkori vadászpilótaéknél is gyorsabb volt. Elsősorban tengeri járművek elleni harcra tervezték. [6]

Szintén brit fejlesztésű Queen Bee repülőgép volt az első olyan gép, ami a feladatának befejeztével vissza tudott térni a kiindulási helyére, ezzel költséghatékonyabbá téve a légi hadviselést. Ez a gép volt a világtörténelemben az első, amire a Drón megnevezést használták. [6]

A II. Világháború idején a németek fejlesztette V-1 (3-4. ábra) és V-2 robotrepülőek igazi civil demoralizáló hatásúak voltak, London bombázásakor komoly anyagi és személyi károkat okoztak.



3-4. ábra V-1 rekonstrukció - USAF [5]

A korai légi felderítést végző UAV-k esetében a gyors reagálást a képek visszatérés utáni kiértékelése lassította. A valós idejű képtovábbítást csak 1972-ben oldották meg. [5]

3.3 Az UAV-k felépítése, megjelenési formái

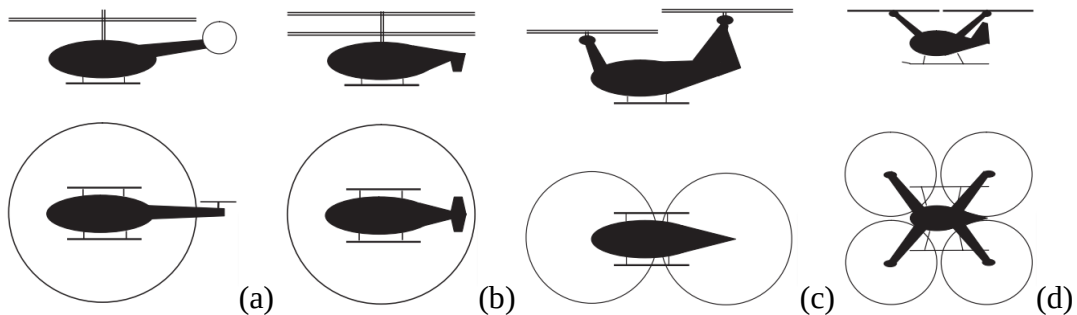
A jelenleg leggyakrabban használt civil drónokat alakjuk, működésük, felhasználási területük szerint többféle csoportba sorolhatjuk.

Alakjuk szerint lehetnek merev szárnyú, vagy forgószárnyas kialakításúak.

A merev szárnyú gépek könnyű kompozit anyagokból vagy fából készülnek. Gyorsabban, nagyobb területet tudnak berepülni, ugyanakkor manőverező képességük kisebb. Általában teherbírásuk nagyobb, ezért több érzékelőt lehet elhelyezni rajtuk.

A forgó szárnyas gépek precízebb, pontosabb navigációra képesek, akár hosszú ideig is képesek egyhelyben lebegni, emiatt területhatékonyságuk és sebességük alacsonyabb, mint a merevszárnyú gépeké. Nem igényelnek kifutópályát, vagy indító állványt, képesek

egy helyből felszállni, és ugyanide leszállni. A forgószárnyak száma jellemző értékük. Van egy rotoros (3-5. ábra a), két rotoros koaxiális (3-5. ábra b) és hossz-, vagy kereszt elrendezésű (3-5. ábra c), illetve többrotoros (3-5. ábra d) kivitel.



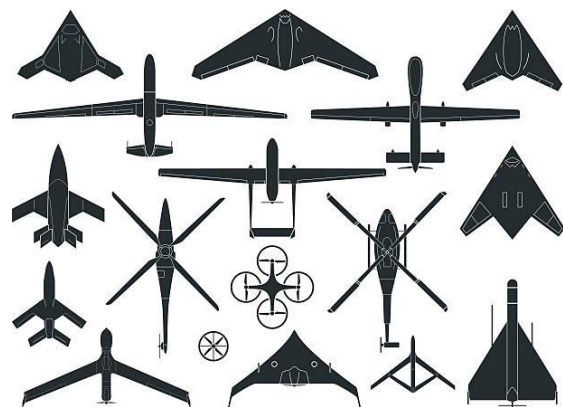
3-5. ábra Rotorkialakítások [7]

Készülnek hibrid megoldású gépek, amik képesek függőleges felszállásra, mint a forgószárnyas változatok, majd a rotorok elforgatásával merevszárnyú gépként viselkednek. Leszálláskor ismét elforgatják a rotorokat, és függőlegesen ereszkedve szállnak le. [5]

Energiaforrásuk jellemzően LiPO akkumulátor, melyek szénkefe nélküli frekvenciaváltós motorokat üzemeltetnek, de főleg a merev szárnyú, nagy méretű gépek esetén előfordul belsőégésű motorral szerelt változat is.

Felhasználási terület szerint beszélhetünk hobby szintű kisgépekről, melyek lakossági, kulturális célokat szolgálnak, felderítő, adatgyűjtő célra gyártott eszközökről, melyek különböző szenzorokkal képesek a környezet felmérésére érzékelésére - legyen ez belvízvédelem, táblaanalízis, domborzati felmérés, elveszett személy kutatás, illegális bevándorlók megfigyelése, közúti forgalom elemzés, stb. - illetve logisztikai, teherhordási feladatokat ellátó drónokról, mint például a permetező, csomagkiszállítók, vagy a közeljövő lehetőségeiként személyszállítók.

A leggyakrabban használt drón formákat a 3-6. ábra szemlélteti.



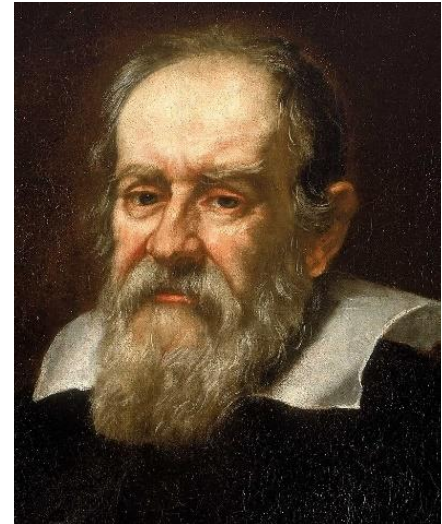
3-6. ábra Drónok leggyakoribb alakjai [8]

4. A TERÜLETFELMÉRÉSRŐL

A területfelmérés már évezredek óta az ember velejárója. A földmérők munkája elengedhetetlen a navigálásban, nélkülük a nagy világhódító felfedezések nem történhetek volna meg.

A földmérés első nagy mérföldköve a XVII. századig nyúlik vissza, amikor Galileo Galilei (4-1. ábra) megépítette távcsövét. Ezzel a földmérési pontosság a sokszorosára nőtt. [8]

Második fontos állomása a fényképészet fejlődése. Az első légifelvételeket Gaspard-Felix Tournachon készítette Párizsról 1858-ban, melyhez egy léggömböt használt. [9]



4-1. ábra Galileo Galilei (1564-1642)

Az Egyesült Államokbeli Bavarian Pigeon Corps 1903-ban galambokra erősített fényképező gépekkel készített légifelvételeket. [9]

Az 1900-as évek elején, a repülőgép feltalálásával ismét nagyot lendült a légifelvétel alapú területfelmérés. Az első pilóta nélküli légi járművek megjelenésével lehetővé vált az olcsóbb, pontosabb légifelvétel készítés.

Az űrtechnológia megjelenése az 1970-es években lehetővé tette a még nagyobb magasságokból történő, több spektrumú légifelvétel készítést, illetve a műholdas navigálási rendszerek megjelenését. A mai földmérők a mindennapjaikban használják ezeket a technológiákat.

Szintén ekkor jelent meg az első földrajzi információs rendszer (GIS), ezzel már nem csak számításokra, hanem adat előállításra is lehetett használni a számítógépeket.

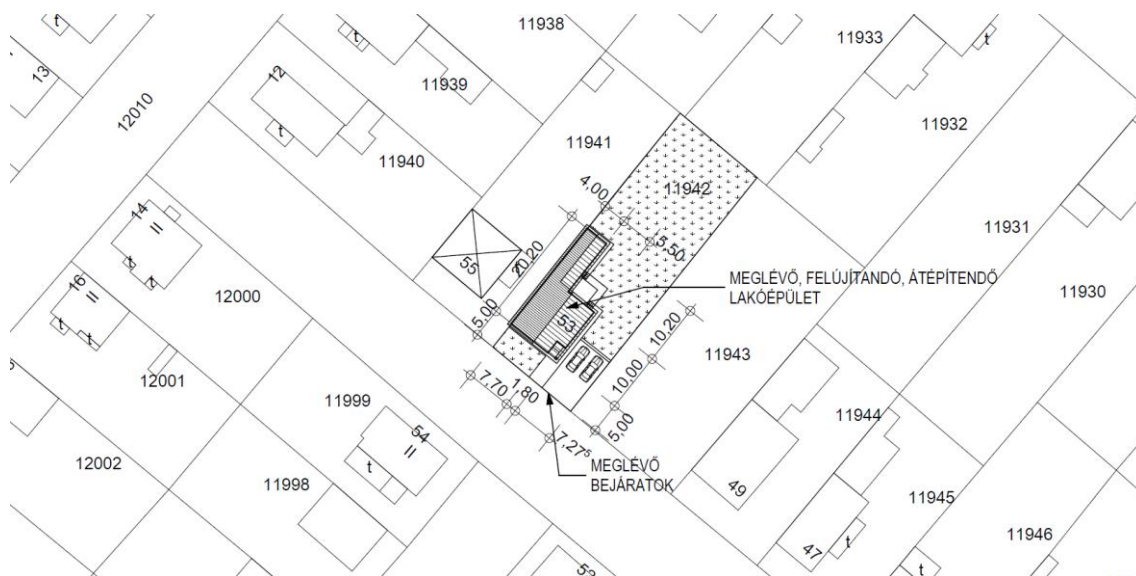
Napjainkban, az Internet korában a mindennapi ember egy gombnyomással juthat nagy pontosságú adatokhoz, a műholdas navigálás és digitális térképezés a mindennapunk része lett. [8]

A számítástechnika fejlődése lehetővé tette, hogy a nehézkes, manuális adatfeldolgozás órákra, percekre csökkenjen. A sérülékeny térképeket felváltotta a digitális adattárolás. [8]

5. ALAPRAJZOK ELŐÁLLÍTÁSA ÖNTÖZÉSTERVEZÉS SZEMPONTJÁBÓL

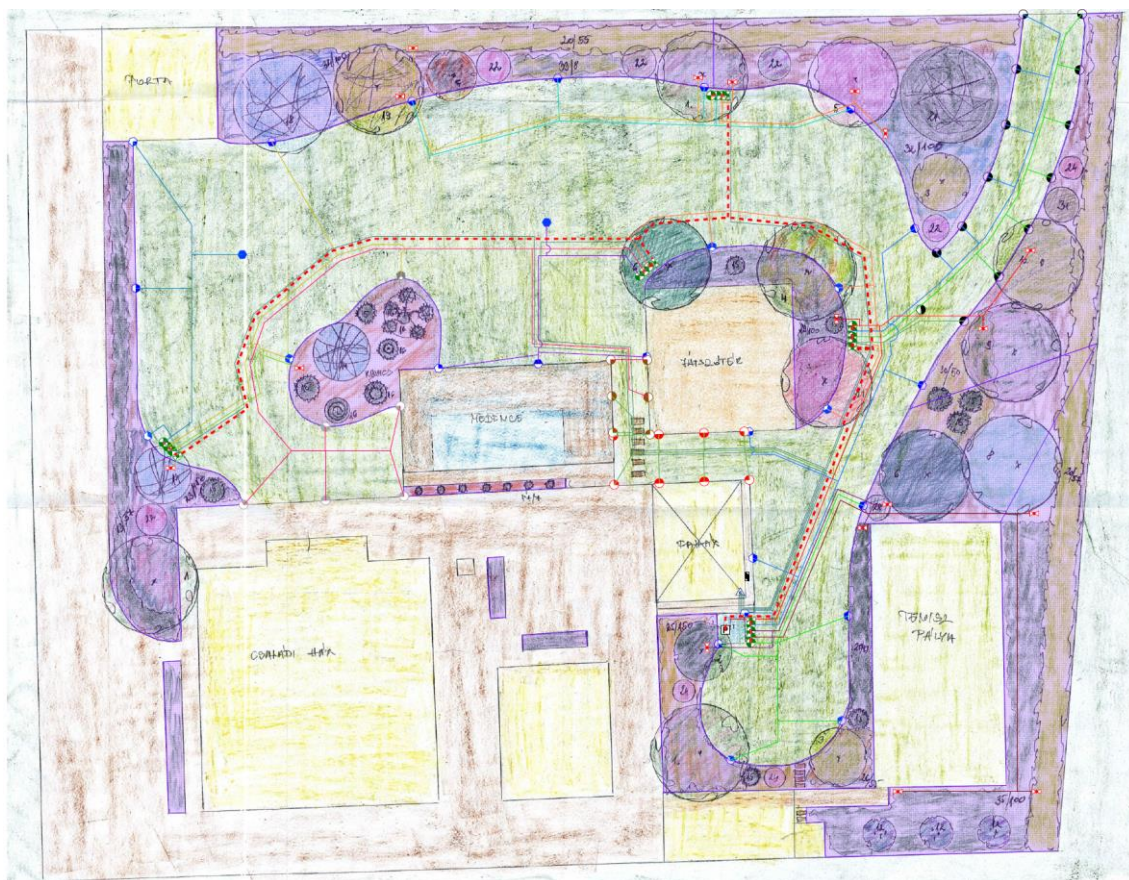
Az öntözéstervezés részére nem feltétlen felelnek meg más térábrázolást igénylő ágazatok által előállított alaprajzok.

A földhivatalnál elérhető térképmásolatok (5-1. ábra) a területi birtokviszony nyilvántartására szolgálnak, nem tartalmazzák az ingatlanok telekhatáron belüli kialakításának pontos elhelyezkedését.



5-1. ábra Földhivatali térképmásolat részlet

A kertészeti rajzok (5-2. ábra) nagy precizitással leírják, hogy az egyes ágyásokban milyen növényből, hány darab található, az ágyás milyen takaróanyaggal fedett, de számára teljesen lényegtelen, ha egy sarok pár fokkal eltér, vagy egy burkolat íve kissé nagyobb.



5-2. ábra Kertészeti rajz és a rajta lévő öntöző terv

Az épületgépészeti rajzok inkább az ingatlanok belső elrendezésével foglalkoznak, kevésbé informatívak a külső területek felé.

A közmű térképek jó információt adnak a felszín alatti csövek és vezetékek elhelyezkedéséről, de a felszínről szinte semmit nem tartalmaznak.

Ebből is látszik, hogy egy jó öntöző tervhez több forrásból, alapos egyeztetések után lehet megfelelő alaprajzot előállítani.

Az elmúlt 20 év öntözőtervezési gyakorlata alapján szerintem egy jó öntözési alaprajznak a következő paramétereknek kell megfelelni:

- méretarányos, léptékhelyes
- tartalmazza a terület szintadatait
- legyen jelölve 10 cm-es pontossággal a növényágyások határa, a jellemző növénytípus feltüntetésével (ez az öntözési mód és a várható vízigény kalkuláció miatt fontos)

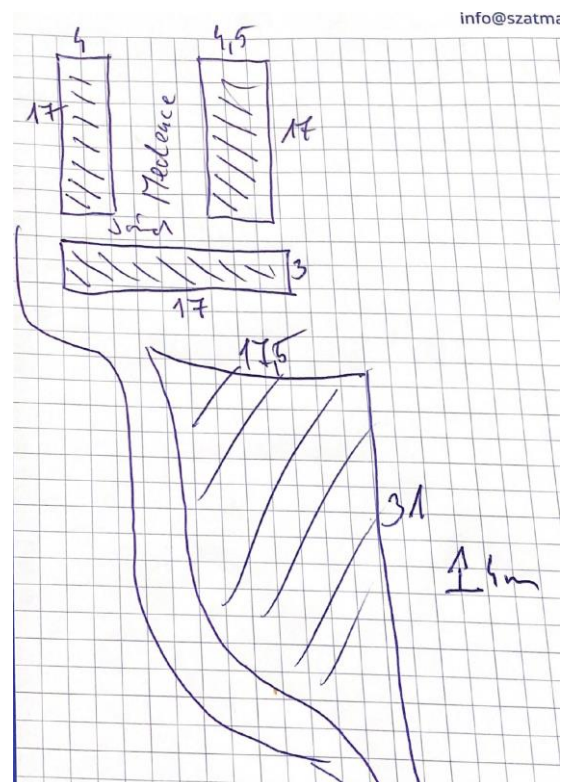
- legyen jelölve a burkolatok határa
- jól látszódjanak a burkolat alatti átvezetések
- legyen feltöltetve az épületek határa
- amennyiben a területen olyan közmű fut keresztül, amit érinthet az öntözés telepítési mélysége, legyen feltüntetve
- szerepeljen rajta a vízvételi forrás helye

Sajnos a kapott alaprajzok jelentős része ezen paraméterek egyikét sem elégíti ki. Találkoztam már zsebkendőre, kihúzó filccel készült rajzzal is. (5-3. ábra)

Amennyiben olyan területre kell öntözőt tervezni, ami még csak tervezési fázisban van - például épülő lakópark - a legjobb a közmű genplan és a kertészeti tervek együttes feldolgozása. Ebben az esetben lesz rálátásunk a várható felszíni kialakításról, és a felszín alatt megbúvó infrastruktúra szövedékről is.

Amennyiben már egy meglévő területre kell tervezni, a megfelelő alaprajz előállításának

egyik lehetősége, ha mi magunk mérjük fel



5-3. ábra Ügyfél felmérése

a kertet. Erre használhatjuk a hagyományos papír és mérőszalag alapú felvételezést, vagy mobiltelefonnal, a CamToPlan nevű alkalmazás segítségével is felmérhetünk kisebb területeket. Javasolt minden esetben pár reprezentatív fénykép készítése is.

Közterületek, parkok, lakóparkok felmérésére ezek az eszközök nem alkalmasak, a terület méretei miatt. Ilyenkor használhatunk RTK támogatott GNSS eszközöket, vagy légifelvételeket.

6. RASZTERES ADATOSZTÁLYOZÁSI MÓDOK

A jelenleg elérhető drónos légfelvétel készítés segítségével centiméter, szubdeciméter geometriai felbontású légifelvételek készíthetők nagy területekről rövid idő alatt. Az adatok kiértékelése történhet **pixel** alapú, vagy **szegmens** alapú képfeldolgozással.

A pixel alapú képfeldolgozás egyik nagy hátránya, hogy nem vizsgálja az adott pixel, szomszédjaihoz viszonyított helyzetét, csak a pixel spektrális adatait veszi figyelembe, így egy homogén területből akár egyetlen pixelt is kiemel, és a területre nem jellemző osztályba sorolja. Ilyen eset lehet pl. egy úttest burkolati jele, vagy egy vízfelületen lévő vitorlás hajó.

A szegmens-alapú osztályozásnál az egymás melletti, logikailag összetartozó pixeleket egy csoportként kezeljük, így az osztályozás eredménye nagyobb pontosságot ad.

A szegmensekkel szemben elvárt követelmények:

- egy szegmens valamely jellemző alapján egységes legyen
- kompakt legyen
- legyen eltérő a szomszédjától (heterogenitás)
- fedjék a teljes képet
- ne legyen közöttük átfedés [10]

Az objektum-alapú képelemzést a szakirodalom leggyakrabban OBIA (object-based image analysis) kifejezésként is említi, de sok más, tartalmában enyhén eltérő jelölése is van, mint a GEOBIA (geographic object-based image analysis), ami a földfelszínhez kötött adatok feldolgozását jelzi. [11]

Az objektum-alapú képfeldolgozás olyan eljárások kidolgozását jelenti, amik képesek az emberi agyat utánozva a kép spektrális, szerkezeti, térbeli és topográfiai adatai alapján az egyes alakzatokat nagy megbízhatósággal elkülöníteni. [12]

Az osztályozás történhet:

- **Manuálisan:** kézzel állítjuk be az értékhatárokat, és hogy azok melyik osztályba kerüljenek
- **Félautomatán,** vagy **irányítottan:** tanulóterületek, vagy mintaterületek alapján határozzuk meg az egyes osztályokat
- **Automatikusan:** statisztikai elemzéssel különítjük el az osztályokat, és azok határát [13]

7. LÉGIFELVÉTEL KÉSZÍTÉS A MINTATERÜLETEN

7.1 A terület bemutatása

A mintaterületként választott helyszín a lakiteleki Hungarikum Liget területe volt. (7-1. ábra)

A terület ~26 ha, alapvetően sík, épületekkel, burkolatokkal és füves, növényes ágyásokkal vegyesen. Található itt több fürdő, autós camping, hotelek, közösségi épületek, irodaházak, lovarda a szükséges futtatókkal, valamint egy Footgolf pálya, ami öntözési szempontból egy kiemelt feladat.



7-1. ábra Hungarikum liget GoogleMaps képe [19]

7.2 A felvétel készítésének oka

Mivel a terület heterogén, az építési, kivitelezési munkálatok nem egyszerre történtek és nem egy építető cég által, így a kertészeti és öntözési tervek nem egységesek, hiányosak, nem a valóságot tükrözik.

A jelenleg elérhető „kis” felbontású műhold felvételek nem adtak elég információt a területről.

A felmérésre - a szakdolgozati anyagon felül - azért volt szükség, hogy a tulajdonos egységes képet kapjon a birtokról, illetve a terület kezeléséért, fenntartásáért felelős személyek összességében lássák az egyes különálló rendszerek elhelyezkedését, gyorsabb, pontosabb kezelési eljárásokat alakíthassanak ki. Öntözés szempontjából is fontos a terület teljes ismerete, hiszen a vízforrások végesek, emellett az öntözési program összeállításánál figyelembe kell venni az egyes területek öntözési időablakát is.

7.3 Használt eszközök és szoftverek

A terület felmérésére a saját DJI Mavic Air-2 (7-2. ábra) drónomat használtam. A legfontosabb technikai paramétereit a 7-1. táblázat mutatja.

Tömeg	570 g
Rotorok száma	4 db
Emelkedési sebesség	4 m/s
Ereszkedési sebesség	3 m/s
Hatótávolság egy feltöltéssel	18,5 km
Repülési idő egy feltöltéssel	34 perc
Kommunikációs frekvencia	2,4 GHz és 5 GHz
Műholdas rendszer	GPS + GLONASS
Kamera érzékelő	1/2" CMOS, 12 és 48 MP felbontás
ISO	100 - 3200
Képformátum	JPEG és RAW
Előtét lencse	Polar szűrő és f korrekciós lencse elérhető
Gimbal	3 tengelyes
SD kártya	64 GB nagy sebességű microSD

7-1. táblázat DJI Mavic Air 2 fontosabb technikai paraméterek [14]

A repülések időtartalmának növelése érdekében 2 db tartalék akkumulátor áll rendelkezésre. Az így elérhető maximális repülési idő ~ 1,5 óra, ami a felvételezéshez több, mint elég.



7-2. ábra DJI Mavic Air 2 [14]

A képfeldolgozás során használt szoftvereket 7-2. táblázat tartalmazza:

Repülési terv	Dronelink
Légifelvétel feldolgozás	Agisoft Metashape Professional 2.0.0
Ortomozaik kép feldolgozása	Clark Labs Idrisi Selva 17 Trimble eCognition Developer 8 QGIS 3.28 Firenze
Vektorállomány utófeldolgozás	Autodesk AutoCAD 2022
Öntözőrendszer tervezés	SoftwareRepublic ProContractor 8.0

7-2. táblázat Alkalmazott szoftverek listája

7.4 A feladat elvégzésének lépései

Az elérendő cél, hogy a képfeldolgozás végén egy olyan vektorállomány jöjjön létre, amit egy öntözéstervező célprogramban fel lehet használni, mint mérethelyes alaprajzot. A munka elkészítésének lépéseit a 7-3. ábra mutatja.



7-3. ábra Feladat elvégzésének lépései

A repülési terv készítéséhez a Dronelink nevű repülésirányító programot használtam.

Ez a program egy WEB-es alapú eszköz, amely egy saját mobiltelefon applikáción keresztül kommunikál a drónnal. Nagyon hasznos alkalmazás, sokféle drónt támogat, az egyszerű kis gépeket is fel tudja vértetni professzionális tudással, ezzel javítva azok használhatóságát.

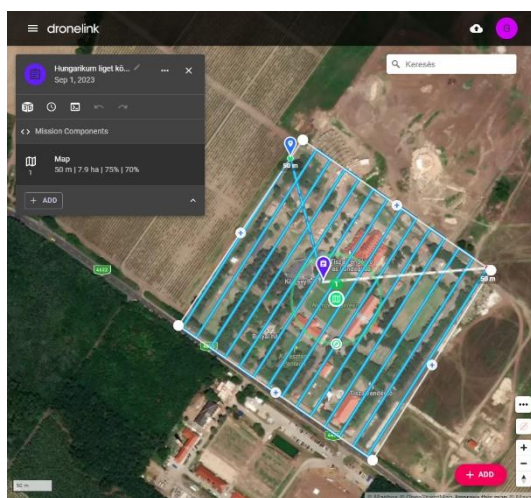
A programmal egy asztali számítógépen a térképészeti funkciót választva egy Google térképen előre kijelölhető a repülni kívánt terület, beállíthatók a repülési paraméterek, és a rendszer meghatározza a repülési útvonalat. A repülni kívánt területet mindig úgy kell kijelölni, hogy legalább egy sorral nagyobb legyen minden irányban, mint a feldolgozni kívánt terület mérete, hogy az elkészült képeknél a fontos részeken meglegyen a kellő átfedés.

Akár több repülési terv is készíthető ugyanarról a területről, így különböző feladatokhoz különböző paraméterek rögzíthetők.

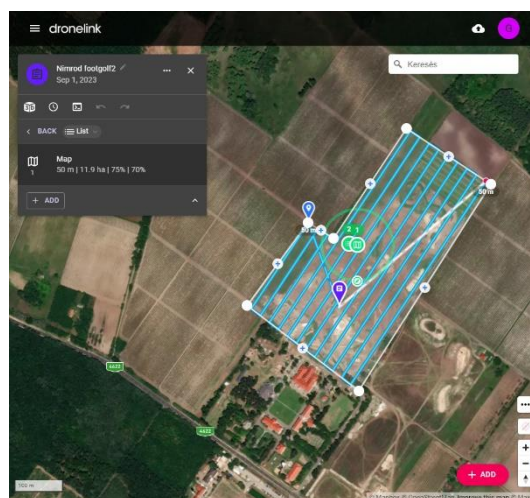
Az én esetemben a teljes területet 3 külön repülési programmal repültem le (7-3. táblázat):

	Központi terület (7-4. ábra)	Nimród Footgolf (7-5. ábra)	Hungarikum-liget (7-6. ábra)
Repülési magasság	50 m	50 m	100 m
Lerepült teljes terület	7,9 ha	11,9 ha	34,3 ha
Átfedés	75/70%	75/70%	75/70%
Felbontás	1,78 cm/pixel	1,42 cm/pixel	2,84 cm/pixel
Képek száma	291 db	400 db	310 db

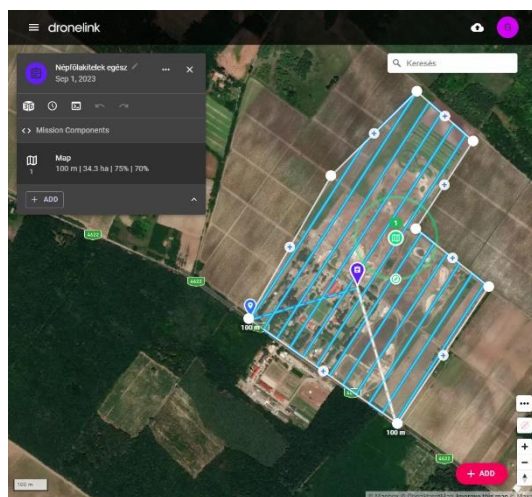
7-3. táblázat Repülési program adatok



7-4. ábra Központi terület repülési terve



7-5. ábra Nimród Footgolf területének repülési terve



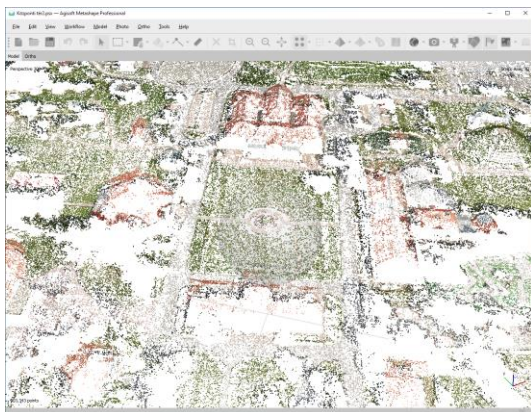
7-6. ábra Teljes Hungarikum-liget repülési terve

A teljes repülési idő ~ 1 óra volt, ezalatt a drón kétszer tért vissza akkumulátor cseréire, majd folytatta a felvétel készítést automatikusan.

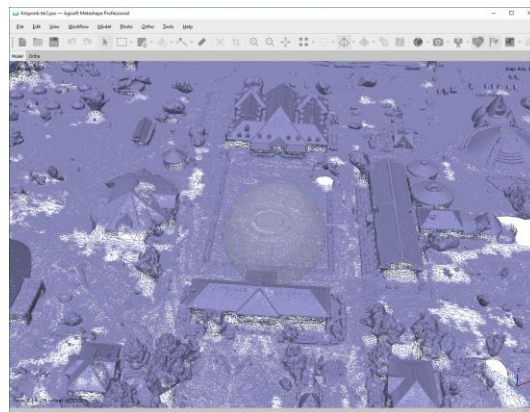
8. ORTOMOZAIK KÉP ELŐÁLLÍTÁSA, FELDOLGOZÁSA

A fotótérkép előállítására és feldolgozására az Agisoft Metashape Pro 2.0.0 programot használtam. A három különböző repülést három külön projektként dolgoztam fel.

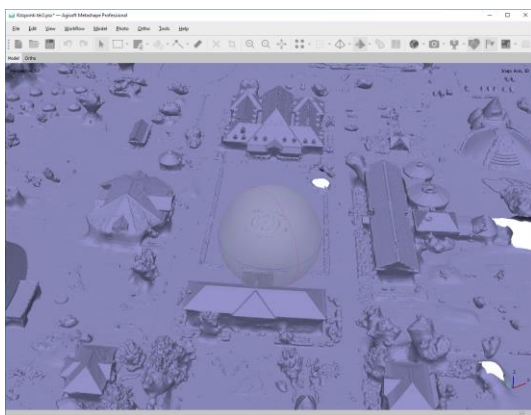
A ortofotók betöltése után egy magas pontosságú képillesztést végeztem. Ez egy stabil ritka pontfelhőt (8-1. ábra) eredményezett. Ebből a pontfelhőből magas minőségű ponthálót (8-2. ábra) (Mesh) építettem. Ezután a kamerákat újra kalibráltam, és elkészítettem a csempe modellt (8-3. ábra) (Tiled model). Ennek alapja a pontháló volt. A modellt magas minőségben generáltam le. A csempe modell alapján egy sűrű pontfelhőt (8-4. ábra) (Point cloud) állítottam elő. Az így létrejött sűrű pontfelhő egy precíz digitális magasságmodell (8-5. ábra) (DEM) alapja lett, amiből már az Ortomozaik kép (8-6. ábra) elkészíthető.



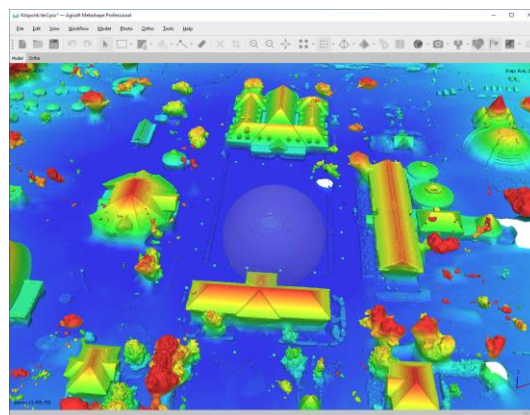
8-1. ábra Ritka pontfelhő



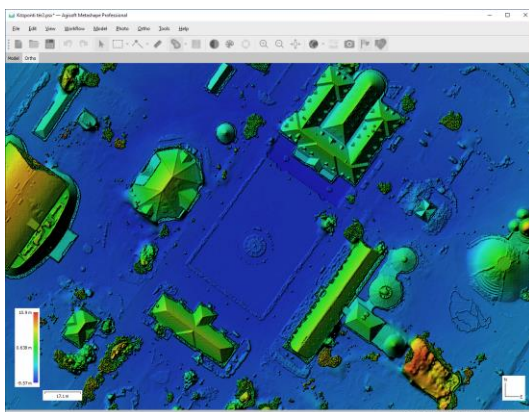
8-2. ábra Pontháló



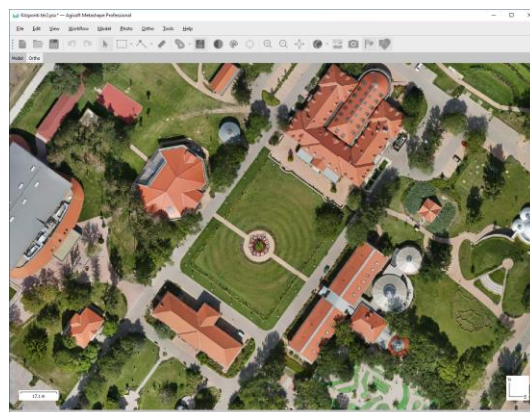
8-3. ábra Csempe modell



8-4. ábra Sűrű pontfelhő magassági színezéssel



8-5. ábra DEM modell



8-6. ábra Elkészült ortomozaik kép

A Metashape lehetőséget biztosít külső, meghatározott pontok (GCP - Ground Control Point) alapján történő manuális, vagy automatikus illesztésre is. A technológia lényege, hogy az ortofotók elkészítése előtt a területre ki kell helyezni 5-10 db (Nevada Department of Transportation kutatása szerint ennél több jelölő nem hoz számottevő javulást a végeredményben) GCP jelölőt, melynek helyét pontosan rögzíteni kell stabil koordináta méréssel, mondjuk egy rover segítségével. Amennyiben nincs dedikált jelölő, festékkal is lehet felvenni GCP-t (8-7. ábra), azonban ilyenkor a „X” helyett „L”-t jobb használni, a könnyebb pontazonosítás érdekében. [15]

A képfeldolgozás során ezeket a GCP jelölőket az egyes képeken azonosítani lehet, ezáltal a végeredmény szubdeciméteres pontosságú lesz.

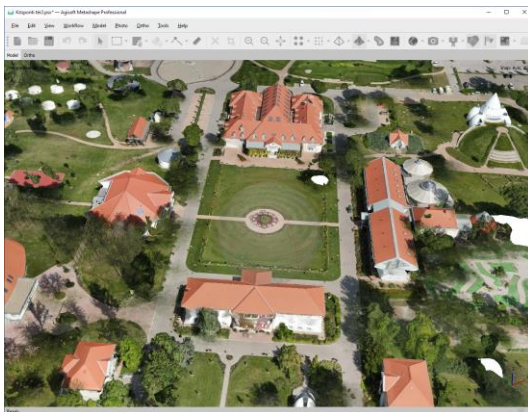


8-7. ábra GCP pont rögzítés roverrel [15]

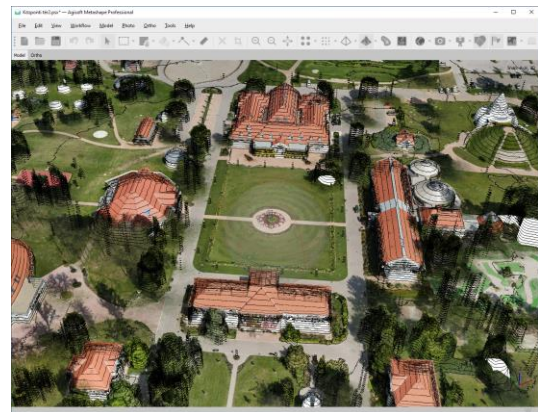
Nekem nincs ehhez megfelelő RTK-s eszközöm, ezért ilyen nem készítettem a repüléskor. Ez valamekkora pontatlanságot fog eredményezni a végtermékben, de öntözés tervezés szempontjából a 10-50 cm-es pontosság már elfogadható.

Mivel a folyamat automatikusan generál 3D modellt, egy Textúrázással (8-8. ábra) jól kezelhető, pontos, áttekinthető és elforgatható felületet is kapunk, ami a vektor utólagos manuális feldolgozását nagy mértékben megkönnyíti, mivel be lehet nézni olyan területekre is, amik a felülnézeti ortomozaik képen nem látszanak (fák koronája, épület előtető takarja).

Lehetőség van a programban a magassági szintvonalak (8-9. ábra) generálására is, ami az öntözés tervezés szempontjából igen fontos, mert a szórófejek elhelyezésénél, csoportosításánál, valamint a vízforrás meghatározásánál és a csövek lejtési viszonyainak számításánál ezt figyelembe kell venni. Jellemzően ez a tervező programba be is tölthető.



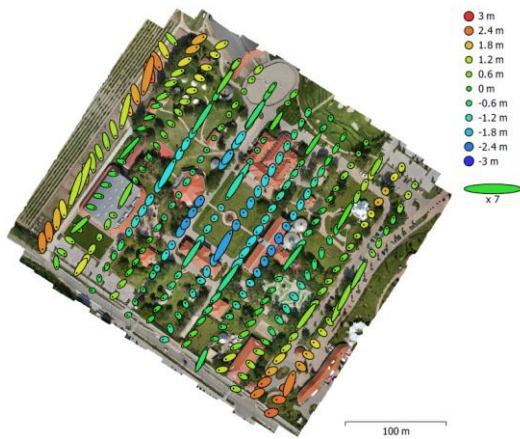
8-8. ábra Texturázott 3D modell



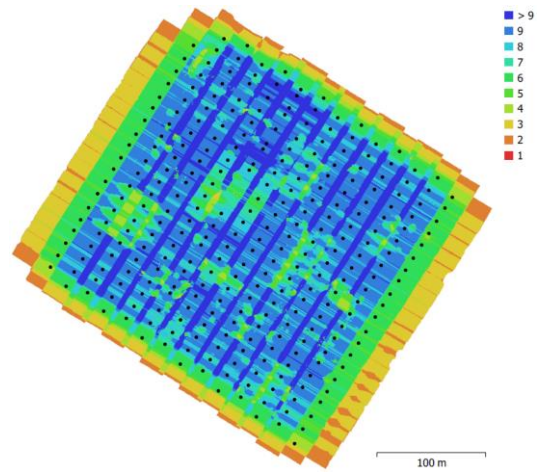
8-9. ábra Szintvonalak a 3D modellen

A kapott ortomozaik képet kiexportálva TIF formátumba, egy három sávós fotótérképet kaptam, vagyis a képen méréseket lehet végezni, van tájolása és georeferált.

A riport állomány elkészítése hasznos információkat adott a képfeldolgozás közben lezajlott eseményekről, mint pl. kamerák korrekciója (8-10. ábra), átfedések száma (8-11. ábra), pixelméret.



8-10. ábra Kamera korrekciós térkép



8-11. ábra Képek átfedésének száma

A Metashape egy nagyon hasznos program, azonban nagy hátránya, hogy a folyamatokat nem lehet elmenteni, és egy új projektnél felhasználni, hanem minden alkalommal ugyanazokat a lépéseket meg kell ismételni.

9. KÉPANALÍZIS KÜLÖNFÉLE OSZTÁLYOZÁSI MÓDSZEREKKEL

9.1 Indexek

A három sávos RGB felvételek elemzésére többféle index állítható elő. Én a szakdolgozatban 4 féle indexet számoltam, amik közül a legjobb eredményt a TGI (Triangular Greenless Index) adta.

NGRDI (Normalized Green-Red Difference Index): Alapja, hogy a zöld növények a zöld fényt visszaverik, a vöröset inkább elnyelik, míg az építmények és burkolatok a vöröset is visszaverik. A két érték egymáshoz viszonyított aránya szignifikánsan jellemzi a terület milyenségét.

$$\text{NGRDI} = \frac{\text{Green} - \text{Red}}{\text{Green} + \text{Red}}$$

VARI (Visible Atmospherically Resistance Index): Képlete hasonlít a NGRDI-hez, viszont az atmoszférikus ellenállást korrigálja a kék színnel.

$$\text{VARI} = \frac{\text{Green} - \text{Red}}{\text{Green} + \text{Red} - \text{Blue}}$$

GLI (Green Leaf Index): A zöld és vörös sávokat korrigálja a kék sáv értékével.

$$\text{GLI} = \frac{2 \times \text{Green} - \text{Red} - \text{Blue}}{2 \times \text{Green} + \text{Red} + \text{Blue}}$$

TGI (Triangular Greenless Index): A levelek klorofilltartalmának meghatározására kifejlesztett index, ami szignifikánsan tükrözi a növényállomány nitrogénszintjét. [16]

$$\text{TGI} = \text{Green} - 0,39 \times \text{Red} - 0,61 \times \text{Blue}$$

9.2 Képfeldolgozás

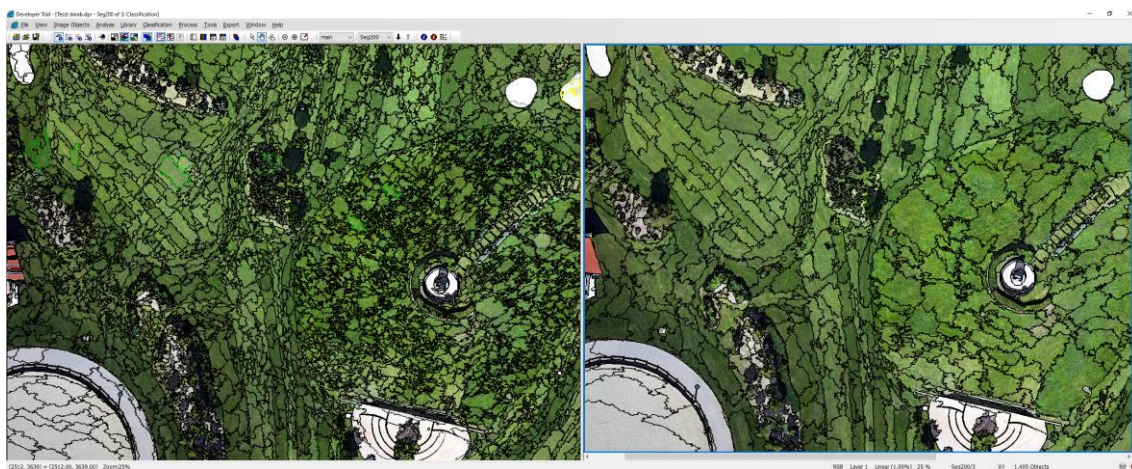
A kapott ortomozaik képek feldolgozását 3 különböző programmal is elvégeztem. Ezeknek a programoknak közös jellemzője, hogy jelenleg díjmentesen (vagy próba verzióban díjtalanul) elérhető, és a leggyakrabban használt képanalitika programok az ágazatban.

9.2.1 eCognition

Bár a program nem ingyenes, a próba verziója a képfeldolgozáshoz kiválóan használható. Sajnos a szegmensek exportálását DXF formátumba már csak a teljes változat támogatja.

A program indítása után új projektként beolvastattam a kapott ortomozaik képet. A három spektrális sávot a program szépen elkülönítette, mindegyiket el is neveztem a megfelelő értéke alapján. Mivel a területek elég nagyok voltak, és a kísérlet nem tette szükségessé a teljes területek komplett feldolgozását, ezért reprezentatív kivágatokat készítettem, hogy a számítási folyamatokat fel tudjam gyorsítani. A sávok betöltése után a helyes színsorrendet be kellett állítani, így a kapott kép valós színes ábrázolásban jelent meg.

Új feldolgozási folyamat létrehozása után egy többfázisú szegmentálást (multiresolution segmentation) indítottam, melynek alapja a pixel állományom volt. Mindhárom réteget használtam, a homogenitási kritériumot 100, 200, 300, 400 és 500-as értéken futtattam. 100-as érték mellett nagyon sok szegmens képződött, a megfelelő tagoltságot 500-as érték mellett értem el. (9-1. ábra)



9-1. ábra eCognition programban szegmentált ortomozaik kép

Az így kapott szegmenseket a teljes verziójú szoftverben már ki lehet exportálni DXF állományba, és felhasználhatók az öntözés tervezés alapjaként, azonban az egyes szegmensekre számoltam NGRDI indexeket is, ami az automatikus osztályozásnál pontosabb eredményt adott. Az osztályozott szegmensek exportálása lehetőséget biztosít az öntözéstervező programban a különböző felületek pontosabb elkülönítésére.

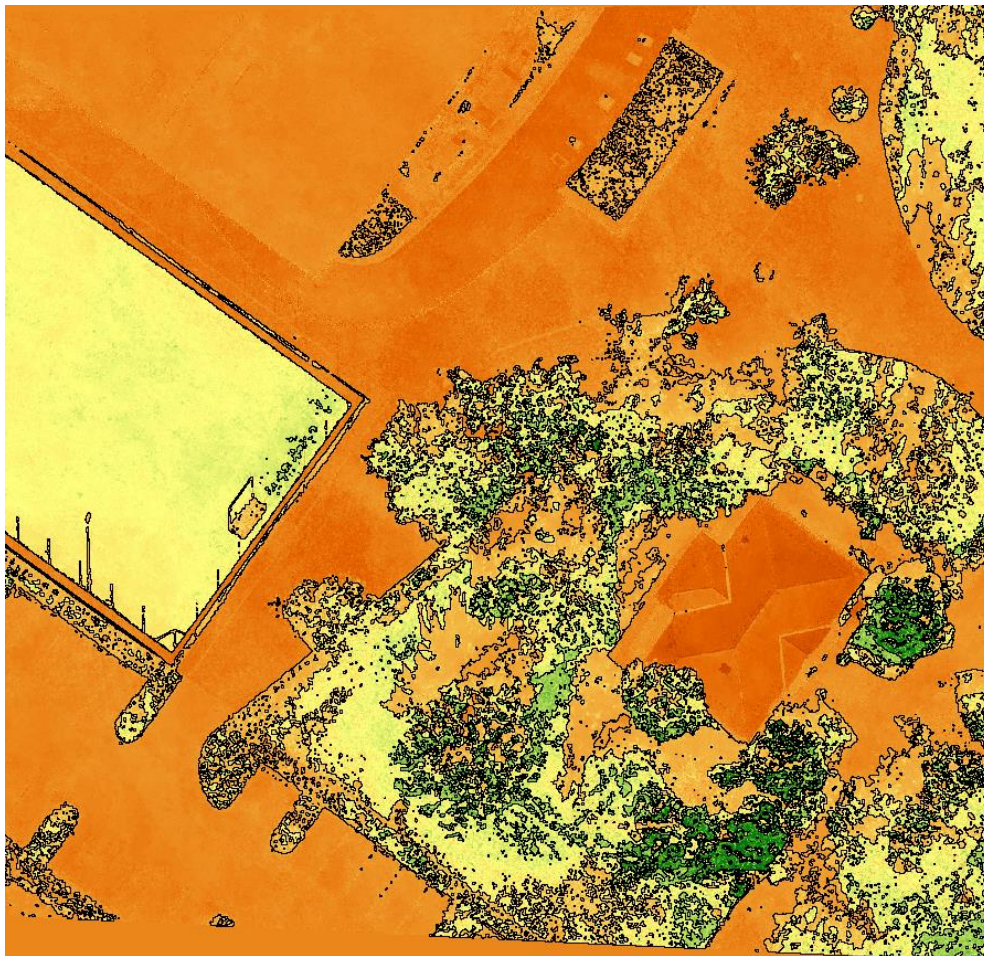
9.2.2 Idrisi Selva

Az Idrisi nem tud közvetlen TIF állományt használni, minden esetben importálni kell a saját formátumára. Ezen felül a többsávós TIF importálás sem hozott megfelelő kiindulási alapot, ezért a többsávós TIF állományt először külön sávokra bontottam a QGIS Semi-Automatic Classification modul Split utasításával. Ennek alapja egy korábban elkészített reprezentatív kivágat volt, így a kapott végeredményt könnyebben össze lehetett hasonlítani.

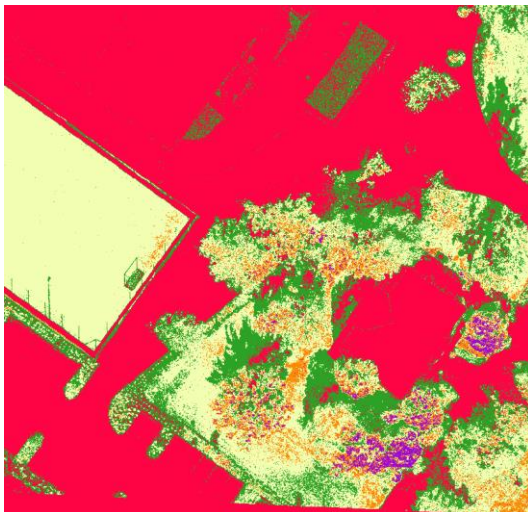
A QGIS lehetőséget biztosít közvetlen IDRISI raster állományba menteni, így nem volt szükség külön konverzióra.

Az IDRISI rendelkezik saját index sablon listával a Transformation/VEGINDEX menüpontjában, de ez nem tartalmazza a három sávós RGB felvételekhez használható indexeket, így az Image calculátorral kellett az indexeket előállítani (9-2. ábra), amiket külön le lehet menteni, így a következő képfeldolgozáshoz már jól használható sablont adnak.

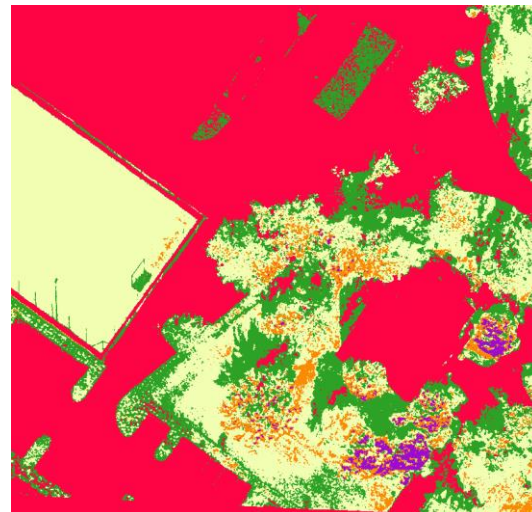
A kapott raster állományt ezután osztályoztam a Hard classifiers/CLUSTER paranccsal. (9-3. ábra) Mivel sok, néhány pixelből álló osztály is létrejött az egyébként homogén területeken, ezért utófeldolgozásként két menetben átlagoló filter használatával (7×7-es ráccsal) módosítottam az eredményt (9-4. ábra), majd ezt vektorizáltam.



9-2. ábra TGI index számítás eredménye



9-3. ábra Nyers, osztályozott eredmény



9-4. ábra Átlagoló filterrel módosított eredmény

Az így előállított vektor állomány már exportálható volt DXF-be.

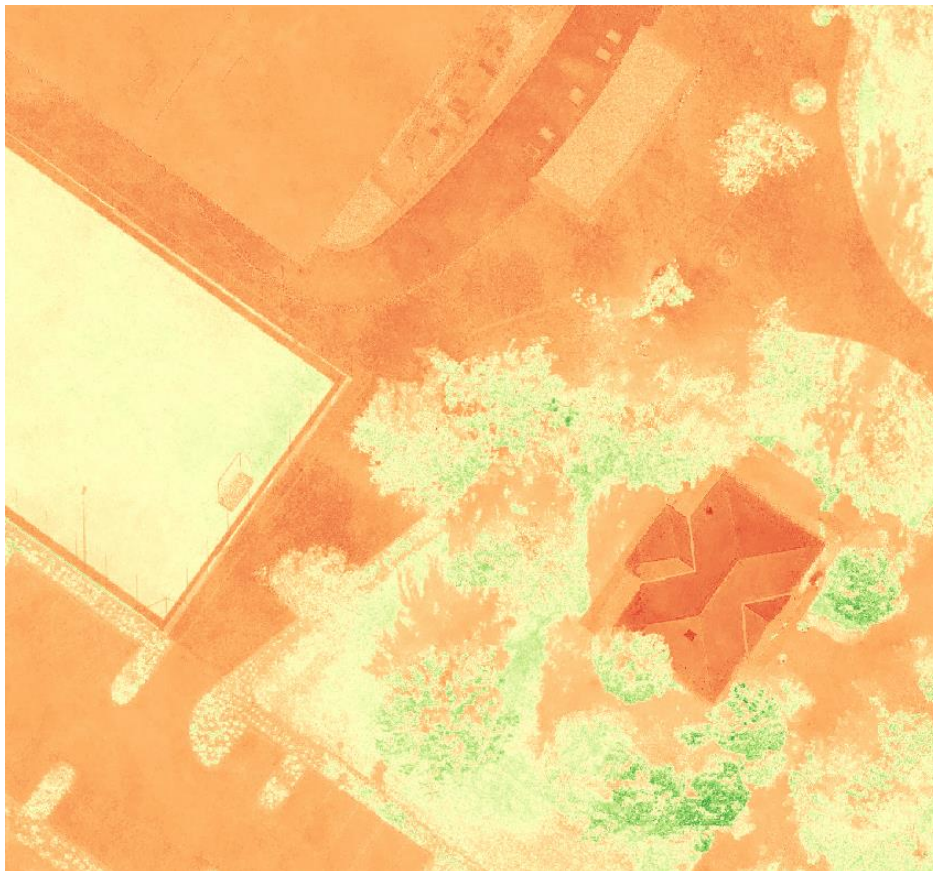
9.2.3 QGIS

A QGIS alapvetően vektorgrafikus program, de meglepően jól boldogul raszteres állományokkal is.

A pontos vetület beállításához alap térképnek a QuickMapServices modulból betöltöttem egy Google Satellite Hybrid térképet, és erre importáltam az ortomozaik képeket.

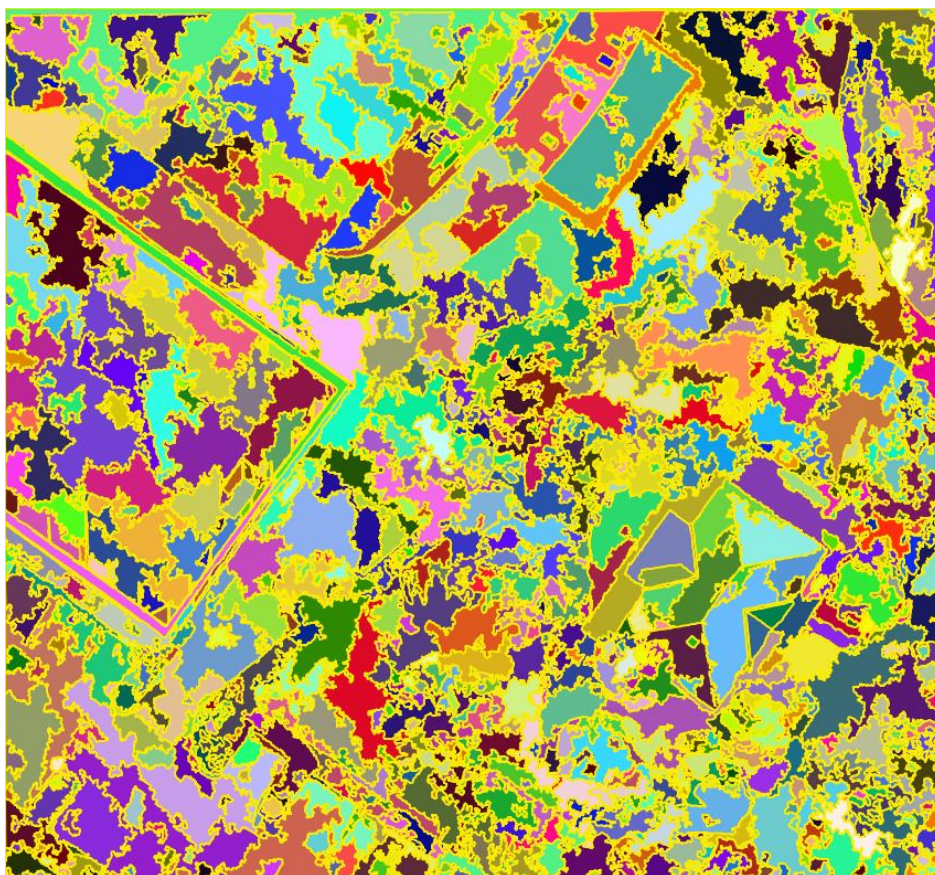
A reprezentatív területekről itt is kivágatot készítettem. Az eCognitionnal ellentétben itt a szegmentálás előtt készítettem el az indexeket, és az indexállományok alapján végeztem el a szegmentálást, majd az osztályozást. Ezzel a módszerrel az egyes felületek sokkal precízebben elkülöníthetők lettek.

Mind a négy RGB indexet kiszámoltattam, de a legjobb eredményt a TGI index adta. (9-5. ábra) Ennél a feldolgozásnál már vizuálisan is jól elkülönülnek egymástól a növényvel borított és a burkolt, vagy beépített területek. Az árnyékok okoznak torzulást az értékekben, de ez a vektorállomány utófeldolgozásánál könnyen eltávolíthatók.



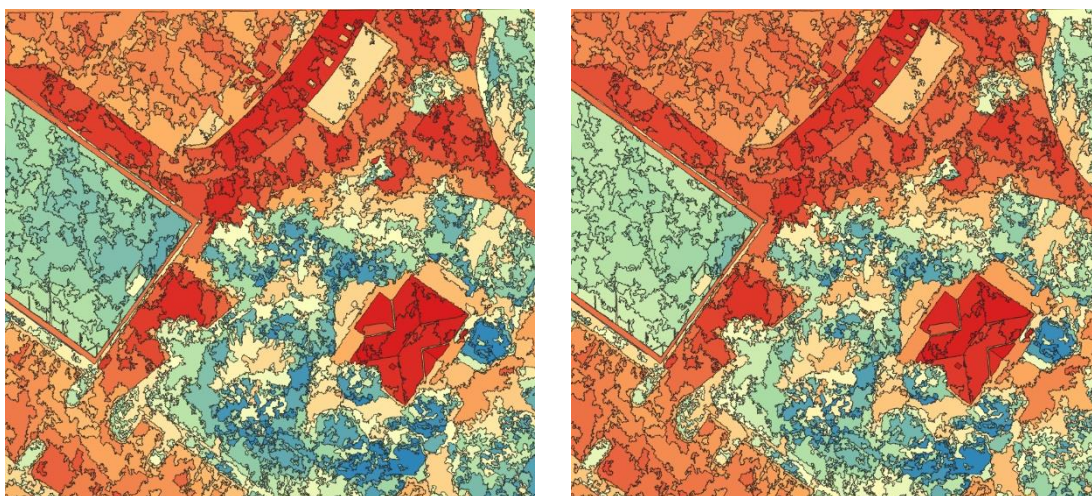
9-5. ábra TDI Index eredménye

A szegmentáláshoz a GRASS modul *i.segmentation* utasítását használtam. Ahhoz, hogy a szegmensek kezelhető méretűek legyenek, az egybefüggő pontok számát 1 000-re kellett beállítanom. A kapott végeredmény egy raszter állomány, ahol az egymás melletti, spektrálisan hasonló területek egy egységet képeznek. Ez alapján a kép alapján már elkészíthető egy vektor állomány (9-6. ábra), ami az öntözés tervezés alapja.



9-6. ábra Vektorizált, szegmentált TGI index

Ahhoz, hogy az egyes szegmenseket osztályozni lehessen, a GRASS modul *Övezet statisztika* utasításával az indexált képből az egyes szegmensekre átlagot és mediánt számoltam. Mivel az átlagot tíz tizedesig számolta a program, ezért az attribútum szerkesztőben ezt lekerekítettem két tizedesre.



9-7. ábra Kerekített medián értékek az összevonás előtt és után

Az 1 000 pixeles összetartozó szegmens beállításokkal is sok hasonló szegmens generálódott, ezért a GRASS modul Összevonás utasításával az egymás melletti, azonos átlagú területeket összevontam. (9-7. ábra)

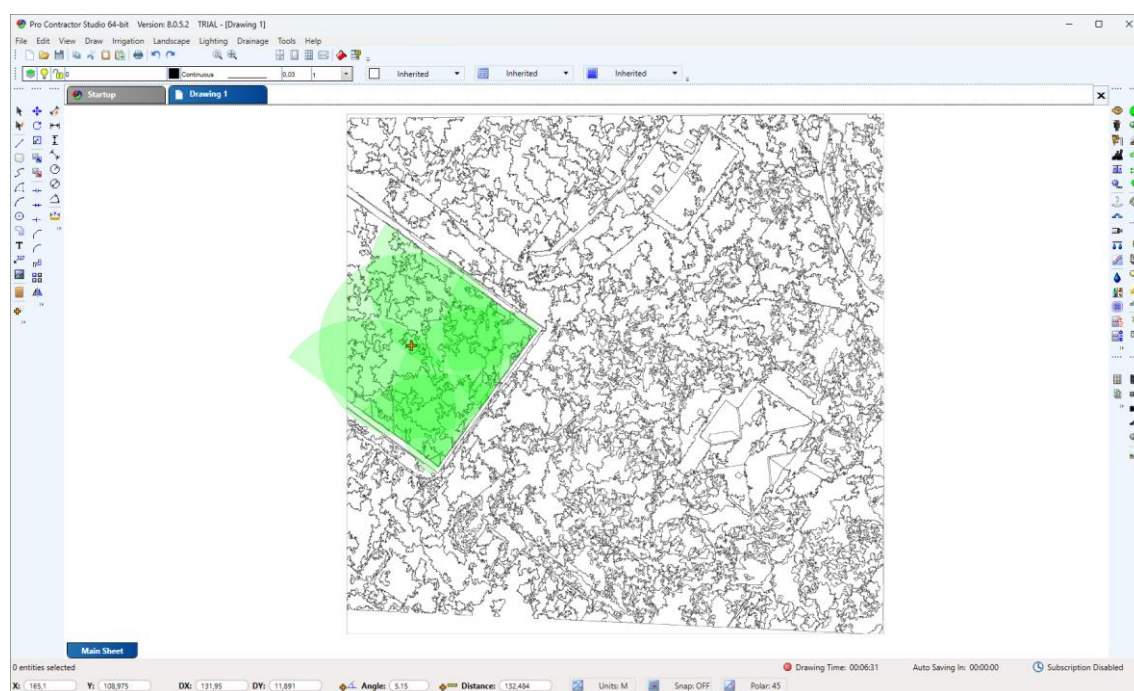
A vektor állomány rengeteg csomópontot és szegmenst tartalmazott, mivel a raszter kép vektorizálásánál minden pixel sarkához tett a program egyet. Ez a későbbi feldolgozást nagyon megnehezíti, így a GRASS modul v.generalize utasításának segítségével csökkentettem a csomópontok számát. Tevékenység nem érte el a várt eredményt, mivel a számuk nem csökkent jelentősen, viszont az új szegmensek nem illeszkedtek légifelvétel kontúrjaihoz, így ezt a változtatást elvetettem.

Az osztályozott vektor réteget már ki tudtam exportálni DXF állományba úgy, hogy azt kevés utófeldolgozással használni lehetett öntözés tervezésre. Exportálásnál fontos arra figyelni, hogy a kimeneti állomány méretaránya 1:1 legyen, így megtartja a pontos méreteket.

10.AZ ELŐÁLLÍTOTT TEMETIKUS ADATOK FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGE A PROCONTRACTOR ÖNTÖZÉSTERVEZŐ PROGRAMBAN

Mindhárom programból a nyers DXF állományt az Autodesk AutoCAD 2022 szoftverrel finomítottam. A kapott kimeneti állományok nagy méretűek voltak, sok olyan kitöltést tartalmaztak, amit az öntözés tervező program nem tud feldolgozni, ezért azokat át kellett konvertálni határvonallá.

Hogy az egyes osztályok ne veszítsék el tartalmukat, a különböző osztályokat külön-külön rétegekre helyeztem. A határvonalak generálása és a kitöltések törlése után a tisztított DWG állomány a kiindulás méretének 1/40-ed részére zsugorodott, amit már kényelmesen be lehetett importálni a ProContractor Studio programba. (10-1. ábra)



10-1. ábra Beimportált vektor állomány a ProContractor Studioban

Az egyes szegmensek jól elkülönültek egymástól, mindazonáltal a tervezés folyamatát csak részben segítette.

Bár a szórófejek illesztését könnyen meg lehetett tenni, a vonalmenti kiosztás nem volt lehetséges, mivel a szegmensek száma még az egyenes szakaszok mentén is sok volt.

11.KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A drón alapú légifelvétel készítés ma már elérhető távolságba került. Egy akár hobby szintű géppel is kielégítő minőségű ortomozaik készíthető, ami alapja lehet az öntözés tervezésnek.

Természetesen a precíz osztályozáshoz, és a nem csak öntözés tervezés célú adatfeldolgozáshoz sokkal jobb eredményt adnak a multispektrális felvételek, azonban az ilyen kamerák ára még elég borsos.

A nagy felbontású, mérethelyes légifelvétel sok olyan tulajdonságát megmutatja a területnek, amit felszíni bejárással nehéz, vagy lehetetlen észre venni. Könnyedén felfedezhetők a már beállt növényállományban is olyan ismétlődő mintázatok, amik nem csak öntözés tervezés szempontjából, de meliorációs, vagy növényegészségügyi szempontból is hasznosak. Az elkészült ortomozaik képek már önmagukban is használhatók öntözés tervezésre, mivel a tervező programok képesek háttérként kezelni fotókat. Az ortomozaikok nagy előnye a mérethelyesség, így nincs szükség külön korrekciós képtranzformációra.

A képződő 3D-s modell olyan területekre is enged belátást, ami egy hagyományos felmérésből, vagy csak felülnézeti képből nem egyértelműen kivehető, mint pl. az árnyék hatás, a fakoronák alatti rejtett területek, a domborzati viszonyok.

Az automatikus szegmentálás és osztályozás jelentősen felgyorsítja a nagy felületekről készült raszterképek feldolgozását, ezzel időt és pénzt takarítva meg a felhasználónak.

Hátránya a módszernek, hogy több (néhol igen drága) specifikus programot kell használni, melyek között importálni és exportálni kell a tartalmakat, ami óhatatlanul is konverziós hibát eredményezhet. Hiányoznak olyan standardizált formátumok, amiket minden program egységesen tudna kezelni. Az egyes feldolgozási fázisok némelyike igen jelentős számítási erőforrást igényelnek, ami személyi számítógép környezetben nehézkesen megoldható.

Azt is ki kell emelni, hogy az általam végzett szegmentálási módszerekkel a kapott végeredmény öntözés tervezés szempontból csak korlátozottan hozott eredményt, hiszen a pixelhatárok mentén képződött vektorok nagyon sok csomópontot tartalmaztak

Az ilyen módú képfeldolgozásban a jövőt a kompakt, WEB alapú, távoli szerveren futó analitikai módszerekre épülő, megfelelő mesterséges intelligenciával támogatott, esetleg moduláris rendszerekben látom, ahol csak a felhasználó számára szükséges szolgáltatásokért kell fizetni. Ezzel racionalizálható lenne a gazdaságos és gyors adatnyerés. Már vannak erre irányuló megoldások, mint pl. a Pix4D, a MapsMadeEasy, vagy a DroneDeploy.

12.ÖSSZEFOGLALÓ

Dolgozatomban az egyszerű, drónnal készült három sávos RGB légifelvételek feldolgozásával, kiértékelésével foglalkoztam.

Célomul tűztem ki egy olyan képfeldolgozási rendszer kielemezését és részletes ismertetését, ami mindenki számára elérhető, a kapott végeredmény pedig egy olyan vektorgrafikus állomány, amit az öntözőrendszer tervező programokba beimportálva stabil, mérethelyes, pontos tervek készíthetők.

A feladat elvégzéséhez az ortofotókat egy DJI Mavic Air-2 drónal készítettem, a lakiteleki Hungarikum-Ligetről. A teljes területet három repülési tervben - két alacsonyabb részterület és egy magasabb teljes terület - fotóztam.

A képeket az Agisoft Metashape Pro 2.0.0 programjával alakítottam fotótérképpé. A fotótérképet három különböző, ingyenesen elérhető képosztályozó programmal, az eCognition-nal, az IDRISI-vel és a QGIS-szel szegmentáltam és osztályoztam különböző RGB indexek alapján.

A szegmentálás és osztályozás végeredményeként egy olyan DXF állományt kaptam, ami nem csak az egyes szegmensek határát mutatta, hanem valós információval bírt az egyes szegmensek adatairól, ezzel segítve az öntözés tervezés során felmerülő marginális kérdéseket is.

Az ortomozaik kép előállításánál lehetőség volt szintvonal térkép készítésére is, amit egyes öntözéstervező programok (mint például az IrriCAD) tudnak kezelni, így a lejtési viszonyok és a vízforrás meghatározásában nagy segítséget adnak.

A 3D modell további hasznos segítséget ad az öntözés tervezés során, mivel lehetőséget ad a tereptárgyak körül járására, betekinthetünk olyan objektumok alá, amit a felülnézeti kép nem mutat. Könnyen észlelhető a terület árnyékoltsága, ami segít a megfelelő vízkijuttató egység kiválasztásában.

Öntözés tervezés szempontjából a munka végeredménye csak korlátozottan használható, mivel a szegmentálás során a vektorok a pixelek mentén jöttek létre, így az egyenesnek tűnő vonalak sok apró csomópontból állnak, ami nehezíti a munkát. Alkalmaztam ugyan

csomópont csökkentő algoritmust, de a képződő élek már erősen eltértek az eredeti képtől.

Összességében kijelenthető, hogy a technológia rendelkezésre áll, a szegmentálás és osztályozás eredményesen elvégezhető, és a kimeneti vektor állomány bár korlátozottan, de használható automata öntözőrendszer tervezésére.

13.SUMMARY

In my thesis, I dealt with the processing and evaluation of simple three-band RGB aerial photographs taken with a drone.

I have set myself the goal of analyzing and describing in detail an image processing system that is accessible to everyone, and the final result is a vector graphic file that can be imported into irrigation system design programs to create stable, dimensionally correct and accurate plans.

To complete the task, I took the orthophotos with a DJI Mavic Air-2 drone, from the Hungarikum-Liget in Lakitelek. I photographed the entire area in three flight plans - two lower sub-areas and one higher full area.

I converted the images into a photo map using the Agisoft Metashape Pro 2.0.0 program. I segmented and classified the photo map using three different free image classification programs, eCognition, IDRISI, and QGIS, based on different RGB indices.

As a result of the segmentation and classification, I received a DXF file that not only showed the boundaries of the individual segments but also contained real information about the data of the individual segments, thus helping with the marginal issues that arise during irrigation planning.

During the production of the orthomosaic image, it was also possible to create a contour map, which can be handled by some irrigation planning programs (such as IrriCAD), thus providing a great help in determining the slope conditions and the water source.

The 3D model provides additional useful help during irrigation planning, as it allows you to walk around landmarks, and can look under objects that the top view image does not show. The shading of the area can be easily detected, which helps in choosing the right water application unit.

From the point of view of irrigation design, the final result of the work can only be used to a limited extent, since during the segmentation the vectors were created along the pixels, so the seemingly straight lines consist of many small nodes, which makes the work difficult. I did apply a node reduction algorithm, but the resulting edges already differed strongly from the original image.

Overall, it can be stated that the technology is available, the segmentation and classification can be successfully performed, and the output vector file, although limited, can be used to design an automatic irrigation system.

14.KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet szeretném kifejezni a szakdolgozatom elkészítésében nyújtott önzetlen és nagy szakmai alaposágú segítségért Verőné Dr. Wojtaszek Malgorzatanak és Dr. Túri Norbertnek.

Köszönöm a Hungarikum-Liget tulajdonosának, Molnár Arnoldnak, hogy lehetőséget biztosított a terület felméréséhez.

15.IRODALOMJEGYZÉK

- [1] V. W. Malgorzata, *FOTOINTERPRETÁCIÓ ÉS TÁVÉRZÉKELEÉS*, Székesfehérvár: Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, 2011.
- [2] K. J. –. T. N. –. K. G. –. B. Csaba, *DRÓNOK HASZNÁLATA A MEZŐGAZDASÁGI VÍZGAZDÁLKODÁSI*, Mosonmagyaróvár: Magyar Hidrológiai Társaság XXXV. Országos Vándorgyűlés, 2017.
- [3] V. D. W. Malgorzata, *Távérzékelés technológiai órai előadás*, Székesfehérvár, 2022.
- [4] B. Dynamics, „Spot® - The Agile Mobile Robot,” Boston Dynamics, 2023. [Online]. Available: <https://bostondynamics.com/products/spot/>.
- [5] D. P. Mátyás, *Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek*, Budapest: Nemzeti Közszerológati Egyetem, 2013.
- [6] A. Develops, „World's First Fully Operational Life-Size Hummingbird-Like Unmanned Aircraft for DARPA,” 2013. [Online]. Available: <https://www.avinc.com/>.
- [7] R. Austin, *Unmanned Aircraft Systems*, John Wiley and Sons, 2010.
- [8] M. Béla, *A térinformatika alapfogalmai, kialakulása, fejlődése*, Székesfehérvár: Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, 2010.
- [9] S. Norbert, *A precíziós növénytermesztési módszerek elemzése*, Mosonmagyaróvár: Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság és Élelmiszertudományi Kar, 2017.
- [10] V. D. W. Malgorzata, *Objektum-alapú képelemzés*, Budapest: Óbudai Egyetem Alba Régia Műszaki Kar, 2015.
- [11] G. C. G. J. Hay, *Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): A new name for a new discipline*, Berlin-Heidelberg, 2008.

- [12] K. J. D. T. Thomas Blaschke, *Object-Based Image Analysis for Vegetation Mapping and Monitoring*, 2010.
- [13] G. Zoltán, Szerző, *Raszteres adatok elemzése - QGIS használata műholdképek elemzéséhez*. [Performance]. 2023.
- [14] L. SZ DJI Technology Co., „Support for Mavic Air 2,” DJI, [Online]. Available: <https://www.dji.com/hu/support/product/mavic-air-2>.
- [15] Pix4D, „Ground control points: why are they important?,” 2019. [Online]. Available: <https://www.pix4d.com/blog/why-ground-control-points-important/>.
- [16] E. R. –. D. C. S. T. –. E. J. U. H. –. L. D. S. Hunt, *Remote sensing leaf chlorophyll content using a visible band index*, Agronomy Journal, 2011.
- [17] R. Pater, „Drone survival guide,” 2013. [Online]. Available: <https://www.librarystack.org/drone-survival-guide/>.
- [18] iStock, „iStockPhoto,” [Online]. Available: https://media.istockphoto.com/id/487114340/vector/drones-and-quad-copters-illustration.jpg?s=612x612&w=0&k=20&c=onTp_R59OaRo2D6BnXG4P-U_6QE8ZKlgc3KGQusOGsM=.
- [19] G. INC, „Google maps,” 2023. [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/@46.8956594,19.9649304,752m/data=!3m1!1e3?authuser=0&entry=ttu>.

16.ÁBRAJEGYZÉK

3-1. ábra Földi drónok területbejárásra [4]	5
3-2. ábra Velence bombázása - korabeli rajz [5]	7
3-3. ábra Hewitt-Sperry repülőgép az indító állványon [5]	8
3-4. ábra V-1 rekonstrukció - USAF [5].....	9
3-5. ábra Rotorkialakítások [7]	10
3-6. ábra Drónok leggyakoribb alakjai [8].....	10
4-1. ábra Galileo Galilei (1564-1642).....	11
5-1. ábra Földhivatali térképmásolat részlet	12
5-2. ábra Kertészeti rajz és a rajta lévő öntöző terv	13
5-3. ábra Ügyfél felmérése.....	14
7-1. ábra Hungarikum liget GoogleMaps képe [19]	17
7-2. ábra DJI Mavic Air 2 [15]	18
7-3. ábra Feladat elvégzésének lépései	19
7-4. ábra Központi terület repülési terve	20
7-5. ábra Nimród Footgolf területének repülési terve.....	20
7-6. ábra Teljes Hungarikum-liget repülési terve	20
8-1. ábra Ritka pontfelhő	21
8-2. ábra Pontháló	21
8-3. ábra Csempe modell	21
8-4. ábra Sűrű pontfelhő magassági színezéssel	21
8-5. ábra DEM modell	22
8-6. ábra Elkészült ortomozaik kép	22
8-7. ábra GCP pont rögzítés roverrel [16]	22
8-8. ábra Texturázott 3D modell.....	23
8-9. ábra Szintvonalak a 3D modellen.....	23
8-10. ábra Kamera korrekciós térkép.....	24
8-11. ábra Képek átfedésének száma.....	24
9-1. ábra eCognition programban szegmentált ortomozaik kép	26
9-2. ábra TGI index számítás eredménye	28
9-3. ábra Nyers, osztályozott eredmény.....	28

9-4. ábra Átlagoló filterrel módosított eredmény	28
9-5. ábra TDI Index eredménye	29
9-6. ábra Vektorizált, szegmentált TGI index.....	30
9-7. ábra Kerekített medián értékek az összevonás előtt és után.....	31
10-1. ábra Beimportált vektor állomány a ProContractor Studioban	32

17. TÁBLÁZATJEGYZÉK

7-1. táblázat DJI Mavic Air 2 fontosabb technikai paraméterek [15]	18
7-2. táblázat Alkalmazott szoftverek listája.....	18
7-3. táblázat Repülési program adatok	20