



SZAKDOLGOZAT

**UAV alkalmazásával készített nagyfelbontású
légifelvételek felhasználása
tervezési térkép készítéséhez**



SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Nyárai Milán

Neptun kódja: [REDACTED]

Képzés: Földmérő/Földrendező mérnök szak, geoinformatikus szakirány, nappali tagozat

Intézet: Geoinformatikai

Szakedolgozat száma: 426/2017

A dolgozat címe: UAV alkalmazásával készített nagyfelbontású légifelvételek felhasználása tervezési térkép készítéséhez

A dolgozat címe angolul: Application of UAV images for planning map

Feladat:

- Röviden írjon a tervezési térképek jellemzőiről, készítésük módjáról
- Szakirodalom alapján tekintse át az adatgyűjtési lehetőségeket!
- Vegyen részt egy tervezési térkép készítéséhez végzett drónos repülés tervezésében, végrehajtásában és a képek feldolgozásában!
- Az elkészített ortofotó mozaik alapján ellenőrizze annak pontosságát terepi mérések segítségével és értékelje a drónnal készített felvételek felhasználási lehetőségeit tervezési térkép készítéséhez!
- Összegezze tapasztalatait az UAV-val történő adatnyerés felhasználási lehetőségeinek szempontjából!

Beadandó munkarészek: műszaki leírás,

mérési jegyzőkönyvek digitális állományai

helyszínrajz

tervezési térkép

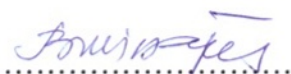
Intézményi konzulens neve: Balázsik Valéria mestertanár

A kiadott téma elévülési határideje: 2019. november

A beadás határideje: 2018. május 15.

A záróvizsga tárgyai: komplex záróvizsga

Székesfehérvár, 2017. október 24.



Dr. Busics György
intézetigazgató




Dr. habil. Györök György
dékán



ÓBUDAI EGYETEM

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: 2018.05.09.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1	BEVEZETÉS	5
2	UAV (UNMANNED AERIAL VEHICLE - PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰ)	7
2.1	ALKALMAZÁSI TERÜLETEK	8
2.2	UAV-K CSOPORTOSÍTÁSA	10
3	A REPÜLÉS FELÉRTÉTELEI	13
3.1	HAZAI JOGSZABÁLYI HÁTTÉR: A LÉGIKÖZLEKEDÉSRŐL SZÓLÓ TÖRVÉNY	13
3.2	UAV-VAL TÖRTÉNŐ REPÜLÉSEKHEZ TÖRTÉNŐ ELŐZETES MUNKÁLATOK	14
3.3	AZ ESETI LÉGTÉR KÉRELEM	14
3.4	HOGYAN KELL HELYESEN A KOORDINÁTÁKAT MEGADNI?	15
3.5	AZ ESETI LÉGTÉR IGÉNYBEVÉTELÉNEK DÁTUMA, A KEZDÉS ÉS BEFEJEZÉS IDŐPONTJA	15
3.6	AZ ESETI LÉGTÉR ALSÓ ÉS FELSŐ HATÁRA	16
3.7	BIZTOSÍTÁS	16
3.8	MIRE FIGYELJÜNK AZ ÜZEMELTETÉS SORÁN?	17
4	A FELADAT ISMERTETÉSE	18
4.1	MI A TERVEZÉSI TÉRKÉP	18
4.2	AZ ALKALMAZOTT UAV BEMUTATÁSA	20
5	A FELADAT VÉGREHAJTÁSA	22
5.1	IRODAI ELŐKÉSZÍTÉS	22
5.2	FÖLDHIVATALI ADATSZOLGÁLTATÁS	23
5.3	TEREPBEJÁRÁS	23
5.4	ILLESZTŐPONTOK MÉRÉSE	26
6	FELVÉTEL KÉSZÍTÉS UAV SEGÍTSÉGÉVEL	29
6.1	A DJI PHANTOM 4 PRO ÖSSZESZERELÉSE	29
6.2	TÁVIRÁNYÍTÓ ELŐKÉSZÍTÉSE	29
6.3	A DJI GO 4 FUNKCIÓK	31
7	FELDOLGOZÁS	36
7.1	A FELDOLGOZÁS MENETE	36
7.2	SZINTVONAL KÉSZÍTÉS	44
8	KIÉRTÉKELÉS:.....	46
8.1	KIÉRTÉKELÉS PIX4D-BEN	46
8.2	PCS BEMUTATÁSA	49
8.3	KIÉRTÉKELÉS PCS SEGÍTSÉGGEL	50
8.4	ÖSSZEHASONLÍTÁS	52
9	TERVEZÉSI TÉRKÉP ELŐÁLLÍTÁSA AUTOCAD-BEN:	53
10	PONTOSSÁG VIZSGÁLAT:	59
11	ÖSSZEFOGLALÁS	61
12	SUMMARY	63
13	KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	64
14	IRODALOMJEGYZÉK ÉS INTERNETES FORRÁS.....	65
15	ÁBRAJEGYZÉK	66

1 Bevezetés

Szakdolgozatom témáját azért választottam, mert úgy gondolom, hogy az UAV-k (Unmanned Aerial Vehicles) fejlődése nem fejeződött be és napról napra új távlatok nyílnak alkalmazásukkal. Mind a hordozóeszközök, mind pedig a rajtuk elhelyezett adatrögzítő berendezések egyre fejlettebb változatai jelennek meg a piacon. Véleményem szerint rövid időn belül egyes feladatoknál az UAV-k lesznek az első számú felmérő eszközök. Ezelső sorban annak köszönhető, hogy az UAV-kal megvalósítható technológiákkal időt, pénzt, energiát lehet megtakarítani. A földmérők számára ez lényeges szempont volt és lesz a jövőben is. A technológia további előnye még, hogy a terepen ellenőrizni tudjuk a felvételek minőségét, és ha szükséges, kis idő ráfordítással a felvételezés megismételhető. Hasonló áttörést a GPS-ek jelentették nagyjából 20 éve és a következő évtizedek is újabb technológiák kifejlődését eredményezték.

Szakdolgozatomban többek között arra kerestem a választ, hogy UAV segítségével elérhető-e az a pontosság, ami egy tervezési térkép előállításához szükséges, valamint idő, energia és anyagi szempontból előnyös-e ezt az új technológia a hagyományossal szemben.

Szakdolgozatom első felében röviden kitérek az UAV-k történetére, csoportosítására. Sokakban még mindig felmerül a kérdés, milyen vizsga, engedély stb. szükséges egy drónnal történő felméréshez. Erre a kérdésre külön kitérek a repülés feltételei fejezetben.

A feladat részletes ismertetése után bemutatom a repülés irodai előkészítését és gyakorlati végre hajtását. Az irodai előkészítésnél kitérek arra is, hogyan a legegyszerűbb a felmérendő területet kijelölni. Itt jegyezném meg további előnyként, hogy a terület kijelölését módosíthatom a terepen, ha bármilyen akadály merülne fel, ami a terepbejárás során még nem volt megfigyelhető.

A terepi mérést követően a feldolgozás és kiértékelés lépéseit mutatom be. Mivel egy olyan szoftverrel végeztem a feldolgozást és a kiértékelést, ami jelenleg még nem túl elterjedt, ezért igyekeztem gyakorlatiasan és jól áttekinthetően bemutatni a lépéseket. Jól látható lesz, hogy csupán néhány funkció alkalmazásával lehetséges egy ortofotó és egy pontfelhő előállítása.

A kiértékelés fejezetben két szoftvert is bemutatok előnyökkel és hátrányokkal, valamint rámutatok arra is, hogy a mai szoftverekkel jóval egyszerűbb egy kiértékelés, és kevesebb tapasztalattal is elvégezhető a feladat.

Végezetül a tervezési térkép előállításának menetét mutatom be AutoCAD szoftver alkalmazásával, illetve választ keresek arra a kérdésre, hogy kellő pontosság érhető-e el az UAV-val megvalósított adatnyeréssel.

2 UAV (UNMANNED AERIAL VEHICLE - PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰ)

Az UAV-k megjelenése közel 100 éve történt. Nagy szerepe volt ebben Archibald Montgomey Low angol feltalálónak, aki a rádió irányítású rendszerek területén ért el nagy sikereket. Az első világháború volt az az időszak, amikor először használtak valóban pilóta nélküli rendszereket. Ezek olyan speciálisan átalakított rendszerek voltak, amelyekre giroszkópot, magasságmérőt és időzítőberendezést helyeztek el.

Az igazi modern UAV-kat a vietnámi háborúban vetették be, amikor is több mint 3000 repülést hajtottak végre. A repüléseknek a célja leginkább a felderítés volt. Annak érdekében, hogy az UAV-k radarral történő észlelése nehezebb legyen, a gépeket radarhullám elnyelő festékekkel vonták be. A technikai fejlődésük megállíthatatlan volt. Fokozatosan növelték a hatótávolságot, a gyorsaságot, a levegőben töltött idő hosszát.

A gyártási technológia fejlődött, az alkatrészek és a gépek miniaturizálása vezetett ahhoz, hogy polgári felhasználásra is alkalmassá váltak. Az ilyen pilóta nélküli rendszerek nagy előnye, ahogy a nevében is benne van, hogy a személyzet életének kockáztatása nélkül tudunk vele repülést végrehajtani. Nagy újítás volt a nem mechanikus elven működő giroszkóp és a tájékozódást segítő műholdas navigációs rendszerek megjelenése. A vezeték nélküli kommunikáció és az akkumulátorok fejlődése lehetővé tette, az egyre nagyobb távolságok elérését a vezető személytől, (kontrollertől). A technológia fejlődése is hozzájárult ahhoz, hogy a vásárlók köre is kibővült. Manapság jól elkülöníthetők a hobbi és a professzionális célra alkalmazható eszközök.

Magyarországon az első UAV-t közel 20 éve fejlesztették ki a Haditechnikai Intézetben a Cseh köztársasággal közreműködve. A pilótnélküli eszközök fejlődését egyértelműen a háborúk sürgették, manapság azonban már nem a pusztítás az elsődleges cél. Gyakorlatilag az emberi képzelőerő szab határt annak, hogy milyen célra használjuk. Jellemzően ez oktatás, kutatás, kísérlet, felmérés vagy egyszerűen csak szórakozás.

(1)



1. Ábra: Az első brit pilóta nélküli légi jármű.

forrás: <https://skyward.io/marilyn-monroe-and-the-origin-of-drone/>

2.1 Alkalmazási területek

Megkülönböztetünk állami és polgári pilóta nélküli járműveket. Az államhoz tartoznak a honvédelmi, vámhatósági, határvédelmi és a rendőrségi eszközök. Esetünkben polgári célú felhasználásról beszélünk. Ezeknek a száma jelentősen nagyobb. Minden eszközt, legyen szó az UAV-ról vagy egy autóról, akkor fejlesztenek, ha van rá piaci kereslet és igény. Ez az igény a földmérésben egyértelműen jelentkezik, jelenleg a térképezésben az UAV-k szerepe megkérdőjelezhetetlen.

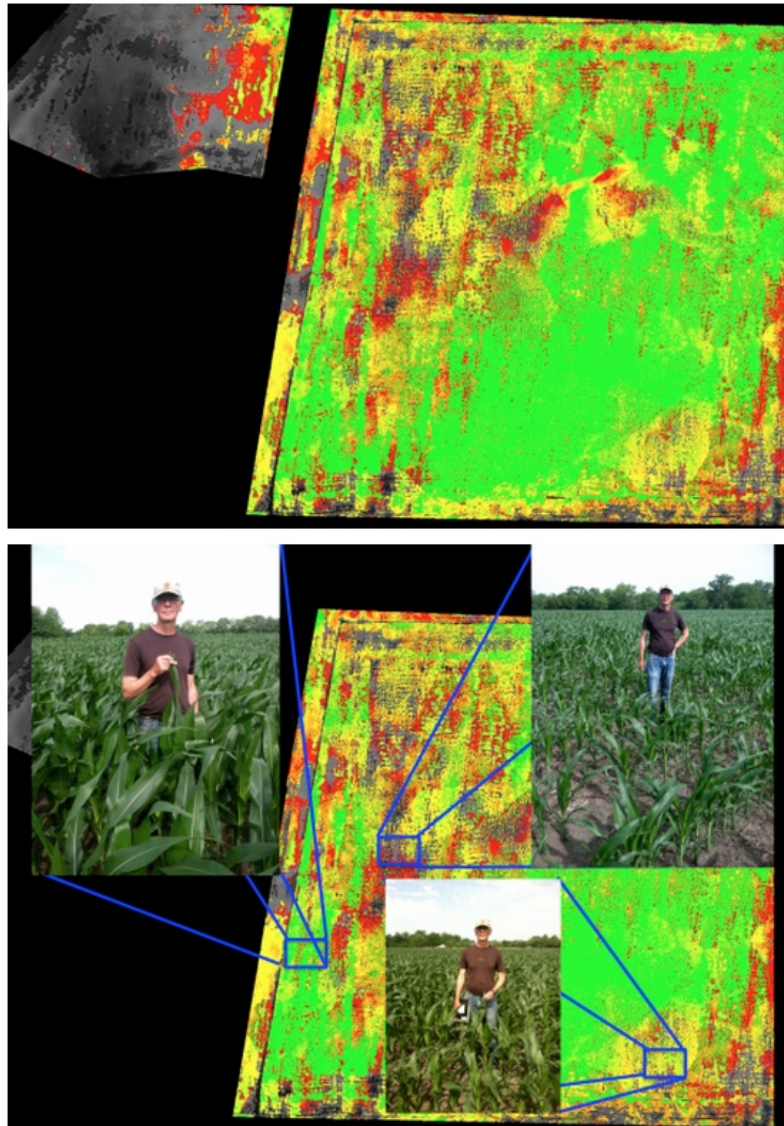
Ma már olyan stabil gépeket gyártanak, amik megfelelőek fotogrammetriai szempontból és kellő pontosságot tudnak biztosítani. Ez a technológia sok földmérő számára új és mérlegelni kell, hogy érdemes-e áttérni egy régóta megfelelően működő technológiáról egy újra. Saját tapasztalataim szerint érdemes, mivel rengeteg időt, pénzt és energiát tudunk megspórolni. Az UAV-k előnye az időtakarékoság, amelyet a szakdolgozatom mérésénél is tapasztaltam, mert, ha nem drónnal, hanem földi méréssel végeztük volna el a feladatot, amely egy 4,75 hektáros terület tervezési térképének elkészítése volt, több napig is eltartott volna. További előnynek mondható, hogy felgyorsult az adatnyerés, illetve már olyan területekről is nyerhető adat, amely nehezen, vagy egyáltalán nem

közelíthető meg, például esőerdők, mocsaras területek. Vannak természetesen olyan feladatok is, ahol nem jöhet szóba az UAV-s eszközzel történő felmérés például tiltott légterek, magasfeszültségű vezetékek és vasbeton hidak közelében (Vasbeton hidak közelében az iránytű nem minden esetben működik megfelelően). Azokban az esetekben amikor több módszer(földi,légi) is alkalmas a feladat elvégzésére, döntő tényező lehet a terület elhelyezkedése, nagysága, felszínborítottsága, illetve a feladat elvégzésére szánt idő. Új korszak nyílt a földmérésben az UAV-k megjelenésével, hasonlóan, mint amikor az első GPS-ek megjelentek. Az UAV-ben rejlő lehetőségek végtelenek. A lézerszkennerek méretének és súlyának csökkenése lehetővé tette, ezeknek az eszközöknek az UAV-re történő rögzítését. A pilóta nélküli járművek terhelhetősége olyan mértékben nőtt, hogy alkalmasak nagy felbontású kamerák vagy spektrométerek szállítására, amit például a mezőgazdaságban is tudnak alkalmazni. A termőföldek állapotáról pontos információ nyerhető például vadkár, mezőgazdasági információk (kártévők lokalizációja, ültetvénytípus ellenőrzése, termés becslése. (2. Ábra) Nagy előnye a műhold felvételekkel szemben, hogy jobb felbontású képet kapunk, légköri zavaroktól mentes, olcsóbb előállítani és igény szerint sűrűbben megismételhető.

Az UAV-k alkalmazása elterjedt a bányaméréseknél, valamint rengeteg más térinformatikai területen, például a vasútvonalak vagy autópályák állapotfelmérése vagy állapotmegfigyelése. Polgári felhasználásnál manapság nagyon népszerű a sportesemények és rendezvények közvetítése (pl. Fesztiválok, tüntetések stb.) közvetítése. Az egyik legjobban várt technikai újítást a Facebook fejleszti. A projekt neve Aquila. Lényege, hogy az UAV-k olyan területeken is biztosítanak internet szolgáltatást, ahol az infrastruktúra kiépítése nehézkes vagy, lehetetlen. A cél az, hogy egy olyan UAV-okból álló flottát hozzanak létre, amely képes több hónapon keresztül a levegőben maradni napelemek segítségével.

Ez pár példa volt, de ezeken kívül természetesen több helyen alkalmaznak még UAV-t. Például: filmezés, termésbecslés, olaj-, víz-, távvezetés ellenőrzés, napelemparkok felügyelete, szélturbina vizsgálat, külszíni bányászat, erdészeti felmérés, katasztrófavédelem, kutatás-mentés, vadonélő állatok felügyelete, környezetvédelem, épületdigitalizálás, haditechnika, építkezések felügyelete, biztosítás, kárfelmérés stb.

(1) (2)



2. Ábra: Termény állapotfelmérés. A zölddel jelzett területen magasabb és egészségesebb a termény minta sárgával jelzet területen.

forrás: <https://bestdroneforthejob.com/drone-buying-guides/agriculture-drone-buyers-guide/>

2.2 UAV-k csoportosítása

Az UAV-kat több szempont alapján lehet csoportosítani:

- méret,
- szárnyszerkezet,
- hasznos teherbírás,
- sebesség,

- hatótávolság,
- repülési magasság,
- meghajtás módja,
- repülési idő,
- irányítás módja stb.

A csoportosítások közül a szárnyszerkezet az, ami kívülről azonnal megkülönböztethető. Ez alapján megkülönböztetünk merevszárnyú és rotoros koptereket. Mindkettőnek van előnye és hátránya is.

Kezdjük a merevszárnyúakkal. (3. Ábra) Ezeknél a legnagyobb előny, hogy tovább képesek a levegőben maradni, mint a kopterek. Ezeket szokták alkalmazni a termőföldek, erdők állapotfelmérésnél, mivel ilyen esetekben nagyobb területeket kell berepülni. Stabilabbak, ami pontosabb felmérést tudni biztosítani, mivel kisebb a rezonancia. Hátrálynak tekinthető, hogy nem tudnak egy helyből a levegőbe emelkedni és jóval drágábbak.



3. Ábra: Merevszárnyú UAV (Topcon gyártó)

forrás: <http://www.todrone.com/jornada-drones-mobile-mapping-topcon/>

A földmérők többsége koptereket használ. A kopterek további két csoportra oszthatók fel. Klasszikus helikopterekre és multikopterekre. A legnagyobb különbség, hogy a multikopterek fix forgószárnyakat használnak és azok sebességének növelésével emelkednek a levegőbe. Több fajta létezik, különböző számú karral, rotorral és motorral. Ezekről elmondható, hogy stabilabbak, mint a helikopterek. Legnépszerűbb modellek a quadrokopterek (4. Ábra), melyeknek 4 karjuk van és 4 rotor helyezkedik el rajtuk. Nagy előnyük, hogy képesek helyből felemelkedni, ami a városi felméréseknél fontos lehet. Hátrányuk, hogy viszonylag rövid ideig képesek a levegőben maradni (kb. 20 percet).

(1)



4. Ábra: Quadro kopter (DJI Phantom 4 pro)

forrás: <https://www.dji.com/products/compare-consumer-drones>

3 A REPÜLÉS FELÉTÉTELEI

3.1 Hazai jogszabályi háttér: a légiközlekedésről szóló törvény

Az UAV-k használatát szabályozni kell, és szükséges egy megfelelő jogi háttér ahhoz, hogy a polgári légtérben való alkalmazásuk biztonságos legyen. Az UAV-k megjelenésével a légtér szerkezetét is módosítani kellett és fel kellett állítani egy megfelelő hatóságot. Ezek az intézkedések a saját és mások vagyoni és testi épségét védik. Egy ilyen eszköz elérheti a 10 kg súlyt is, ami komoly károkat tud okozni, ha nem megfelelő személy végzi a repülést. Magyarországon a Nemzeti Közlekedési Hatóság felelős a légi közlekedés biztonságáért, épp ezért ők voltak, akik kezdeményezték a jogi szabályok megalkotását. Ezeknek a jogi szabályoknak a kezdete Magyarországon 1995-re nyúlik vissza.

Magyarországon az 1995. Évi XCVII. Törvény az, ami tartalmaz rendelkezéseket a pilóta nélküli légijárművekről. Ez a törvény kimondja, hogy azok az eszközök minősülnek pilóta nélküli légijárműnek, amelyeket úgy terveztek és gyártottak, hogy az irányítását nem a fedélzetről végzik. A törvény ezért ezeket az eszközöket elkülöníti a hagyományos légijárművektől, tehát ezeknél nincs szükség szakszolgálati engedélyre, üzemben tartási engedélyre, tevékenységi engedélyre.

A 2016. december 31-étől hatályos légiközlekedésről szóló törvénymódosítás kimondja, hogy a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. Köteles egy olyan alkalmazást üzemeltetni, ami a pilóta nélküli légijárművek felhasználóit támogatja.

2017. január 01. napjától a pilóta nélküli légijárművel történő repülésekhez nincs szükség tevékenységi engedélyre.

A kereskedelmi célú repülések esetén szükség van eseti légtér engedélyre és bejelentésre a légiközlekedési hatóság felé.

A légiközlekedési törvény „felhasználóbarát” mivel különbséget tesz a sport, magáncélú és a kereskedelmi célú repülések között. Ez abban mutatkozik meg, hogy a sport és magáncélú repüléseket nem kell bejelenteni, de a megfelelő légtér engedély számukra is szükséges.

A bejelentést egy formanyomtatvány segítségével tudjuk megtenni, amit az NKH honlapjáról tölthetünk le, amelyet legkésőbb a repülést megelőző napon kell elküldeni.

(2) (3)

3.2 UAV-val történő repülésekhez történő előzetes munkálatok

Az UAV-val történő repüléseket korlátozni kellett a vagyon és személyvédelem miatt. Az eseti légtér kérelem elsősorban azért is fontos, hogy a repülés során az adott légtérben, ne találkozzunk másik légi járművel és elkerüljük ezzel az összeütközés lehetőségét.

3.3 Az eseti légtér kérelem

A 4/1998. (I.16.) Korm. rendelet 1. § (3a) bekezdése írja le, a légtér kijelölésének szükségességét.

Ez a kormányrendelet tartalmazza, azt, hogy a pilóta nélküli légijárművel való repülésekhez szükséges az eseti légtér kijelölése.

Az eseti légtér igényelni kell abban az esetben is, ha a tevékenység, amit folytatunk veszélyeztetheti a légiközlekedés biztonságát. (pl. Rakéta kilövések, légibemutatók, rendezvények, versenyek)

Az eseti légtér kijelölésére fenntartott igényünket a katonai légiközlekedési hatóság (Honvédelmi Minisztérium Állami Légügyi Főosztály) részére kell benyújtani, legalább 30 nappal a tervezett repülés előtt. Ezt benyújthatjuk postán vagy elektronikus úton.

A légtér oldalhatárainak koordinátái WGS-84 rendszerben kell megadni. Meg kell határozni a légtér igénylés indokát és a tevékenységet. Meg kell nevezni a légtérben a légiforgalom szervezéséért felelős személyt és elérhetőségét. 2017 júliusától repülési biztonsági kérdőívet is kikel tölteni.

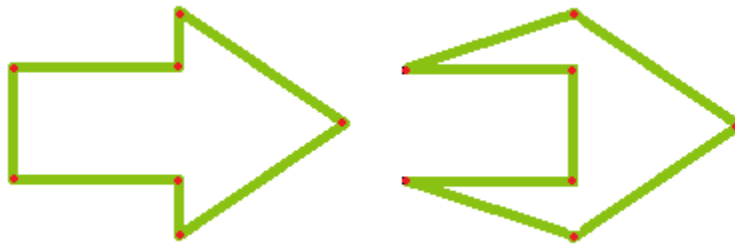
A földmérésben való alkalmazásuknál az egyik legnagyobb problémát ez jelenti. Ha szeretnénk teljesen hivatalosan végrehajtani egy repülést, legalább 30 nappal a repülés végrehajtása előtt be kell nyújtani a kérelmet. Tapasztalataim szerint a 30 napos várakozási idő, nem betartható, mivel az ügyfél nem minden esetben tud 30 vagy több

napot várni egy munkára. Ugyan a legtöbb országban szintén szabályozzák a pilóta nélküli repülést, de Magyarországon kell a legtöbbet várni, hogy hivatalosan repülhessünk.

(3) (2)

3.4 Hogyan kell helyesen a koordinátákat megadni?

Az eseti légtér koordinátáit tizedesjegy kiírása nélkül, fok, fokperc és fokmásodpercben kell megadni. Az oldalhatár pontok megadásánál, fontos, hogy az alakzat pontjai kövessék egymást. Jól látható a képen (5. Ábra), hogy más fajta alakzatot tudunk megadni ugyanazokkal a koordinátákkal, ha nem figyelünk a sorrendre.



5. Ábra: látható, hogy ugyan azokkal a koordinátákkal mást alakzatot is leírhatunk. forrás:

<http://legter.hu/eseti-legter/>

Lehetőség szerint érdemes körrel megadni a területet, megadva a középpontot és a sugár hosszát.

(3)

3.5 Az eseti légtér igénybevételének dátuma, a kezdés és befejezés időpontja

A repüléssel úgy kell számolni, hogy a beadás napjától számított 30. Napon lesz érvényes az igénybevétel és 30 napnál nem tovább tudjuk igényelni a légteret. Az időtartamot UTC időben kell megadni. Mivel Magyarország az UTC+1 zónában található, így nyáron a helyi időtől számolva +2 óra, télen pedig +1. Ha nem szeretnénk pontos időt írni, mert a

repülés időpontja kérdéses akkor lehetőségünk van napkeltétől napnyugtáig igényelni a légtér (Ezt „SR-SS”-el szoktuk jelölni).

(3)

3.6 Az eseti légtér alsó és felső határa

A tengerszint feletti magasságot kell megadni a légtér határainak, láb mértékegységben. Ennek a rövidítése az AMSL (Above Mean Sea Level). Alsó határ a földfelszín, amit „GND”-nek is szoktak rövidíteni.

(3)

3.7 Biztosítás

A pilóta nélküli járművek, ahogy a nevében is benne van pilóta nélküliek, de ettől függetlenül van vezetőjük. A vezető személy ugyan úgy balesetet tud okozni vele, mint egy autóval. Nem megfelelő használat következtében anyagi károkat tud okozni, (Pl. Betörheti a szélvédőt, vezetékekben kárt tehet, épületnek csapódhat) de bizonyos esetekben személyi sérülés is történhet. A szigorú szabályozások kimondják, hogy kötelező biztosítással kell rendelkezni a vezető személynek, függetlenül attól, hogy üzleti vagy hobbi célú felhasználás történik. A drón által okozott kár esetén a biztosító térítést nyújt. Jelenleg több biztosító cégnél is köthető ilyen biztosítás. (Allianz, Groupama stb.)



6. Ábra: Etikai elvárások. forrás: Dronesys Kft.

3.8 Mire figyelünk az üzemeltetés során?

- Hobbi és Sport célú repüléseket csak külterületen hajthatunk végre.
- Más tulajdona felett legalább 30 m magasan kell repülni, kivéve, ha a tulajdonos engedélyt ad.
- Lakóházat maximum 100 méterre közelíthetünk meg.
- Lakóterület feletti repüléseknél kötelező kijelölni a fel és leszálló, illetve a vészleszálló területet.
- Lakóterület felett a drónt ki kell világítani.
- Elsőbbségadási kötelezettségünk van más légitörvényekkel szemben.
- A légtérállapotot a felszállás előtt ellenőrizni kell.
- A meteorológiai adatokat a repülés előtt ellenőrizni kell.
- A megengedett felszállási tömegnél nagyobb tömeggel tilos felszállni.
- Emberek fölé (pl. Rendezvényen) csak külön írásos engedéllyel repülhetsz.
- Országhatár 60 méteres körzetében tilos repülni.

4 A FELADAT ISMERTETÉSE

Tervezési térkép készítése, földkábel létesítéséhez céges megbízás alapján. A tervezett nyomvonal a rendelkezésemre állt, amelyet a megrendelő cég biztosított számomra. Ez alapján kellett a mérést tervezni és végrehajtani. A mérésből származó képekből előállított pontfelhő, majd az abból nyert ortofotó segítségével elvégeztem a kiértékelést. A felmérés pontosságának vizsgálatához GPS-el terepi pontokat mértem, amelyek koordinátáit kiértékelésből származó pontok koordinátaival hasonlítottam össze.



7. Ábra: A megrendelő cégtől kapott terv. Pirossal a tervezett földkábel helye látható.

4.1 Mi a tervezési térkép

A tervezési alaptérkép készítésekor a felméréendő területen lévő létesítmények, szerelvények (utak, épületek, víz, gázvezeték, tűzcsap, lefolyó, csatorna, lámpa, kerítés,

támfal, fa, útburkolatok, szegélyek, kerítések stb.) geodéziai bemérését kell elvégezni magassági és vízszintes értelemben.

A tervezési térkép tartalma összetett. Tartalmaznia kell az összes meglévő létesítményt. Magassági értelemben több szempontot is figyelembe kell venni. Előfordul, hogy egy-egy létesítményt csak úgy tudnak elhelyezni, hogy a terepfelszínt mesterségesen alakítják ki. A magasságot szintvonalakkal fejezzük ki. A magasságok sok esetben az ilyen térképeken relatív az az helyi magasságok. A szintvonalas ábrázolás segít az építésznek a tervezésben, hiszen a domborzati viszonyokat, meredekséget jól ábrázolja. Tervezhetővé válik a felszíni csapadékvíz elvezetése is. A tervezési alaptérkép segítségével az építészek a tervezést a lehető legköltséghatékonyabban tudják megtervezni.

A földmérő által készített tervezési alaptérképet az építészekon kívül használhatják még az úttervezők, közműtervezők vagy akár a kertépítők is.

Mivel az építkezés előtti állapotot és a földrészlet határokat is rögzíti így sok esetben, ha pereskedésre kerül sor, perdöntő lehet a tervezési alaptérkép.

A térkép nagyméretarányban jelenik meg. Nem ritkák a nagy területű beruházások manapság és ebben az esetben érdemes a térképet szelvényrendszerben elrendezni. Az ilyen nagy beruházások esetén problémát okozhat, hogy rengeteg objektum és részlet található a területen és nehéz mindet értelmezni és átlátni. Ezért az olyan létesítményeket, amelyek nincsenek helyzeti vagy funkcionális kapcsolatban önálló rajzként szoktuk megjeleníteni.

A tervezési térképen a már elkészült létesítményeket lehetőségünk van ábrázolni. Ez egy fajta ellenőrzést és hiba kiszűrést is nyújt nekünk, mivel össze tudjuk vetni a kivitelezett állapotot a tervezettel.

Vízszintes értelemben alaprajzokkal, jelkulcsi jelekkel és megnevezve kell ábrázolni a létesítményeket.

A szabályzati melléklet alapján lehet megválasztani az ábrázolási módot. Kivételes esetben előfordulnak olyan szakági létesítmények (pl. Olajipari objektumok), amelyeket a szakágban előírt jelkulccsal kell megjeleníteni.

(5) (6)

4.2 Az alkalmazott UAV bemutatása

A feladat elvégzéséhez a cégnél rendelkezésre álló DJI Phantom 4pro-t használtuk. A DJI cég ma jelenleg az egyik vezető drón/UAV fejlesztő. A Phantom 3 volt az, ami elterjedt a földmérők körében. Azon belül is az Advanced és a Professional. Ezek voltak azok az első típusok, amiket a szakma is tudott megfelelően alkalmazni. Ezek már használták a GPS és a GLONASS műholdas helymeghatározó rendszereket

A cég legújabb és legjobb modelljét 2016 végén piacra dobták. A DJI Phantom 4pro-t. Az előző családtagjaihoz hasonlóan ez is alig több 1 kg-nál. (1388 gramm) Ez a modell már egy 1 inches 20 megapixeles CMOS szenzoros kamerával van felszerelve. Nagy újítás, hogy az élesség állítás itt már nem fix hanem automatikus.

Ez az első olyan DJI modell, amelynek a kamerája mechanikus zárszerkezettel van ellátva. Ez azért is fontos, mert ezzel elkerülhető az úgynevezett „rolling shutter” torzítás, ami akkor fordulhat elő, ha egy gyorsan mozgó tárgyat fotózunk vagy nagy sebességgel hajtjuk végre a repülést. Videót 4k minőségben és 60 fps-ben képes rögzíteni, amit jelenleg egyik vetélytársa sem. Ilyen minőség rögzítéshez természetesen elegendő tárhely is kell, ami nem akadály hiszen maximálisan 128 GB méretű SD kártyát tudunk belehelyezni.

A hatótávolság 7km-re nőtt. Ezt a távolságot az előző modellek azért sem tudták volna kihasználni, mert az akkumulátor nem bírta volna.

Az eszköz 6000mAh-es akkumulátorral van ellátva, ami nagyjából 30 perces repülési időt biztosít a felhasználónak. Természetesen ez az időtartam függ az időjárási körülményektől, ugyanis erős szembe szélben a szükséges nagyobb teljesítmény miatt hamarabb merül az akkumulátor. Ezért volt fontos, hogy a repülést úgy terveztük, hogy

megfelelően tiszta és szélcsendes idő legyen. Értékes újítás, hogy az akkumulátort ellátták egy túltöltési és túlmerítési funkcióval, ami automatikusan kikapcsolja a töltést, ha eléri a teljes töltöttséget.

A váz egy magnézium titán ötvözetből készül, ami merevebb és könnyebb, mint az előző modellek esetében. Magas felbontású sztereo érzékelő készlettel van ellátva, amely 5 irányban képes érzékelni az akadályokat. Ezeknél az eszközöknél gyakorlatilag a felszállás leszállás egy gombnyomás hatására történik. A felmérés után ez az eszköz a felszállási pontra automatikusan visszatér. Ezért fontos a megfelelő „Home point” kiválasztása. A visszatéréshez azonban szükséges, hogy már az elején legyen megfelelő GPS kapcsolat, ami rögzíteni tudja a felszállási pozíciót. A Phantom 4 pro egy tovább fejlesztett „return to home” funkciót kapott, ami képes kiválasztani automatikusan a legjobb hazatérési utat.

(7)



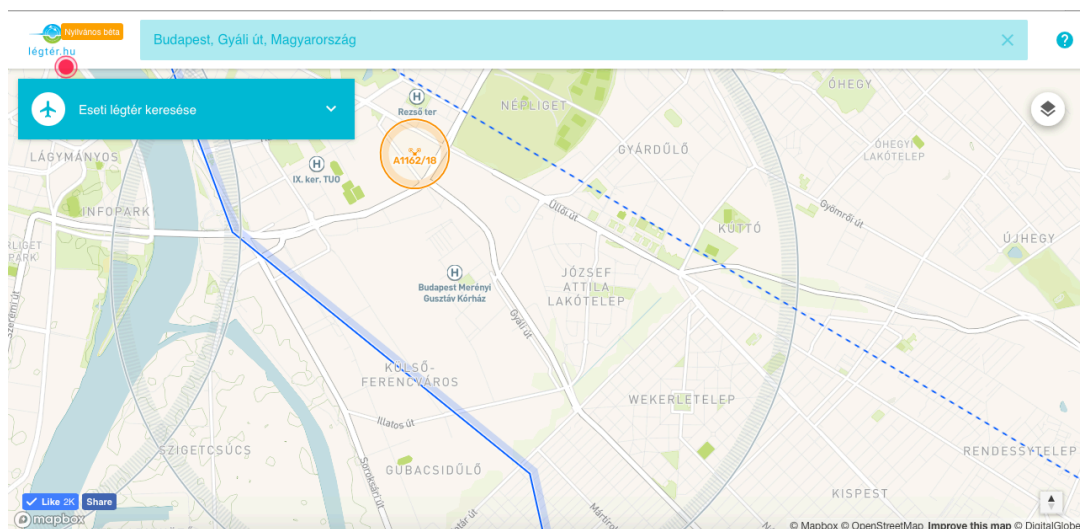
8. Ábra: Az alkalmazott UAV. (Phantom 4 pro)

forrás: <https://www.sandmarc.com/products/aerial-filter-for-dji-phantom-4-pro>

5 A FELADAT VÉGREHAJTÁSA

5.1 Irodai előkészítés

Miután megkaptuk a felmérendő terület pontos címét, a Google maps segítségével letudjuk ellenőrizni a területet. Például látni fogjuk, hogy a terület mennyire megközelíthető, illetve a terület milyen mértékben fedett. Ezután ellenőriztem a www.legter.hu weboldalon, hogy végezhetek-e repülést az adott légtérben. (9. Ábra) Erre a légtér kereső menüben kaptam választ, mert a felmérendő terület nem esett többek között, sem veszélyes, sem tiltott légtérbe.



9. Ábra: A legter.hu segítségével ellenőrizhetők az adott légtéri korlátozások.

Veszélyes légtérnek minősül a lőterek feletti légtér. Ezeken a területeken a katonai és rendvédelmi szervek folytatnak tevékenységet. Az ilyen területekre külön jogszabály vonatkozik és csak abban az esetben tervezhető repülés, ha az illetékes szervtől kapunk engedélyt.

Tiltott légtérben pedig tilos közlekedni és itt nincs lehetőségünk engedélyt kérni. A légiközlekedési hatóság sem adhat engedélyt ilyen területen. Ilyen légtér Paks és Csillebérc térségében található.

A környezetvédelmi területek felett történő repüléshez külön környezetvédelmi hatósági engedély is szükséges.

Fontos a repülést úgy tervezni, hogy az időjárási körülmények megfelelőek legyenek. (Ne legyen szél, csapadék és szélsőséges hőmérsékleti viszony.) Az Országos Meteorológiai Szolgálat weboldalán a www.met.hu-n tájékozódhatunk az időjárási körülményekről.

5.2 Földhivatali adatszolgáltatás

A földhivatalból kikértük a felmérendő területről az adatokat, helyrajzi számok alapján. Ez egy DXF állományt jelent, ami tartalmazza a birtokhatárokat, illetve a meglévő épületek elhelyezkedését, valamint látható, hogy maga a tervezett földkábel valóban kivett közterületre esik.

5.3 Terepbejárás

Az irodai előkészítést követi a terepbejárás, ahol további információkat gyűjtünk a felmérendő területről. Meg kell állapítani, mely részek nem lesznek láthatók a légifelvételen, például a falomb kitakarás miatt. A nem látható részeken földi mérést kell alkalmazni (GPS vagy mérőállomást).

Ügyelni kell arra is, hogy található-e a közelben adótorony (ami zavarhatja a drón GPS-ét), vagy magas épület, amihez képest kell tervezni a repülési magasságot. A legújabb modellek már felszerelték, olyan érzékelőkkel, amelyek nem engedik az eszközt akadálnak csapódni. A felmérés során kettő ilyen akadály is volt. A METRO parkolóban található egy adótorony (10. Ábra), ami miatt fokozatosan figyelni kellett a repülés végrehajtására, mivel több problémát is okozhat (jelvesztés vagy jelzavarás).



10. Ábra: Figyelni kell az ilyen és ehhez hasonló magas adótornyokra, ha repülést végzünk.

Érdemes a terepbejáráson kiválasztani a fel és leszállási pontot, amit „Home point”-nak (11. Ábra) is szokás nevezni. Ennek nyílt terepen kell lennie, hogy akadálymentesen tudjon az UAV földet érni. A felmérendő terület nagyságától függően kiválasztjuk mennyi illesztőpontra lesz szükségünk. Mi 8 db illesztőpontot használtunk a területen. Eldöntöttem, hogy milyen fajta illesztőpontot fogok használni a felmérés során. Ennek kiválasztása leginkább a terep viszonyoktól függ, például növényvel borított területen nem alkalmazható festés jelölésként, ezért ilyen területen érdemes fekete-fehér könnyen és egyértelműen azonosítható jeleket használni. Ezeket a 4 sarkuknál kell rögzíteni a mozdulatlanság miatt.



11. Ábra: A kiválasztott "Home point"

A munkavégzés területét leginkább aszfalt borította és jól láthatóak voltak az útburkolati jelek. Ezért elegendő volt az illesztőpontokat festéssel jelölni a repülés napján. (12. Ábra) Ha festést használunk érdemes az útburkolati jelek sarkai közül választani (kis forgalmi út), amelyeket a kiértékelésnél pontosan és könnyen tudunk azonosítani. A festés nagy előnye továbbá, hogy garantáltan mozdulatlan az illesztőpont.

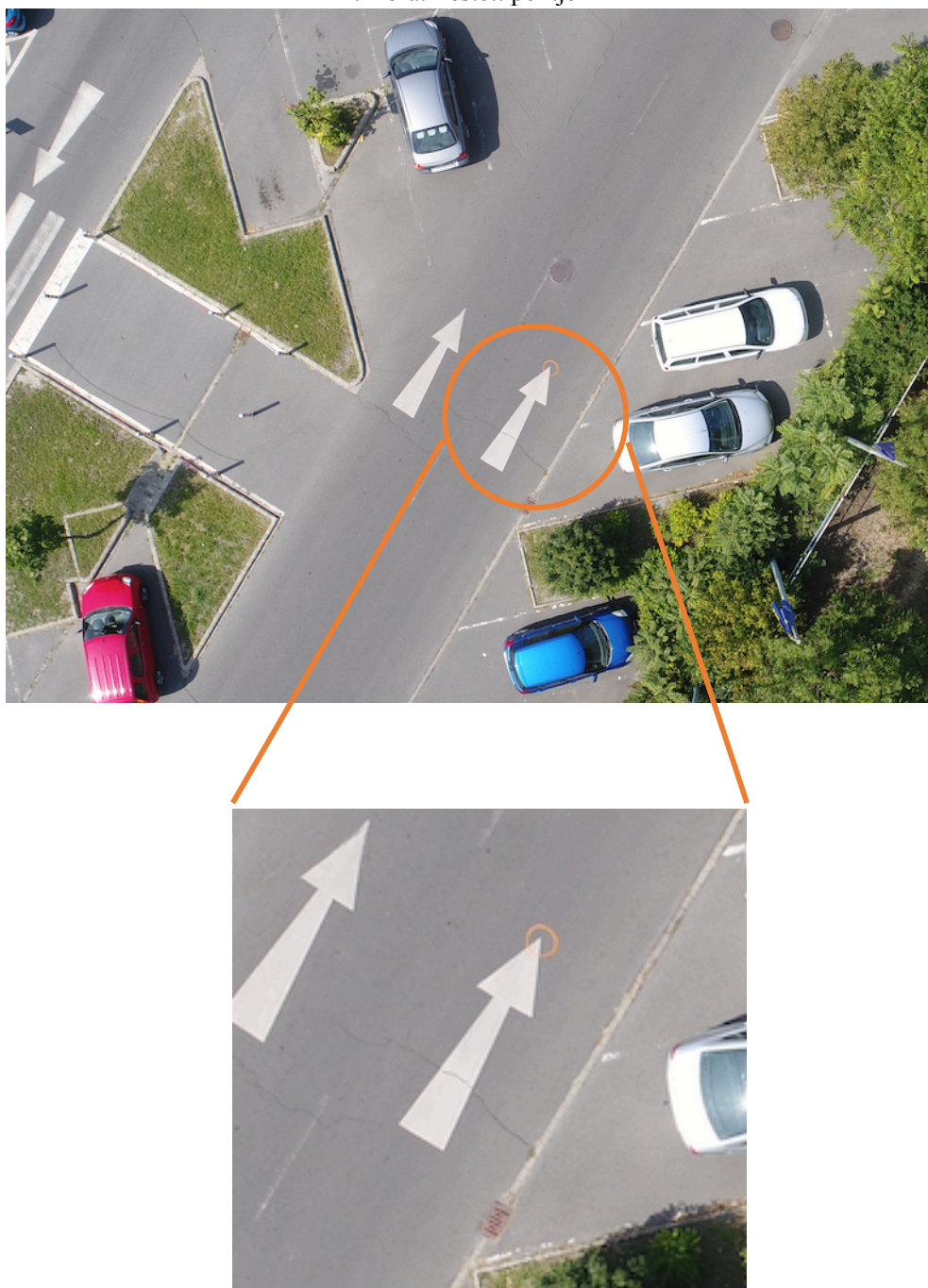
Bizonyos esetekben a pontjelek elmozdulhatnak, főleg külterületeken, ahol pl.

állatok vagy túrázók akaratlanul is elmozdíthatják őket. Ezért mozgatható pontjelek esetén mindig a felmérés előtt és után is meg kell mérni a pontjelek koordinátáit, ezzel vizsgálva a mozdulatlanság tényét.

5.4 Illesztőpontok mérése

Az illesztőpontok bemérését egy Leica Viva gs08 plus GPS segítségével végeztem el, miután megfestettem a mérendő illesztőpontokat.

12. Ábra: Festett pontjel



13. Ábra: A kinagyított illesztőpont

Alkalmazott GPS bemutatása:

GPS eszközként a Leica Viva gs08 (14. Ábra) plus-t használtam. Ez a GPS egy kompakt és kábelmentes GNSS, kétfrekvenciás vevő, ami képes az amerikai GPS és az orosz Glonass műholdakat is venni.

A pozicionálási sebesség 1-ről 5Hz-re nőtt. 120 csatornás a vevő. A CS10 controller-nek már megszokott letisztult és egyértelmű menü rendszere van, aminek a kezelését könnyen elsajátíthatjuk.

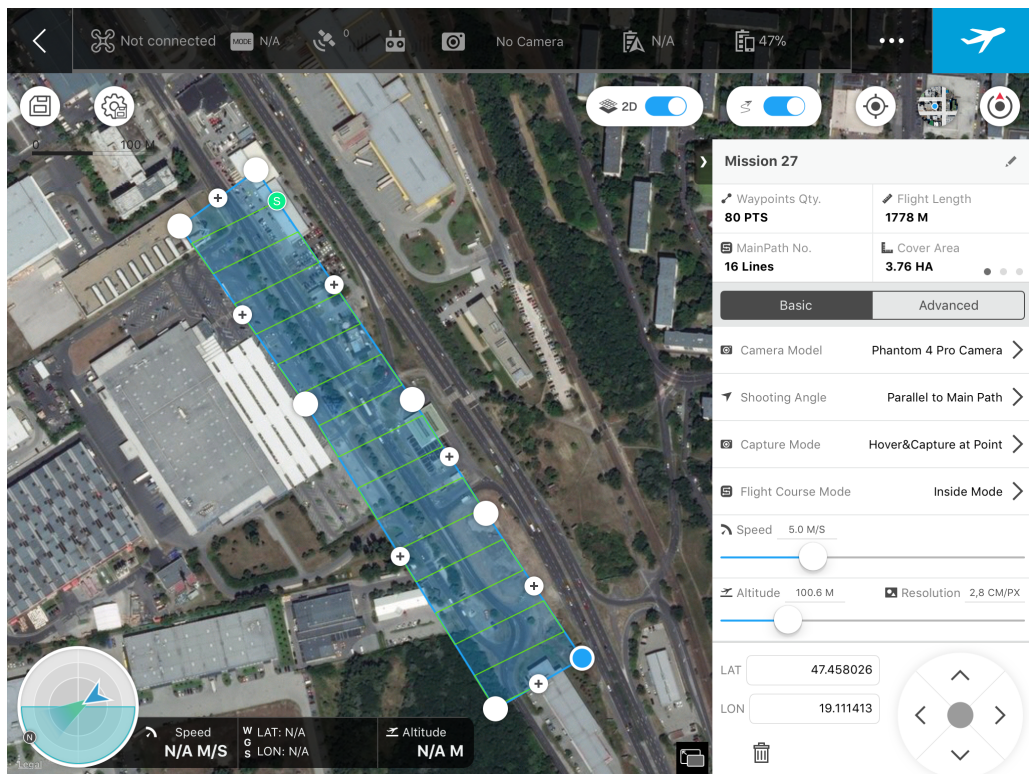
A kijelző 3,5” méretű 640x480-as felbontású és érintőképernyős. Ehhez a modellhez jól párosul a SmartWorx Viva szoftver.

Adatot tudunk tárolni SD kártyán, vagy USB memórián. A controller fel van szerelve fényképezőgéppel, így a bemért pontot azonnal le tudjuk fotózni, majd a szoftver egyből meg is kérdezi, hogy a képet az utoljára mért ponthoz szeretnénk-e rögzíteni, vagy esetleg másikhoz. (8) (9)



14. Ábra: Leica Viva gs08 plus GPS
forrás: <http://surveyequipment.com/leica-viva-gs08plus/>

A terepi mérés előtti napon a várható időjárási körülményeket újra ellenőrizzük. A terepi mérés végrehajtása előtt az irodában kijelöltem a felméréendő terület. Ehhez a DJI Ground Station Pro alkalmazást használtam. (15. Ábra)



15. Ábra: A felméréendő terület kijelölése a DJI ground station pro applikáció segítségével.

Az alkalmazást elindítva a New Mission-on belül a Photomap opciót választva, ki tudtam jelölni a repülési területet. A képernyő jobb oldalán láthatóak a további beállítások (kameratípus, repülési sebesség, repülési magasság, visszatérési magasságot, repülési irányokat stb.) A repülést 90 méterről hajtottuk végre, és az alapértelmezett 5M/s sebességet állítottuk be, az átfedés pedig 80% volt.

6 FELVÉTEL KÉSZÍTÉS UAV SEGÍTSÉGÉVEL

6.1 A DJI Phantom 4 pro összeszerelése

1. Lépés: A kamerán alapesetben található egy gimbal csatlakozó. A gimbal védőt el kell távolítani, hogy a kamera tudjon forogni a megfelelő irányban. Használat után a sérülések elkerülése végett, vissza kell helyezni.
2. Lépés: A légsavarak is leszedhetők és könnyen cserélhetők sérülés esetén. A 4 légsavar közül 2 fekete gyűrűs, kettő pedig ezüst gyűrűs. A fekete gyűrűs légsavarokat a fekete ponttal jelölt motorhoz kell csatlakoztatni. Értelmszerűen az ezüstöt az ezüsthöz. A légsavarokat le kell nyomni a csatlakozásig, majd elfordítani. Repülés előtt a légsavarok állapotát ellenőrizni szükséges, ezt szabad szemmel és kézzel is érdemes ellenőrizni, amennyiben sérülést vagy deformációt érzünk a légsavart cserélni szükséges.
3. Lépés: Az akkumulátort az akkumulátorrekeszbe helyezzük. Az irányát egy nyíl jelöli nekünk, majd, ha egy kattanó hangot hallunk, akkor meggyőződhetünk arról, hogy az akkumulátor megfelelő csatlakoztatva lett. Minden esetben ellenőrizzük az akkumulátor töltöttségét.

6.2 Távirányító előkészítése

1. A távirányítón található egy mobileszköztartó, amely, a jobb felső sarkában található saruval méretre állítható, hogy az eszköz stabilan jól láthatóan helyezkedjen el. Ez az eszköz lehet mobil/tablet. Érdemes a fényerőt a maximumra állítani, hogy napsütéses időben is jól látható legyen a kijelző. Ezek után az antennákat kell beállítani, hogy a megfelelő irányban álljanak.
2. Ha az eszközt rögzítettük a tartóban akkor USB kábel segítségével csatlakoztassuk a távirányítóhoz.

A távirányítón található még két vezérlőkar, amivel az UAV tájolását és mozgását lehet irányítani. Ezek alatt található két gomb. A baloldali a be- és kikapcsológomb. A jobb oldali pedig a „Return to Home” gomb, amit, először röviden, majd hosszan megnyomunk az eszköz visszatér a felszállási helyére. Az előbb felsorolt gombok alatt LED-ek láthatók, amelyek a távirányító rendszer állapotát és töltöttségi szintjét jelzik. Tehát a tablet, távirányító, akkumulátor töltöttségi szintjét, és mechanikai elemek épségét minden esetben ellenőrizni szükséges. (10)



16. Ábra: DJI Phantom 4 pro kontrollér.

forrás: <https://www.aqua.hu/dji-phantom-4-pro-part-66-taviranyito-6958265138508-31160-601986.html>

Az összeszerelés után a drónt elhelyeztük a terepbejárás során kiválasztott „Home pointon”.

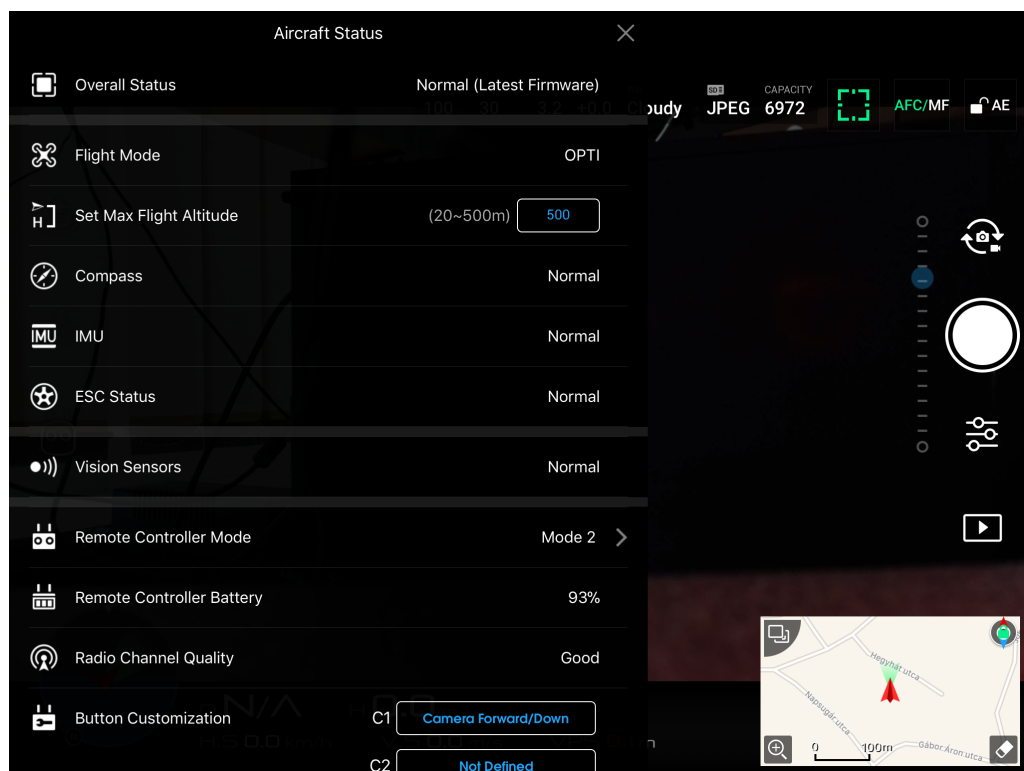
Ezután bekapcsoltuk és elindítottuk a DJI Go 4 alkalmazást, amivel ellenőrizni tudjuk a drón állapotát.

Ezt az alkalmazást direkt DJI eszközökhöz fejlesztették. A repülést nem ezzel az alkalmazással vezéreljük, de itt tudjuk leellenőrizni, hogy a legfrissebb rendszer van-e, telepítve az UAV-ra, a kamera és az iránytű kalibrálva van-e az IMU (inerciális mérőrendszer) megfelelően működik-e, illetve az ESC (elektromos sebesség szabályzó) működik-e. A biztonságos repülés miatt fontos, hogy a visszatérési pont frissüljön, különben az előző munkában meghatározott visszatérési pontra fog visszarepülni. Ezeket

érdeemes ellenőrizni a repülés megkezdése előtt. Az iránytűt esetenként kalibrálni kell, de ezt csak akkor tesszük, ha az alkalmazás ezt kéri.

A kalibrálást nyílt terepen kell elvégezni, a következő lépések szerint:

- Az alkalmazás állapotsávjában koppintunk a „Calibrate” parancsra.
- Vízszintes helyzetben tartjuk a drónt és ezután 360 fokkal elforgatjuk.
- Ezután a drónt függőlegesen elfordítjuk, úgy, hogy az orra lefelé nézzen és újra elforgatjuk 360 fokkal a függőleges tengelye körül.
- Ha nem megfelelő a kalibráció, akkor azt egy vörös fény fogja jelezni és újra el kell végezni a kalibrálást.



17. Ábra: A DJI GO 4 lehetőséget nyújt ellenőrizni a drón minden belső elemét

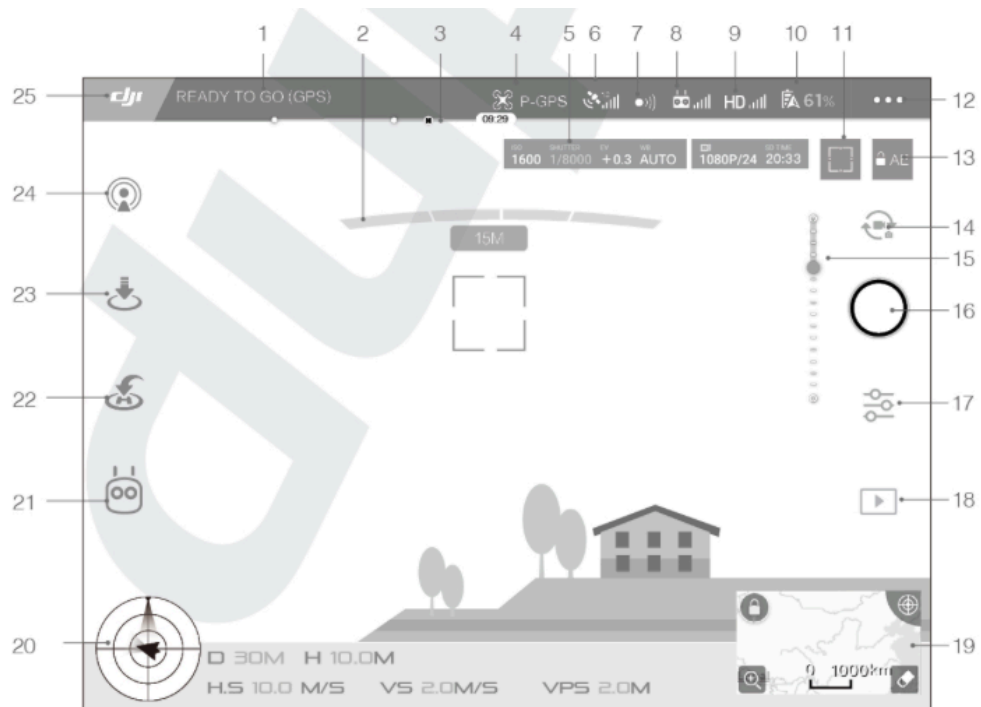
6.3 A DJI GO 4 funkciók

1. Rendszerállapot: Jelzi, hogy a drón készen áll-e a repülésre (Ready to go), ebben az esetben megfelelő számú GPS holdat lát. Ha nem talál megfelelő számú

műholdat, akkor a Ready to go vision felirat lesz látható. Ebben az esetben szabadkézzel irányítható a drón, de programozott repülést nem tud végrehajtani.

2. Akadályok érzékelése állapot: Az akadály távolságától függően narancssárga, illetve piros sáv jelenik meg a kijelzőn.
3. Akkumulátor töltöttségi szint kijelző: A töltöttséget különböző színekkel (zöld, narancssárga, piros) jelzi. Egy H betű jelöli azt a töltöttségi szintet, ahonnan még a drón képes a kiindulási pontra visszatérni.
4. Repülési mód: Az ikon melletti szöveg jelzi, hogy milyen módban repülünk. (P-mód: Pozicionálás, S-mód: Sport mód, A-mód: Helyzettartás) Ha az ikonra koppintunk ez a mód változtatható.
5. Kamera paraméterei: Ebben a sávban látható, hogy milyen kamerabeállítást használunk, illetve az SD kártya kapacitása is megjelenik.
6. GPS jelerősség: Itt látható, hogy milyen erős GPS jelet tudunk érzékelni. Ez azért fontos, mert például, ha már a Home Point-ról való felszálláskor sincs megfelelő erősségű GPS jel, akkor nem tud a repülés végeztével visszatérni a megfelelő indulási helyre.
7. Akadályérzékelő funkció állapota: A szenzor koppintással be és kikapcsolható, például sport módban az akadály érzékelés automatikusan kikapcsol.
8. Távirányító jelerőssége: Mivel a Phantom 4 pro még kábellel van összekötve, így ez általában maximum szokott lenni.
9. HD videókapcsolat jelerőssége: A drón és a távirányító közötti letöltési kapcsolat jelerősségét mutatja.
10. Akkumulátor szint: Kiírja az akkumulátor aktuális töltöttségi szintjét százalékos értékben. Az ikonra koppintva az akkumulátor naplót is megtekinthetjük.
11. Fókusz/Fénymérés gomb: Ez a funkció sem érhető el minden módban. Ekkor egy zárt lakat jelzi, hogy nem elérhető.
12. Általános beállítások: Közvetítés engedélyezése, repülési útvonal kijelzése stb.
13. Automatikus expozíció rögzítése: Koppintani kell, ha az expozíciós értéket akarjuk rögzíteni.
14. Fotó/Videó mód: Koppintással lehet váltani a videó és a fotózás mód között.
15. Gimbal: Kijelzi a gimbal dőlését.

16. Exponáló gomb: Ha erre koppintunk, akkor tudunk repülés közben fényképet készíteni vagy a videót elindítani, illetve ugyanezzel a gombbal tudjuk a videót leállítani is.
17. Kamerabeállítás: Ebben a menüben lehetőségünk van módosítani a zársebességet, fényérzékenységet és az expozíciós értéket.
18. Visszajátszás: Ezzel a készített képeket vagy videót tudjuk visszanézni.
19. Térkép: Válthatunk a kameranézetről térképnézetre.
20. Repülési radar: Egy vörös nyíl jelzi, hogy a drón milyen irányba néz. Ezek mellett kiírja a repülési magasságot és távolságot. Illetve a függőleges és vízszintes sebességet is.
21. Intelligens mód: Ezzel az ikonnal tudjuk bekapcsolni az intelligens repülési módot. Ez röviden azt jelenti, hogy a kijelzőn ahova kattintunk a drón oda repül. Ehhez elengedhetetlen az 50% feletti töltöttség és a pozícionálási repülési mód.
22. Intelligens RTH: El tudjuk vele indítani a hazatérés funkciót. Az akadályokat ennél a funkciónál a kamerával érzékeli.
23. Automatikus fel és leszállás: Indítani tudjuk, hogy a drón automatikusan fel és leszálljon. Ekkor 1,2 m magasságra fog emelkedni.
24. Élő közvetítés: Ha rendelkezünk adatkapcsolattal akkor, akár Youtube-on is tudjuk közvetíteni a repülést.
25. Visszatérés a főmenübe.



18. Ábra: A DJI GO 4 applikáció felülete.

Forrás: http://www.duplitec.hu/assets/files/duplitec-pdf/dji-phantom-4-pro_user_manual_hu-duplitec.pdf

A sikeres ellenőrzés után a DJI ground station pro segítségével végrehajtottam a repülést.

Ezután bemértem GPS-szel a takarásban lévő pontokat és az ellenőrzéshez szükséges közös pontokat (aknafező, vízelnyelő, közlekedési tábla stb.) (19. Ábra)



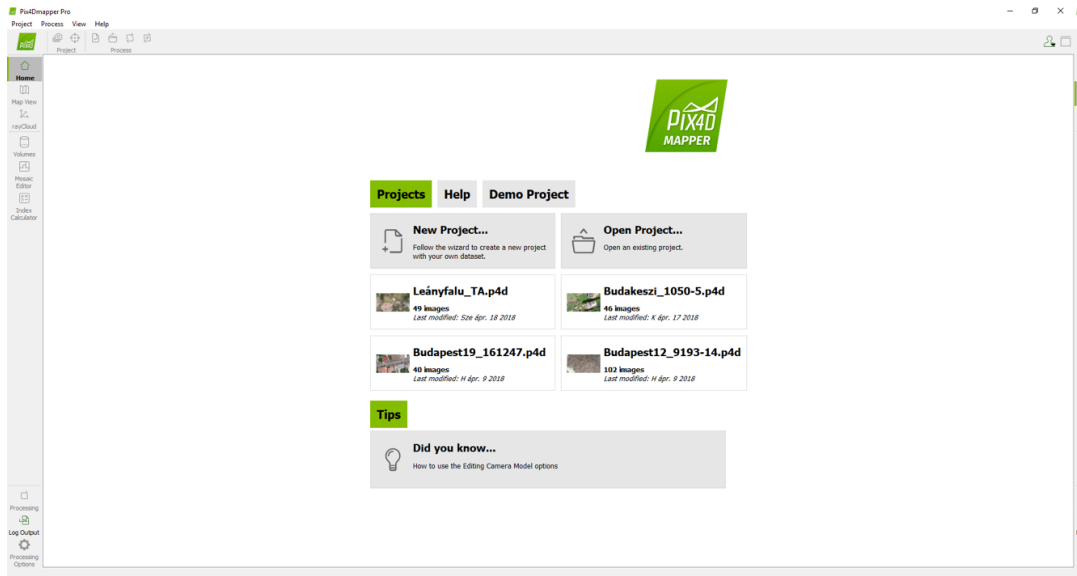
19. Ábra: Az ellenőrző pontok mérése közben.

7 FELDOLGOZÁS

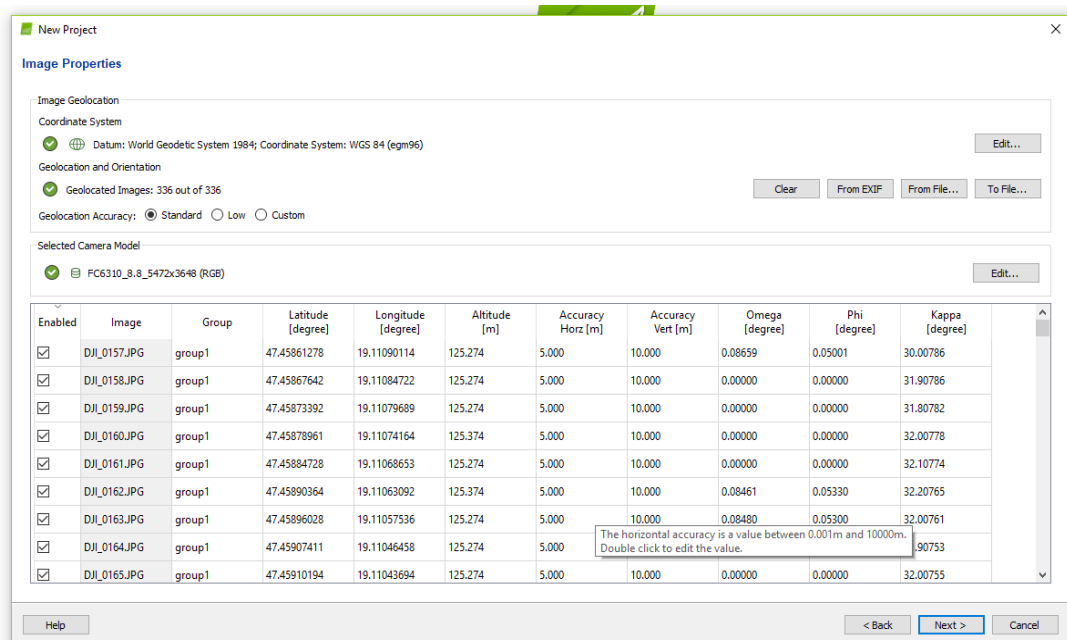
A terepi mérést követően az irodában lementettem a képeket az SD kártyáról, 336 db kép készült, majd azok minőségét ellenőriztem. A minőségellenőrzés lényege, hogy ne kerüljön a feldolgozásba homályos, elmosódott kép. Az így kimentett képeket a Pix4D szoftverrel dolgoztam fel, amelyből a kiértékeléshez szükséges pontfelhőt és ortofotót állítottam elő. A Pix4D egy fizetős szoftver, ami jelenleg a legjobbak közé kategorizálható. Részletesebben a továbbiakban írok erről. Az Agisoft programmal összehasonlítva az ortofotó minősége sokkal jobb (kevesebb elmosódott él), ami például 3D modellezésnél vagy homlokzat kiértékelésnél lényeges.

7.1 A feldolgozás menete

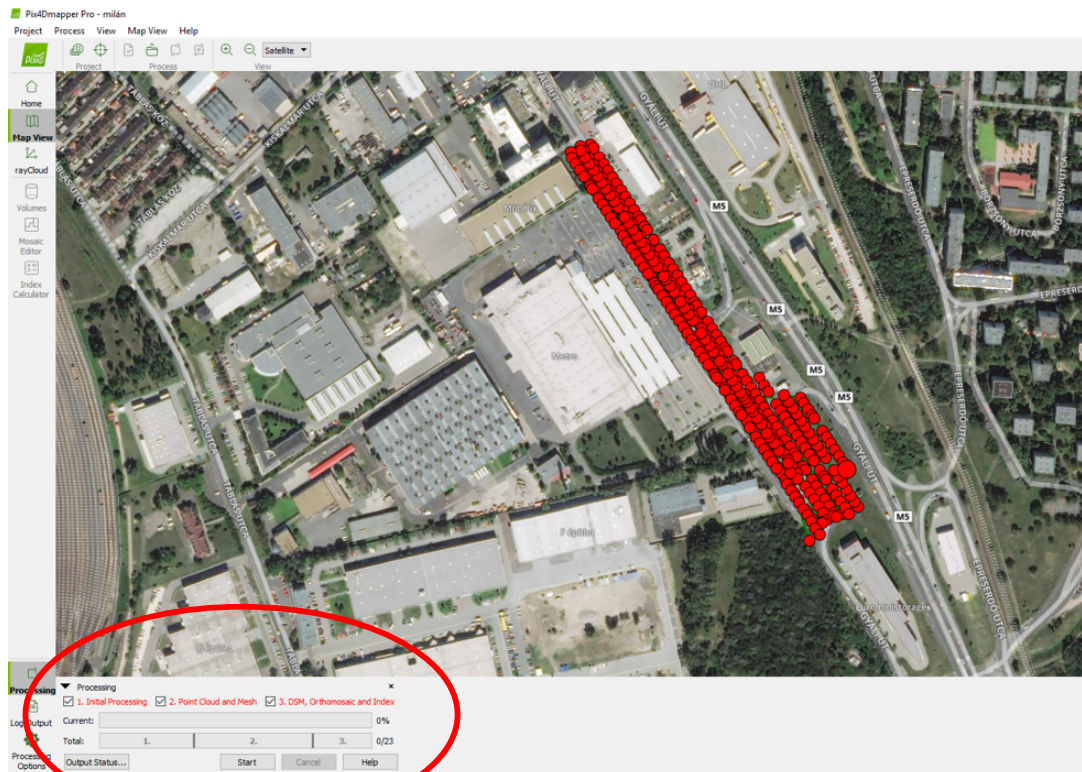
A program megnyitása után a New project-re (20. Ábra) kattintva megadhatjuk a project nevét. Ezután az „add images” fülre kattintva kiválaszthatjuk a feldolgozásra szánt képeket, mivel a minőség ellenőrzés során a képekben hibát nem találtam, ezért mind a 336db-ot fel tudtam használni. A kamera automatikusan EXIF adatokat tárol, amelyek többek között tartalmazzák a fénykép koordinátáit a kamera GPS-ének pontosságával. (21. Ábra) (WGS 84). Ezután a next gombra kattintva a mértékegységet tudjuk kiválasztani (méter vagy láb). Én métert választottam. Majd a Finish gomb-ra kattintottam. Ezután a Map view nézetben a képkészítés helyei láthatók, amiket piros ponttal jelöl a szoftver. (22. Ábra) A bal alsó sarokban látható 3 piros felirat, amik a feldolgozás lépéseit jelentik. A feldolgozás folyamán a kész részfolyamatok zöldre váltanak. (23. Ábra)



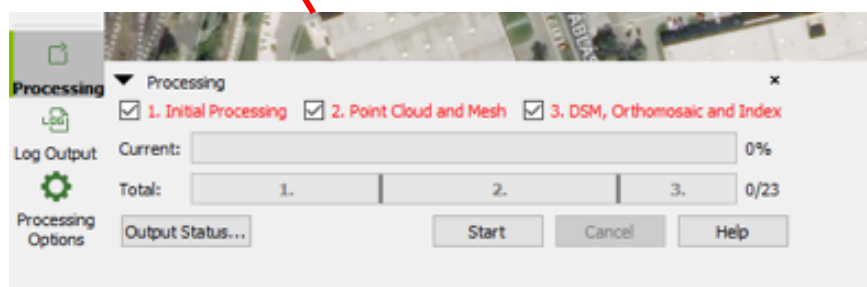
20. Ábra: A Pix4d program kezdőfelülete.



21. Ábra: A kép készítés koordinátáinak táblázata



22. Ábra: A képkészítés helyeit piros ponttal jelzi



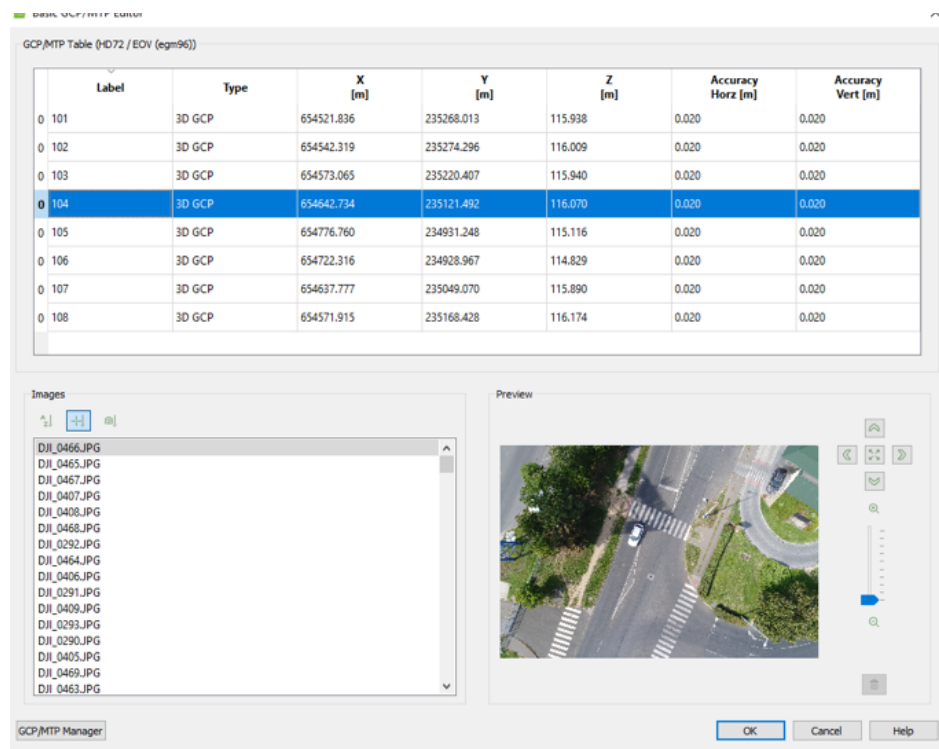
23. Ábra: Feldolgozási részfolyamatok

Részfolyamatok:

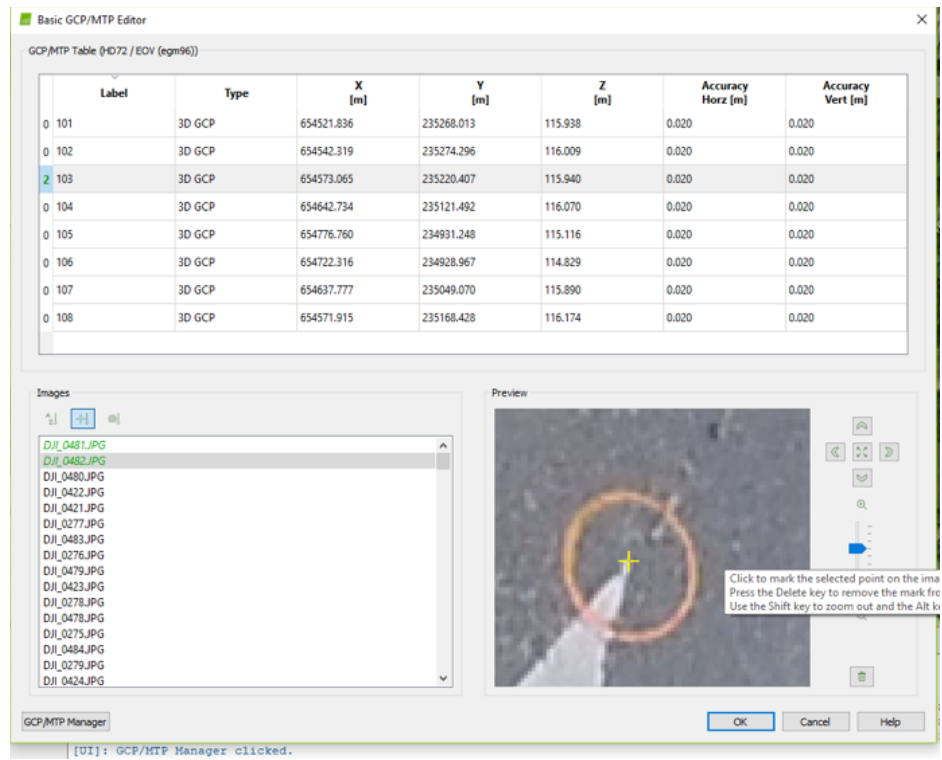
- 1: Initial processing
- 2: Point cloud and mesh
- 3: DSM orthomosaic and index

1: Initial processing:

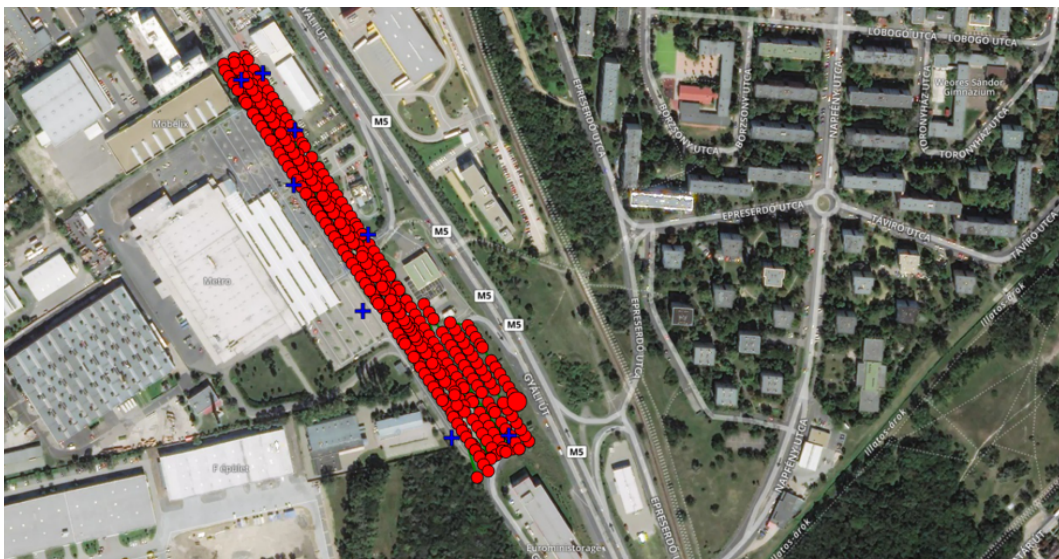
Első művelet a Processing, ahol az illesztőpontokat tudjuk megadni. A GCP/MTP-re (Ground Control Point) kattintunk, majd kiválasztjuk az illesztőpontok koordináta rendszerét, (HD72) majd az import GCP segítségével behívjuk az illesztőpontokat. Ezután a Basic editor földre kattintva, megjelenik az összes kép (24. Ábra), az első lépésnél elegendő 3 db illesztőpontot meghatározni 3-3 db képen. Ennek menete, hogy a jobb alsó sarokban a képre nagyítva egy sárga kereszttel jelöljük meg az illesztőpont helyét (25. Ábra), majd az Oké gomb lenyomása után ezt a 3 pontot feldolgozás során már használni fogja. Az illesztőpontok megadása a második (Point, Cloud and Mesh) lépés előtt szükséges, de tapasztalatok alapján az előbb említett módszerrel később könnyebb az illesztőpontokat megtalálni.



24. Ábra: Basic editor menü

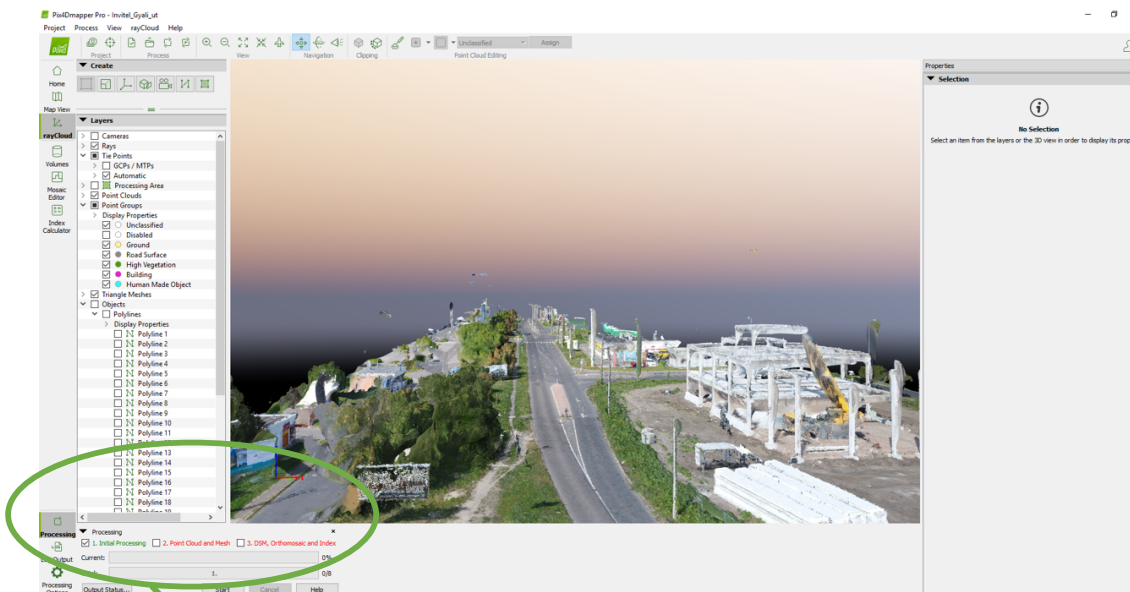


25. Ábra: Illeszópontok megjelölése

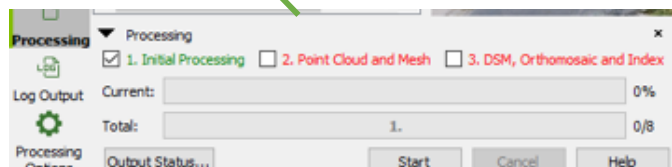


26. Ábra: Az illesztpontokat kék színnel jelöli a térképen

Ezután a bal alsó sarokban a Processing options menübe lépve a feldolgozáshoz számunkra szükséges feltételeket tudjuk választani. Az én esetemben elegendő volt, a program által kínált beállítás használata (Full), mivel a képek részletgazdagok, így a program a képkockákat könnyebben tudja illeszteni, ellentétben a mezőgazdasági felmérésnél például egy homogén szántó esetében. A Quality report fül bepipálása azért szükséges, mert a részfolyamatonként készített Report-al többlet információhoz jutunk. Ezután a start gombra kattintva lefuttatjuk a feldolgozást, fontos, hogy jelen esetben csak az első részfeladat előtt legyen pipa. Ha a feldolgozás sikeres volt (27. Ábra) az Initial processing felirat pirosról zöld-re változik, (28. Ábra) illetve megjelenik a Quality report, ami PDF formátumban lementhető.

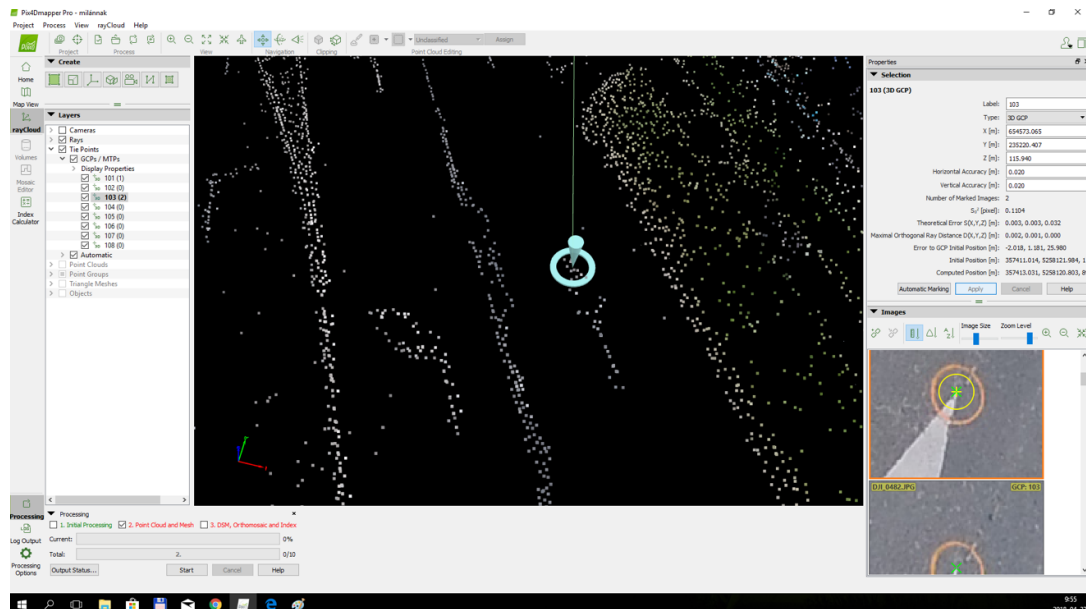


27. Ábra: Az eredmény az Initial Processing parancs lefutása után



28. Ábra: A sikeres lefutást a zöld szín jelzi nekünk

Következő lépésként már az összes illesztőpont megadása szükséges. Ez úgy történik, hogy a munkablakban a kék nyíllal jelölt illesztőpontokra egyesével kattintunk, majd minden egyes pontnál a jobb alsó sarokban megjelenő képeken kiválasztjuk az illesztőpont helyét. (29. Ábra) Itt lényeges az első lépésben (Initial Processing) említett, előzetes illesztőpont megadás, mert így a jobb alsó sarokban csak azok a képek jelennek meg, amik tartalmazzák a kiválasztott illesztőpontot. A kiválasztás lényege, hogy 3 db képen az illesztőpont pontos helyének megadása után már nem szükséges a további képeken egyesével a kijelölés, hanem van egy Automatic Marking opció, amely a további képeken kijelöli az illesztőpont felételezett helyét. Fontos megjegyezni, hogy a hibák elkerülése végett az automatikusan jelölt pontok ellenőrzése szükséges. A képek feletti információs ablakban láthatók az eltérések, amennyiben az illesztőpontok helyzetén javítani szükséges úgy a javítás eredményeiről folyamatos információt kapunk. Ezután az 1. Lépés (Initial Processing) újra optimalizálása szükséges. Ezt a Process/ Rematch and Optimize parancsra kattintva tudjuk megtenni. Ezután a Quality reportban is ellenőrizhető a pontosság.



29. Ábra: Valamennyi illesztőpont megadása ebben a feladatban történik a pontfelhő és a kiválasztott pontot megjelenítő három kép alapján

2,3: Point Cloud and mesh, DSM, orthomosaic and index.

A feldolgozás során a két részfolyamat elkészítése egyszerre elvégezhető. A folyamat elindításához szükséges beállításokat itt is a Processing options-ben tudjuk elvégezni. A beállítások során a saját igényeinkhez mérten választhatjuk ki az elkészítendő munkarészeket. A feladatunkhoz ortofotó (TIF) és 3D textúrált pontfelhő (LAS) elkészítése szükséges.

Ismét a start gombra kattintva elindítottam a két részfolyamatot. A végleges Quality report a mellékletben látható. Az illesztés pontossága 7mm lett. Például a Quality check részen információt kaphatunk arról, hogy esetemben mind a 336 kép feldolgozása sikeres volt, valamint, hogy az illesztopontokat megfelelően tudta használni.

Az elkészült ortofotómozaik (31. Ábra) közel 1gb-os, ez a méret a későbbi felhasználását nagyban korlátozza, ennek megoldásaképpen, vagy JPG formátumra alakítjuk vagy a Pix4D által kínált megoldást választjuk, ami a „tile”-okba való darabolás. (30. Ábra)



30. Ábra: A Pix4D program az ortofotót feldarabolja, a könnyebb kezelhetőség érdekében



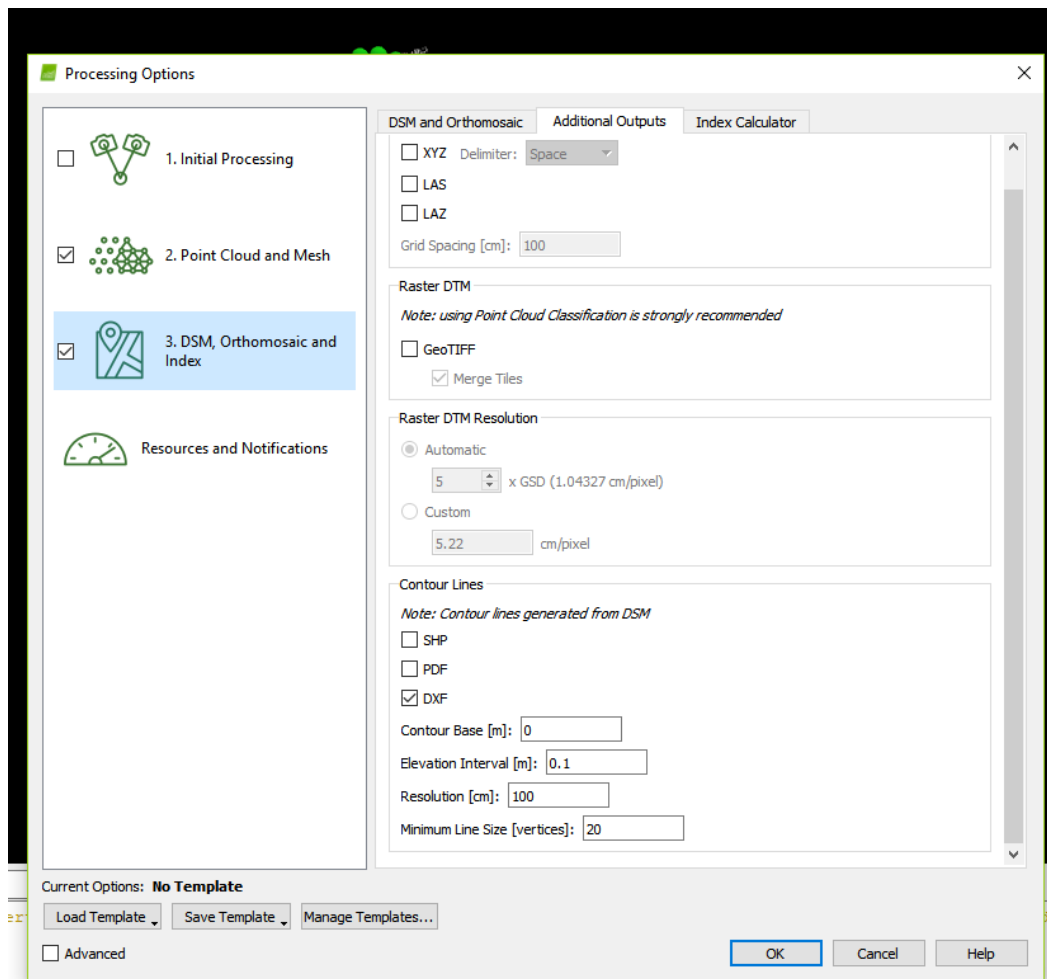
31. Ábra: A felmért terület ortofotómozaikja

7.2 Szintvonal készítés

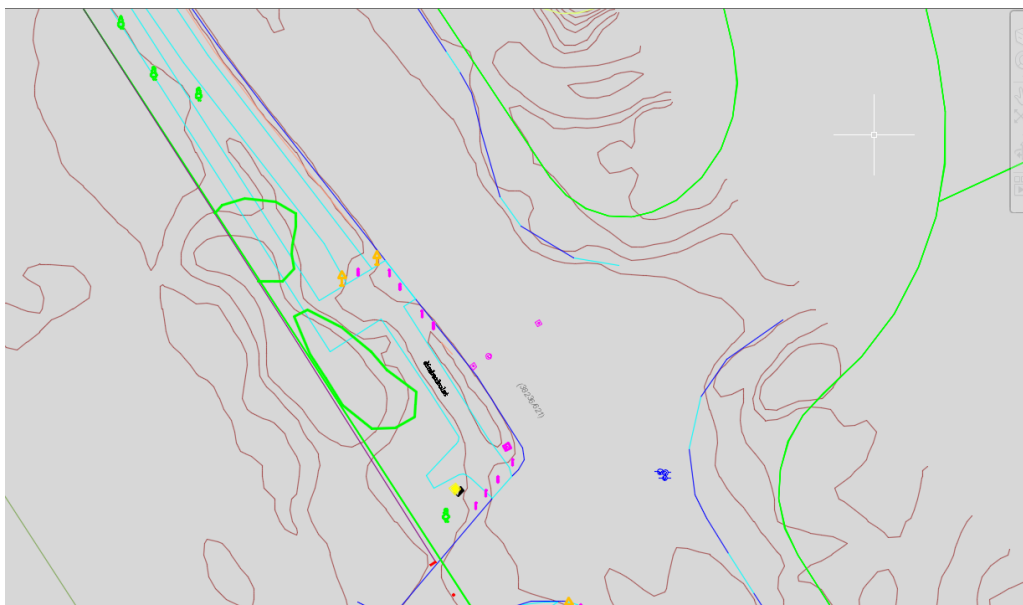
A szintvonalat szintén a Pix4D programmal készítettem, a Processing Options menüben, a DSM, Orthomosaic és index résznél. A Contour line, azaz a szintvonal elkészíthető, a DSM (Digital Surface Model) vagy DTM-ből (Digital Terrain Model). Fontos a kész szintvonal ellenőrzése, mert lehetséges, hogy a generálás során épületeket, fákat illetve tereptárgyakat is figyelembe vett. Ezen szintvonalak utólagos törlése szükséges. (33. Ábra)

A kész szintvonal a Pix4D programban nem látható, mert automatikusan kiexportálásra kerül. A beállításoknál megtudjuk adni a kiexportálandó formátumot (SHP, PDF, DXF). Én a DXF-et választottam, mert ez kezelhető az AutoCAD szoftverben.

Beállítható a szintvonalak sűrűsége. Esetemben a 10 cm magasság különbségenkénti ábrázolás elengedő volt, mivel a felmért területen nem voltak nagy szintkülönbségek.



32. Ábra: A szintvonalas megjelenítés beállításának paraméterei



33. Ábra: Példa a hibás szintvonal térképre (épületeket és fákat is tartalmaz)

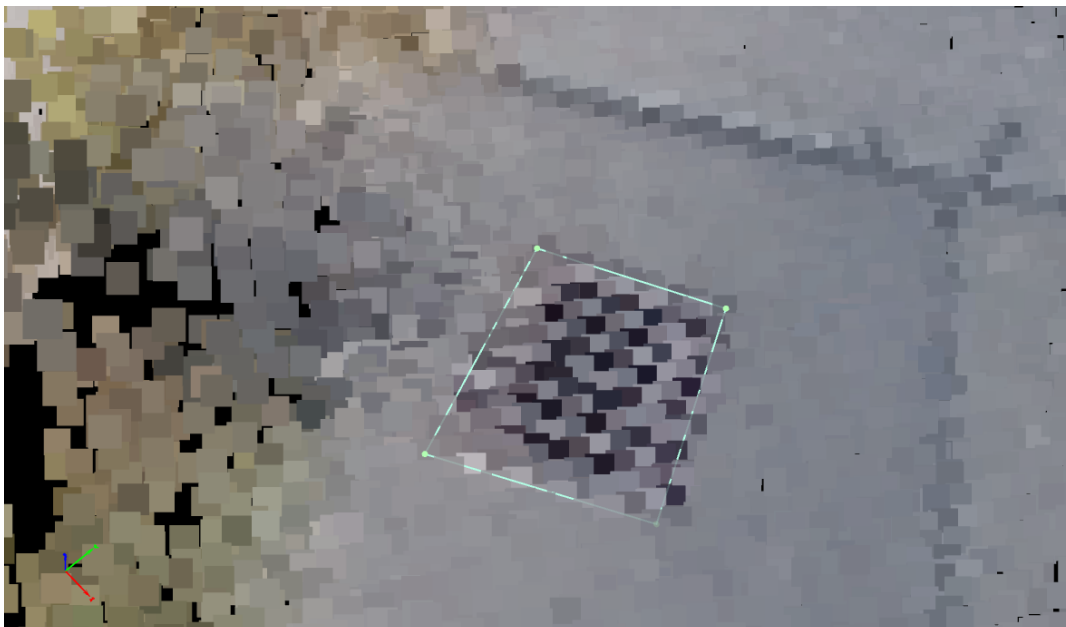
8 KIÉRTÉKELÉS:

A kiértékeléshez két különböző szoftvert használtam. A Pix4D-ben is van lehetőség a kiértékelés elvégzésére, illetve a másik program, amit használtam a Point Cloud Scene, röviden a továbbiakban PCS. A kiértékelés során a megrendelő által meghatározott feladatnak megfelelően végezzük a kiértékelést. A kiértékelésnél a burkolat fajtáját is meg kell írni.

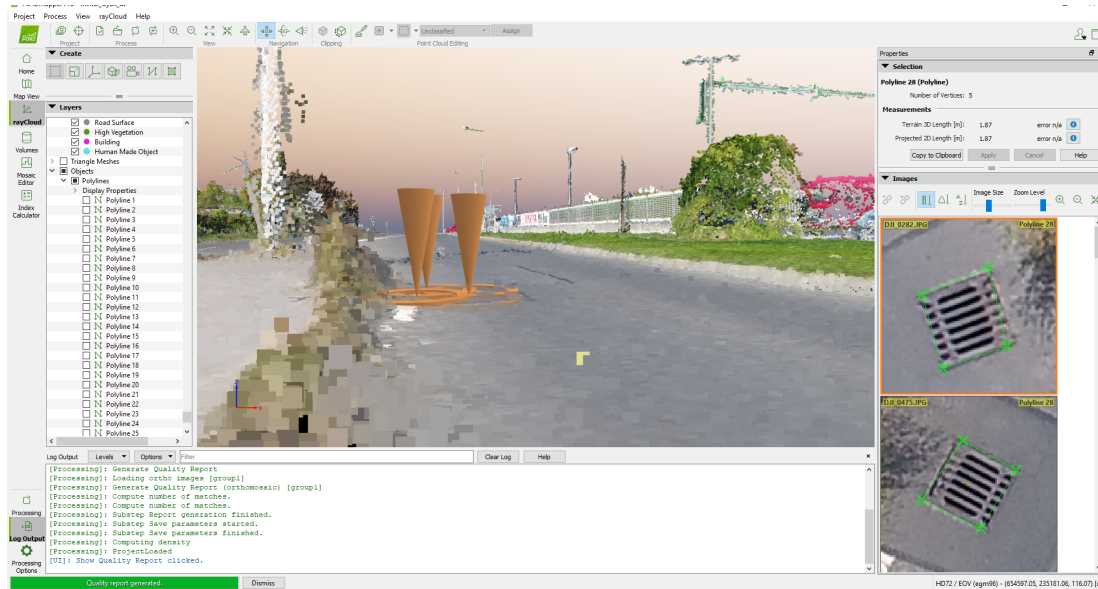
8.1 Kiértékelés Pix4D-ben

Kiértékeléskor, Polylineokat hozok létre, ezt a new Polyline parancsra kattintva kezddhetem meg.

A kiértékelendő objektum részletpontjainak kijelölése a bal egérgomb lenyomásával történik, majd a Polyline lezárása a jobb egérgomb lenyomásával véglegesíthető. (34. Ábra)



34. Ábra: A kiértékelendő objektum részletpontjainak kijelölése



35. Ábra: A kiértékelést tudom javítani a jobb oldali képek segítségével.

A jobb oldali kis képeken a kijelölés pontosságát tudjuk ellenőrizni, illetve, ha szükséges módosítani. (35. Ábra)

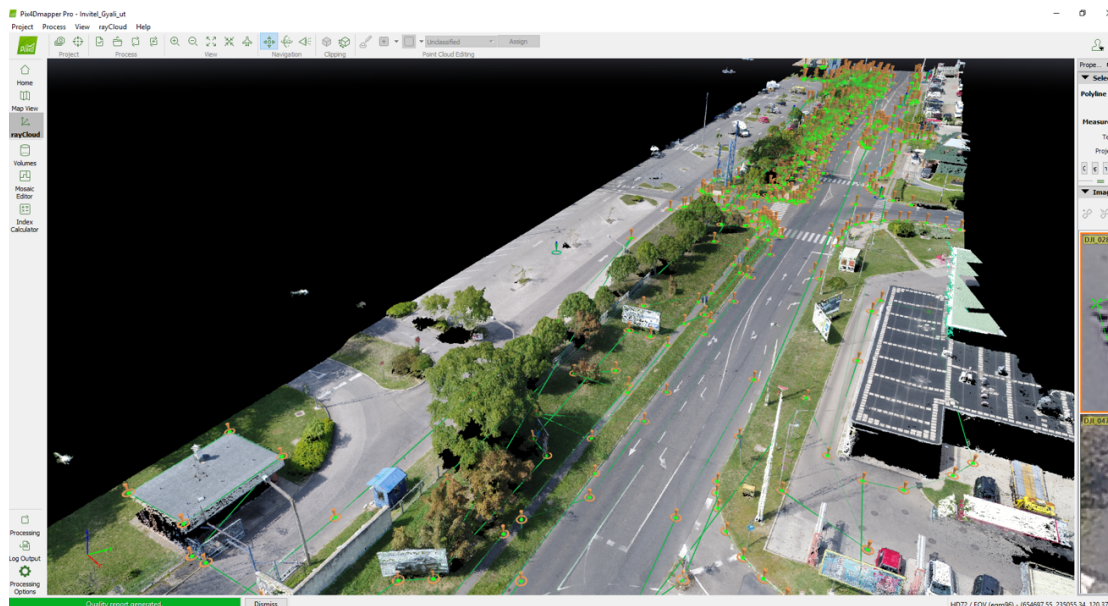
Nagyban megkönnyíti a kiértékelést, hogy 3 dimenzióban látom, amit kiértékelek, tehát magasságilag is látszik, hogy jó pontot fogtam-e meg. Abban az esetben, ha ezt nem látom 3 dimenzióban, akkor például ráfoghattam volna a patka egy pontjára, amely magassági hibát eredményez. (35. Ábra)

Az 5.3-as részben említett falomb okozta kitakarást a (36. Ábra) jól mutatja. Tehát az ilyen esetekben földi GPS mérést végeztünk. Természetesen az ilyen helyeken nem mindig van megfelelő GPS kapcsolat, így ellenőrizni kell milyen pontossággal tudunk mérni. Abban az esetben, ha nem tudunk megfelelő pontossággal mérni mérőállomás használata szükséges.



36. Ábra: Jól látható a falomb okozta kitakarás.

A látható elemek kiértékelése után lehetőségünk van, vagy külön a pontok, illetve a polylineok kiexportálása. Itt szeretném felhívni a figyelmet arra a gyakorlati problémára, hogy a kiexportálás részenként nem megoldható. Lehetőségünk van az elemeket egyesével vagy pedig az összeset egyszerre kiexportálni. Ez az utómunkák folyamatát nagyban lassítja. Például, ha az AutoCAD-es feldolgozás során észreveszünk olyan elemeket, amelyek a kiértékelésből kimaradtak és ezeket pótolni akarjuk.



37. Ábra: A felszínmodell és az ortofotó alapján előállított 3D-s modell

8.2 PCS bemutatása

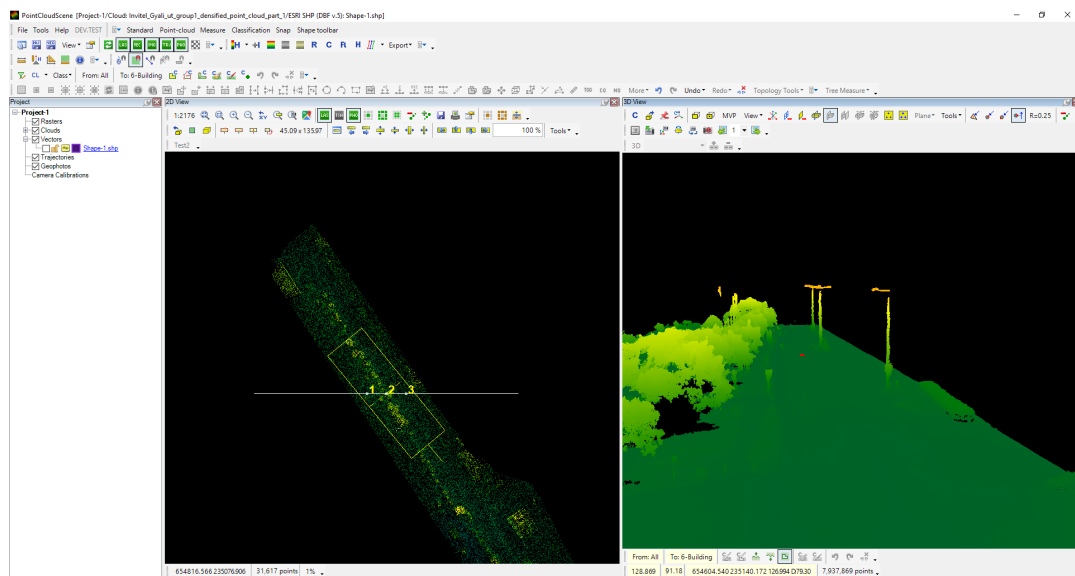
A Point Cloud Scene egy új program, amit a Digicart Kft fejlesztett. A szoftvert a mobil térképező rendszerek, a földi és a légi lézerszkennerekből nyert adatok feldolgozására fejlesztették ki. Mindezek mellett térinformatikai adatbázisok létrehozására is alkalmas. Kiértékelés szempontjából is egy professzionális szoftverről beszélünk. Pontfelhő (las,txt,pts..) tájékozott fényképek, és 2D raszterek megjelenítésére, geometriai kiértékelésre és attribútum adatok gyűjtésére is alkalmas. Kiértékelésnél használhatunk shape rétegeket, fájl és personal geodatabase adatbázisokat. Nagyon jó dolognak tartom, hogy referenciaként dxf állományokat is tudunk használni. A legnagyobb pozitívum, hogy a kiértékelést ellenőrizni tudjuk sztereografikusan (valódi 3D). Ezt majd be is mutatom, hol volt nagyon hasznos és hol tudjuk a durva hibákat kiszűrni vele. Lehetőségünk van az MMS adatokat EOY rendszerben feldolgozni. Tudunk benne osztályozni, a munkaterületet kivágással mi alakíthatjuk ki. A WGS84 – EOY transzformálás külön segédprogramban elérhető. A tájékozott képeket és a pontfelhőt tudjuk transzformálni. Az optimalizálás után képesek vagyunk korlátalan méretű

pontfelhőt kezelni. Az osztályozás elvégezhető 2D vagy akár 3D-ben is, ami visszavonható, ha rosszul végeztük el. Maga az osztályozás a LAS fájlban hajtodik végre. A pontfelhők általában „zajosak”, ami azt jelenti, hogy olyan dolgok is rajta vannak, ami nekünk nem szükséges. Pl.(emberek, autók, stb.). Ezeket a zajokat nagyon jól ki lehet szűrni a PCS-ben.

(11)

8.3 Kiértékelés PCS segítségével

Mivel rendelkezésünkre áll a feldolgozásból egy LAS fájl (pontfelhő), ezért az Open project components-t választva, a LAS fájlt be tudjuk hívni. (38. Ábra)



38. Ábra: A PCS-be behívott LAS fájl.

A pontfelhő behívása után, két munkaablak látható. A beállításokban megadható, hogy az általunk magassági tartományokhoz, milyen szín tartozzon. (a kiértékelő személytől függ). Ezt a (38. Ábra) jól mutatja, hiszen az alacsonyabban fekvő pontok (út,járda) zöld színnel, míg a magasabban fekvő pontok (villanyoszlop teteje) már narancssárga színnel lett jelölve.

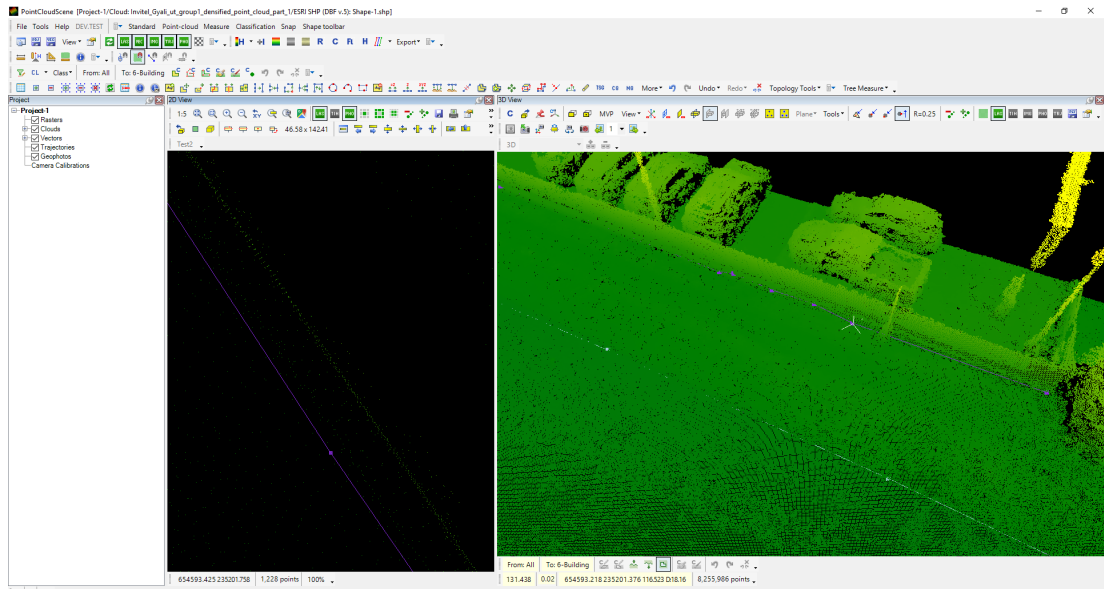
A baloldali ablak a 2 dimenziós ablak, a jobb oldali a 3 dimenziós. Alap esetben csak 2 dimenzióban látható a pontfelhő. Kivágó keret segítségével (sárga keret) ki tudjuk jelölni, azt a területet, amelyiket szeretnénk 3 dimenzióba látni. Véleményem szerint azért hasznos ez a kijelölő keret, mert vannak olyan esetek, amikor nem kell az egész pontfelhőt kiértékelni és meg tudjuk adni mekkora területre van szükségünk.

A 2 dimenziós nézetben az ortofotó és a DXF fájl behívható a pontfelhő alá, ezzel segítve a kiértékelést.

A kiértékelés menete:

A baloldali Project menüből kiválasztjuk a Vectors lehetőséget, jobb egér gombbal kattintunk és a Create shape opciót választva létrehozhatunk több réteget, amelyeket saját igényeink szerint definiálhatunk. Itt kiválaszthatjuk a húzott vonal színét, vastagságát, amelyek vizuálisan könnyítik a kiértékelés átláthatóságát. (39. Ábra) Ezzel szemben, a Pix4D-ben, nem alakíthatók ki rétegek, tehát a PolyLineok nem csoportosíthatók, nem formázhatók.

A create new PolyLine-al a 2 dimenziós ablakban végzem a kiértékelést és a 3 dimenziósban magasságilag ellenőrzöm.



39. Ábra: Nagy előny, hogy a különböző objektumokat, különböző színekkel tudjuk kijelölni.

8.4 Összehasonlítás

A két program közül a Pix4D-vel való kiértékelést találtam egyszerűbbnek, az egyetlen hiányosság a PolyLine-ok kezelésében van, nem alakíthatók ki rétegek, tehát a Polylinok nem csoportosíthatók és nem is formázhatók, így minden zöld színnel jelenik meg.

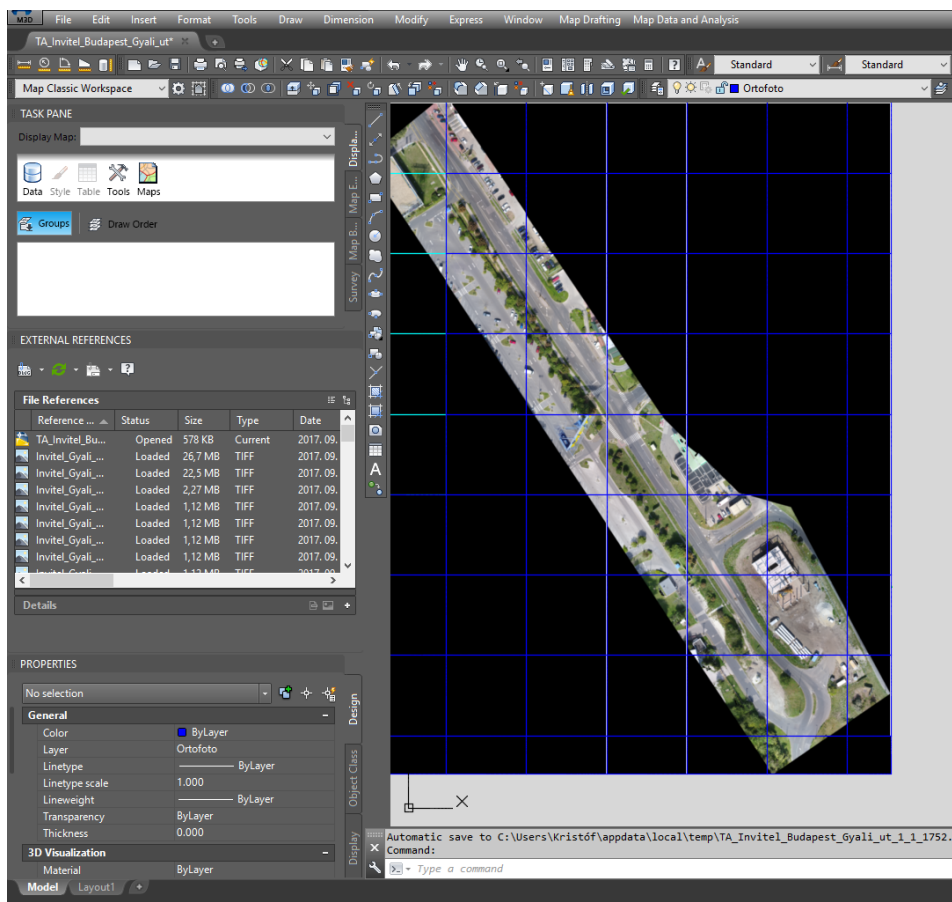
Igaz látványos a PCS-ben a két ablakos kiértékelés, de ugyan ezt az eredményt a Pix4D-ben egy ablakban el tudjuk érni, mert ott nincs külön 2D és 3D nézet. A Pix4D-ben valós színekben láthatóak az objektumok, míg a PCS-ben a különböző magassági szinteket tudjuk egy színnel látni. A kétfajta programmal való kiértékelésben a kiértékelés pontossága a kiértékelő személytől függ. Nagy hiányosság volt számomra a PCS-hez képest, hogy nem lehet a Polyline színeit változtatni.

9 TERVEZÉSI TÉRKÉP ELŐÁLLÍTÁSA AUTOCAD-BEN:

Első lépésként kialakítjuk a szükséges rétegeket. Például: szintbeli burkolat váltás, tábla, kerítés stb. Következő lépésként behívjuk az ortofotót. Említettem, hogy az ortofotó mérete miatt egészben nem használható, ezért a korábban leírt két módszer közül én a Tile-ok használatát választottam, amelyeket a Map drafting, Image, Instert parancs alatt tudtam behívni. (40. Ábra) Érdemes az ortofotóknak egy külön réteget adni, hogy kikapcsolhatók legyenek.

Ezután a földhivataltól kapott DXF-et aláhívjuk. A felesleges képeket kitöröljük, így könnyebben átlátható a munkaterület.

Ha behívtuk az ortofotót, utána behívjuk a shape fájlokat. Ezt úgy tudom megtenni, hogy a Map Drafting, Import/Export és Import parancsot használtam. Érdemes a Polylineokat zárt poligonokként behívni.



40. Ábra: Az ortofotót nem egybe hívtam be, hanem darabolt részenként.

Ezután elkezdhető a rétegezés. A megfelelő vonalakat a megfelelő réteghez rendeltem. Ezért lényeges, hogy az ortofotót a vektoros állomány alá tudtam hívni, mert könnyen ellenőrizhető, hogy a vonalak megfelelő helyen vannak-e. Ezután elhelyeztem a szükséges jelkulcsokat, esetemben közlekedési tábla, csatorna, víznyelő, fa stb volt. (41. Ábra)

A kiértékelés során több helyen kellett volna ívet rajzolni (42. Ábra) (pl. Útpadkákánál), azonban ez a Pix4D szoftverrel nehézkes és hosszadalmas lett volna. Az ilyen eseteket úgy oldottam meg, hogy ív helyett egy egyenes vonalat húztam három pontjával és AutoCAD-ben ív használatával módosítottam azt. Rengeteg időt takarítottam meg ezzel a módszerrel.

JELMAGYARÁZAT:



fa



általános akna (szögletes)



csatorna aknafedél



víznyelő



víz aknafedél



vízelzáró



tűzcsap (föld feletti)



telefon aknafedél



gázgúla



gáz korrózió védelem



fémoszlop



faoszlop egy gyámmal



közvilágítási lámpa



kapcsolószekrény



trafó



jelzőtábla



hirdetőtábla



poiler baba

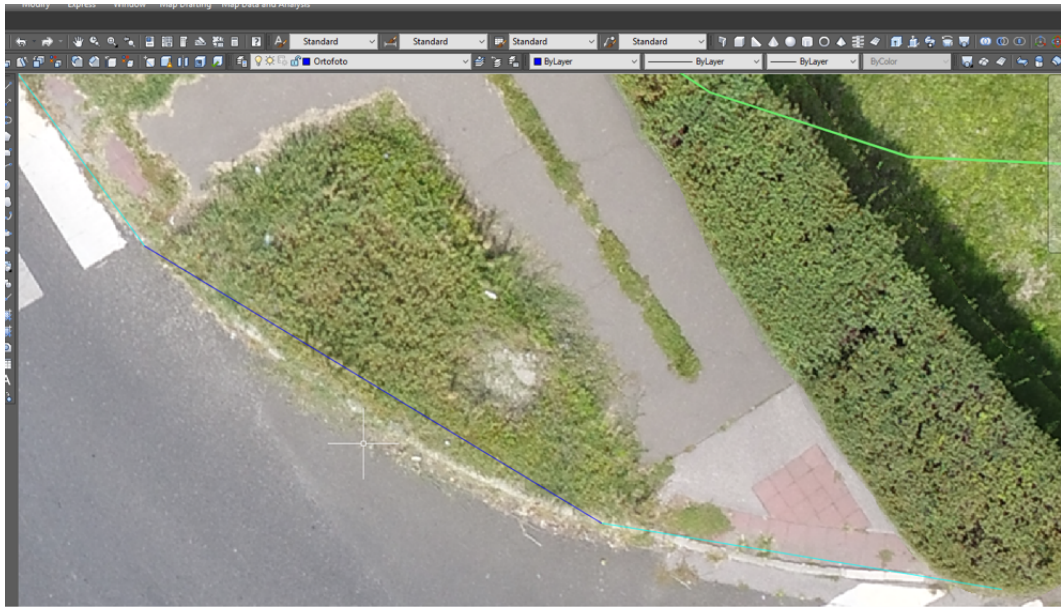


kerítés

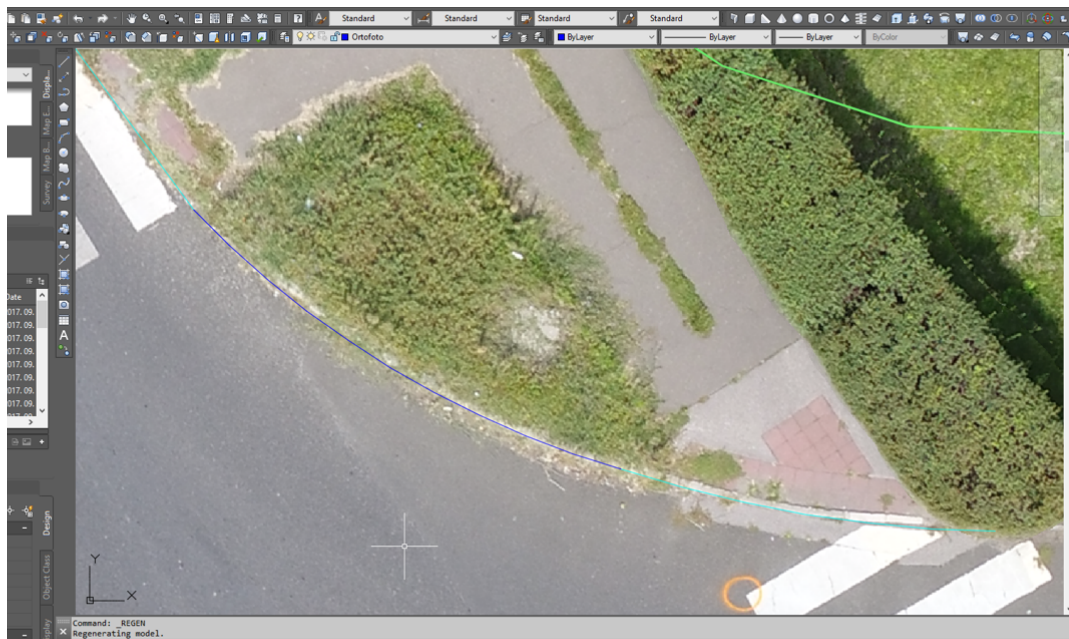


kapubejáró

41. Ábra: A használt jelkulcsok



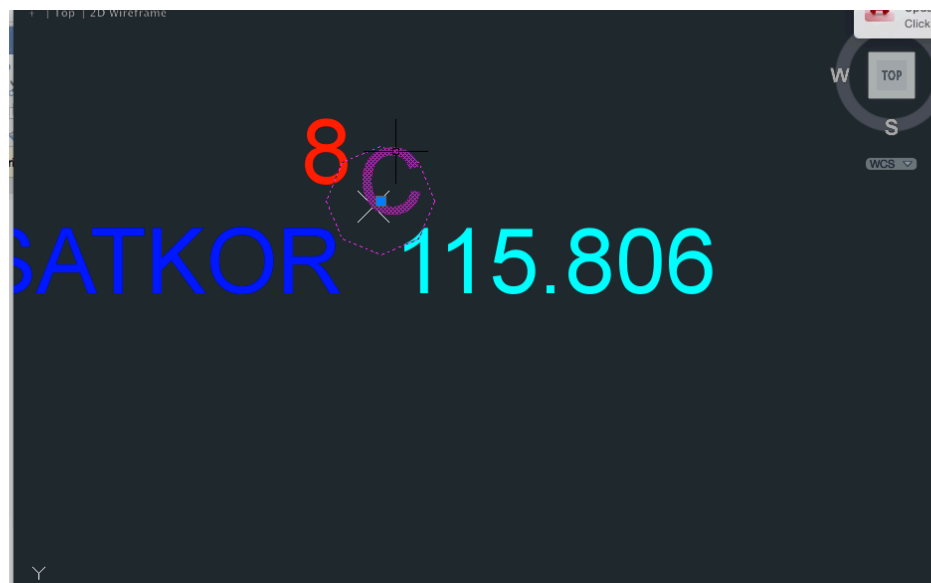
42. Ábra: A Pix4D programban az ív szerkesztése nehézkes lett volna



43. Ábra: Autcad-ben gyorsan szerkeszthető az ív

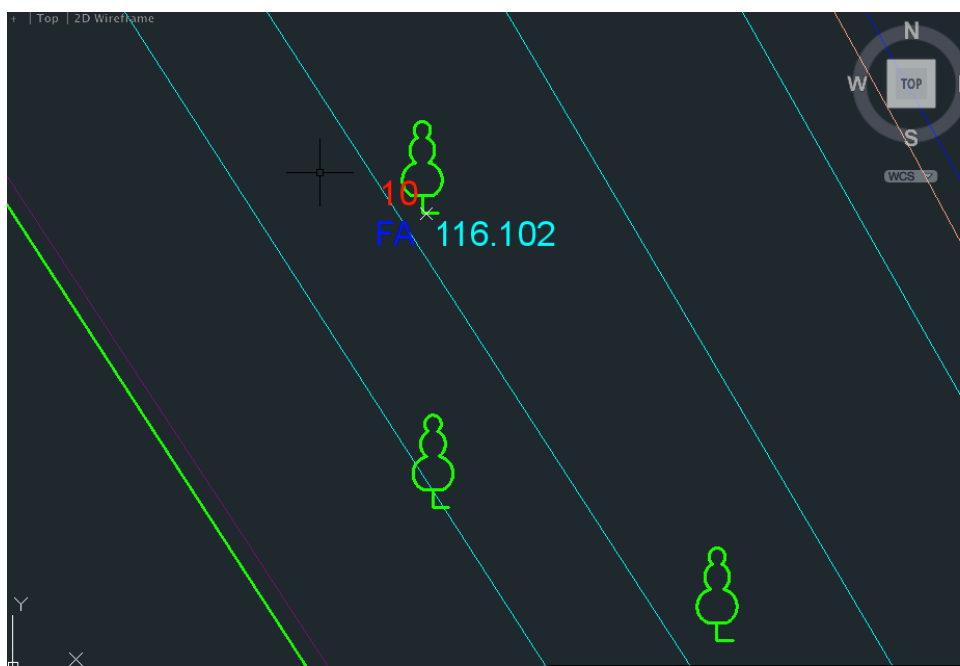
Mint már említettem, a tervezési térkép megrendelés alapján készült, amelyben nem volt szükséges a fák átmérőjének és magasságának a feltüntetése. Elegendő volt a fák helyzetének jelkulccsal való ábrázolása.

A kiértékelés következő lépéseként a GPS-el mért pontokat behívjuk az állományba. (44. Ábra) Majd folytatjuk a szerkesztést.

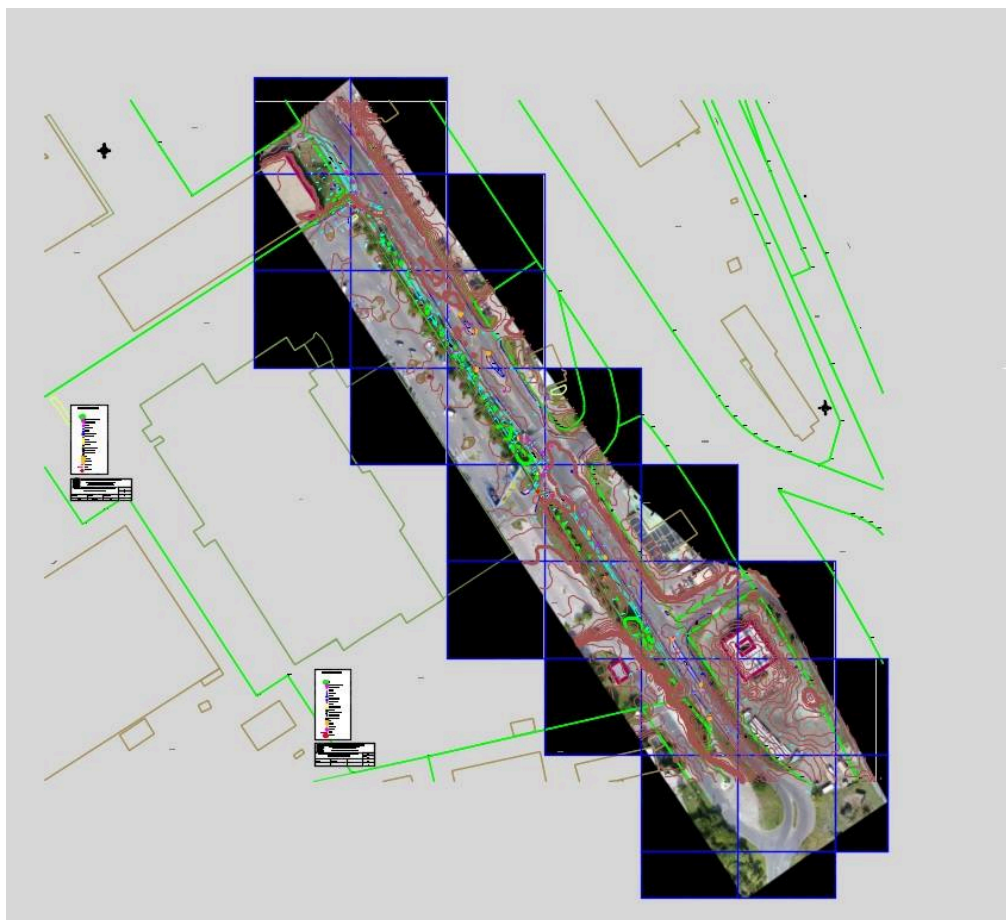


44. Ábra: A kiértékelésből és a GPS mérésből behívott pontok

Első lépésben a kitakarásban lévő elemeket kötjük a kiértékelésből származó elemekhez (pl.kitakarásban lévő járdapont), illetve a takarásban lévő objektumok jelkulcsait is elhelyezem a mért pontokra. Az objektumok könnyen azonosíthatók, az ortofotók és a terepi mérés során végzett pontkódolásnak köszönhetően.



45. Ábra: A kitarásban lévő pontokon elhelyezett jelkucskok



46. Ábra: Az elkészült tervezési térkép

Ezek után behívtam a Pix4D-ben elkészített szintvonalat és ellenőriztem. (46. Ábra)

10 PONTOSSÁG VIZSGÁLAT:

A pontossági vizsgálatot részben ellenőrzésképpen végeztem el, részben pedig 20 db részletpontot mértem GPS segítségével és összehasonlítottam a légifelvételek kiértékeléséből meghatározott koordinátákkal.

A pontok koordinátáinak pontossága több mindentől függ, az illesztés pontosságától, a kiértékelő személy goondos munkavégzésétől, a GPS mérések pontosságától stb.

Leginkább arra voltam kíváncsi, hogy a különböző jellegű pontok (csatorna fedlap, közlekedési tábla) koordinátáinak eltéréseiben van-e bármiféle összefüggés. Mivel a különböző jellegű részletpontoknál tudtam mérni GPS segítségével pontosan a tereptárgy közepét, így azt feltételeztem, hogy az olyan jellegű pontoknál, mint csatorna fedlap, vagy vízelnyelő, kisebb lesz a koordináták eltérése. A közlekedési tábláknál, tűzcsap stb. esetében nem kivitelezhető a középpont koordinátáinak mérése, ezért nagyobb eltérést feltételeztem.

	X	Y	Z(m)	Jelleg		X	Y	Z(m)		$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
1	654542,507	235245,405	115,807	DEMSZKO		654542,512	235245,355	115,895		-0,005	0,05	-0,088
2	654545,93	235242,671	115,965	KOZLTABLA		654545,953	235242,72	116,05		-0,023	-0,049	-0,085
3	654519,865	235255,719	115,778	TCS		654519,84	235255,75	115,87		0,025	-0,031	-0,092
4	654521,555	235257,493	115,856	VIZAKNA		654521,537	235257,522	115,9		0,018	-0,029	-0,044
5	654524,115	235255,393	115,886	VIZAKNA		654524,147	235255,413	115,9		-0,032	-0,02	-0,014
6	654514,816	235264,101	115,701	TCS		654514,807	235264,059	115,77		0,009	0,042	-0,069
7	654536,645	235260,553	115,806	CSATKOR		654536,659	235260,554	115,786		-0,014	-0,001	0,02
8	654539,644	235252,568	115,729	VIZNYELO		654539,666	235252,564	115,702		-0,022	0,004	0,027
9	654558,672	235226,981	116,024	CSATKOR		654558,679	235227,012	115,977		-0,007	-0,031	0,047
10	654583,374	235189,352	116,095	CSATKOR		654583,394	235189,386	116,08		-0,02	-0,034	0,015
11	654597,051	235178,089	116,169	KOZLTABLA		654597,03	235178,07	116,24		0,021	0,019	-0,071
12	654595,197	235182,975	116,025	VIZNYELO		654595,188	235182,966	115,987		0,009	0,009	0,038
13	654612,681	235146,679	116,122	CSATKOR		654612,666	235146,658	116,107		0,015	0,021	0,015
14	654622,16	235121,284	116,123	DEMSZKO		654622,139	235121,29	116,011		0,021	-0,006	0,112
15	654632,426	235113,17	116,013	VIZNYELO		654632,413	235113,144	116,005		0,013	0,026	0,008
16	654633,768	235113,977	116,052	CSATKOR		654633,778	235114,01	116,04		-0,01	-0,033	0,012
17	654635,412	235105,899	116,12	FORGALOMIRANY		654635,417	235105,928	116,11		-0,005	-0,029	0,01
18	654639,045	235090,281	116,226	ELAKNA		654639,047	235090,249	116,239		-0,002	0,032	-0,013
19	654644,892	235082,558	115,857	ELAKNA		654644,904	235082,543	115,881		-0,012	0,015	-0,024
20	654654,873	235081,38	115,79	CSATKOR		654654,879	235081,417	115,749		-0,006	-0,037	0,041

47. Ábra: A koordináta eltérések táblázata

A táblázat (47. Ábra) baloldalán láthatóak a GPS-szel mért pontok koordinátái és jellegük. Igyekeztem különböző pontokat mérni, hogy az összehasonlításnál ne csak egy típusú pont szerepeljen. A táblázat középső részében találhatóak a kiértékelés eredményeként kapott pontok koordinátái, amit az AutoCAD szoftveres feldolgozásból határoztam meg. Jobb oldalon található az eltérés az egyes koordináták között. A

végeredménnyel kapcsolatban feltételeztem, hogy az olyan objektumoknál, mint a víznyelő, kör alakú csatorna fedlap (ahol pontosan tudtuk GPS-szel mérni a közepét), kisebb lesz az eltérés, mint a közlekedési táblák és tűzcsapok esetében. Azonban ez nem így alakult. Semmilyen összefüggés nem volt kimutatható az egyes objektumok koordinátáinak pontossága között. Az eredmények alapján azt a megállapítást tettem, hogy az UAV technológia alkalmazása tervezési térképek készítéséhez megfelelő pontosságot biztosít, vagyis a jövőre nézve felválthatja a hagyományos felmérési technológiákat hasonló jellegű feladatoknál. Természetesen ennek feltétele, hogy a felmérendő terület és annak környezete, valamint a vonatkozó jogszabályok lehetővé tegyék az UAV alkalmazását.

11 ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban az UAV-k segítségével készített nagyfelbontású fényképek felhasználását mutattam be a tervezési térkép készítésénél. Az UAV-k alkalmazásának bevezetése a térképezésben ma már megkérdőjelezhetetlenek, illetve véleményem szerint rövid időn belül egyes feladatoknál felváltják a hagyományos földi és légi felmérő eszközöket. Dolgozatom mérésénél tapasztalhattam, hogy idő, pénz, és energia takarítható meg ezeknek az eszközöknek a használatával.

Továbbá előny még a hagyományos technológiákkal szemben, hogy:

- Kevesebb előkészületet igényel egy repülés. Itt gondolok arra, hogy míg egy hagyományos hordozónál részletes és időigényes repülési tervet kell készíteni, UAV esetén ezt egy alkalmazással a felmérés előtt el tudjuk végezni.
- UAV-val történő repülés során az útvonal, akár repülés közben is módosítható.
- UAV-k előnye, hogy a felvételek minőségét a terepen ellenőrizni tudjuk és ha szükséges, azonnal megismételhető a repülés.
- A távirányító berendezéseknek köszönhetően olyan manővereket tudunk végrehajtani, amit pilóta által vezetett gép esetén nem.
- Precízebb az irány, sebesség és magasság tartás.

Természetesen lesznek olyan feladatok, ahol az UAV nem tudja helyettesíteni a nagy magasságból, mérőkamerával történő repüléseket.

Manapság sokak számára nem egyértelmű, hogy milyen engedélyek, végzettség szükségesek egy hivatalos UAV repüléshez, ezeket próbáltam világosan és egyértelműen kifejtetni.

Dolgozatomban a feladat elvégzése céges megbízás alapján készült munkához kapcsolódik. A cég rendelkezésemre bocsátotta a tervezett földkábel nyomvonalának helyét. A Digi-map Kft. biztosította számomra az UAV-t, a feldolgozó és kiértékelő szoftvereket.

Igyekeztem gyakorlatiasan bemutatni a teljes munkavégzést, így külön kitértem az irodai és a terepi munka részre.

A terepbejárás fontos volt és nagyban megkönnyítette a repülés tervezését. A terepbejárás során az illesztőpontokat megfestettük és GPS segítségével bemértük. 8 db illesztőpontot festettem meg. Tapasztalataim szerint érdemes illesztőpontként állandó (útburkolati jeleket) jeleket használni, ha erre lehetőségünk van. A repülést befolyásoló magas épületek, rádiótoronyok észlelése fontos, a repülés tervezéshez.

A repülés megkezdése előtt ellenőrizni kell az UAV minden mechanikai elemét, a biztonságos repülés miatt. A repülés után a terepen ellenőrizni tudtam a felvételek minőségét és a 336 elkészült képből mind a 336 felhasználható volt.

Az irodai feldolgozáshoz a Pix4D szoftvert használtam, ami a cégnél rendelkezésre állt. Nagyon pozitív tapasztalatokat gyűjtöttem erről a szoftverről. Az elkészült pontfelhő és ortofotómozaik minősége is megfelelő lett és alkalmas volt a kiértékeléshez.

A kiértékelést 2 db szoftverben végeztem el, Pix4D és Point Cloud Scene-ben. A két szoftvernek vannak előnyei és hátrányai, de összességében nekem a Pix4D nyerte el a tetszésemet.

A kiértékelés után AutoCAD szoftverben végeztem el a tervezési térkép készítését. Az AutoCAD-ben időigényes volt a rétegek kialakítása, de ez kulcsfontosságú.

Dolgozatomban választ kaptam arra is, hogy megfelelő pontosságot értem-e el. Ezt úgy ellenőriztem, hogy GPS segítségével mértem részletpontokat (csatorna, közlekedési tábla stb.) és azok koordinátáit összehasonlítottam a kiértékelésből kapott koordinátákkal. Az eltéréseket külön táblázatban mutattam be.

Szakdolgozatomban igazoltam azt, hogy egy tervezési térkép készítésénél, érdemes az UAV-val történő felmérést választani, ha a területi adottságok megfelelőek.

12 SUMMARY

In my thesis, I have presented the application of UAV-recorded snapshots by planning maps. I have briefly described the history of UAV-s and the necessary conditions of flying. I have separately described works on site and in the office in order to gain insight how a complete job is carried out with a drone.

My intention was, among other goals, to find out whether it is possible to reach the required accuracy with the help of UAV-s to prepare planning maps, and whether it is worth choosing UAV-based survey instead of the traditional land-based survey technique. Using the UAV has confirmed the fact for me that within a short time, there will be tasks where this tool will be the primary choice. Results clearly show that the required accuracy can be reached by using UAV-recorded photos.

In my opinion, significant amount of time, financial resources and energy can be saved if we carry out surveys with the help of drones, even if it is not possible in every case. It depends on the size, relief and location of the survey-to-be area.

13 KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Elsősorban szeretnék köszönetet mondani a családomnak, akik mindig támogattak és segítettek a nehéz időszakokban is.

Szeretném megköszönni konzulensemnek, Balázsik Valériának a szakmai segítséget és támogatást.

Külön szeretném megköszönni Rábaközi Andreának a segítséget. Hálás vagyok azért, hogy nélkülözhetetlen szakmai tanácsokkal segítette munkámat és önzetlen támogatásával hozzájárult szakmai fejlődésemhez.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm a Digi-map Kft.-nek, aki biztosította számomra a szakdolgozatom megvalósulásához szükséges műszereket és szoftvereket.

14 IRODALOMJEGYZÉK ÉS INTERNETES FORRÁS

1. **Bróz, Zoltán.** Az Iszka-hegyi UAV tesztpályán végzett repülések feldolgozása, minősítése. 2016. Szakdolgozat.
2. **Török, Ágnes.** A pilóta nélküli légijárművek légtérbe integrálása. 2017. Szakdolgozat.
3. **Kft, Légtér.hu.** Eseti Légtér. *Eseti Légtér.* [Online] <http://legter.hu/eseti-legter/>.
4. **Kft., Dronesys és Dronesys, Kft.** *Drónpilóta képzés.* Budapest : ismeretlen szerző, 2017.
5. **Dr. Ágfalvi, Mihály.** *Mérnökgeodézia 2.* Székesfehérvár : ismeretlen szerző, 2010.
6. **Zsolt, Szilárd.** Földmérés - Tervezési alaptérkép. *Földmérés - Tervezési alaptérkép.* [Online] 2016. Június 26. <http://www.foldmeres-dunantul.hu/index.php/foldmeres-szolgaltatasok/tervezesi-alapterkep>.
7. **Árukereső.** *DJI Phantom 4 pro.* [Online] <https://www.arukereso.hu/taviranyitos-jatek-rc-jarmu-c4041/dji/phantom-4-pro-p352631733/#termek-leiras>.
8. **Geosystems, Leica.** Leica Viva gs08 plus. *Leica Viva gs08 plus.* [Online] http://www.leica-geosystems.hu/hu/Leica-Viva-GS08plus_99639.htm.
9. **www.gpstakarok.hu.** GPS-t akarok! *GPS-t akarok!* [Online] <http://gpstakarok2.wixsite.com/gpstakarok/leica-gs08-plus>.
10. **Kft., Duplitec.** *Phantom 4 pro / pro+ kézikönyv.* 2016.
11. **Zsolt, Pataki.** Pointcloudscene a 3d gis szolgáltatásban. [Online] 2015. Április 27. <http://bkk-kozut.hu/documents/17463/0/Pataki+Zsolt+előadása.pdf/4a81422b-48fa-4ffe-9eac-6eeda2ff2d2f>.

15 ÁBRAJEGYZÉK

Az ábrajegyzékben forrás nélkül feltüntetett képek saját készítésűek.

1. Ábra: Az első brit pilóta nélküli légi jármű.	8
2. Ábra: Termény állapotfelmérés. A zölddel jelzett területen magasabb és egészségesebb a termény minta sárgával jelzet területen.	10
3. Ábra: Merevszárnyú UAV (Topcon gyártó).....	11
4. Ábra: Quadro kopter (DJI Phantom 4 pro)	12
5. Ábra: látható, hogy ugyan azokkal a koordinátákkal mást alakzatot is leírhatunk. forrás: http://legter.hu/eseti-legter/	15
6. Ábra: Etikai elvárások. forrás: Dronesys Kft.....	17
7. Ábra: A megrendelő cégtől kapott terv. Pirossal a tervezett földkabel helye látható.	18
8. Ábra: Az alkalmazott UAV. (Phantom 4 pro)	21
9. Ábra: A legter.hu segítségével ellenőrizhetők az adott légtéri korlátozások.	22
10. Ábra: Figyelni kell az ilyen és ehhez hasonló magas adótornyokra, ha repülést végzünk.	24
11. Ábra: A kiválasztott "Home point"	25
12. Ábra: Festett pontjel.....	26
13. Ábra: A kinagyított illesztőpont.....	27
14. Ábra: Leica Viva gs08 plus GPS	27
15. Ábra: A felmérendő terület kijelölése a DJI ground station pro applikáció segítségével.	28
16. Ábra: DJI Phantom 4 pro kontroller.	30
17. Ábra: A DJI GO 4 lehetőséget nyújt ellenőrizni a drón minden belső elemét	31
18. Ábra: A DJI GO 4 applikáció felülete.	34
19. Ábra: Az ellenőrző pontok mérése közben.....	35
20. Ábra: A Pix4d program kezdőfelülete.	37
21. Ábra: A kép készítés koordinátáinak táblázata	37
22. Ábra: A képkészítés helyeit piros ponttal jelzi	38
23. Ábra: Feldolgozási részfolyamatok	38
24. Ábra: Basic editor menü	40
25. Ábra: Illeszőpontok megjelölése.....	40
26. Ábra: Az illeszőpontokat kék színnel jelöli a térképen	41
27. Ábra: Az eredmény az Initial Processing parancs lefutása után	41
28. Ábra: A sikeres lefutást a zöld szín jelzi nekünk.....	42
29. Ábra: Valamennyi illesztőpont megadása ebben a feladatban történik a pontfelhő és a kiválasztott pontot megjelenítő három kép alapján.....	42
30. Ábra: A Pix4D program az ortofotót feldarabolja, a könnyebb kezelhetőség érdekében	44
31. Ábra: A felmért terület ortofotómozaikja	44
32. Ábra: A szintvonalas megjelenítés beállításának paraméterei.....	45
33. Ábra: Példa a hibás szintvonal térképre (épületeket és fákat is tartalmaz).....	45
34. Ábra: A kiértékelendő objektum részletpontjainak kijelölése	46
35. Ábra: A kiértékelést tudom javítani a jobb oldali képek segítségével.....	47

36. Ábra: Jól látható a falomb okozta kitakarás.....	48
37. Ábra: A felszínmodell és az ortofotó alapján előállított 3D-s modell	49
38. Ábra: A PCS-be behívott LAS fájl.	50
39. Ábra: Nagy előny, hogy a különböző objektumokat, különböző színekkel tudjuk kijelölni.	52
40. Ábra: Az ortofotót nem egybe hívtam be, hanem darabolt részenként.....	54
41. Ábra: A használt jelkulcsok	55
42. Ábra: A Pix4D programban az ív szerkesztése nehézkes lett volna.....	56
43. Ábra: Autcad-ben gyorsan szerkeszthető az ív	56
44. Ábra: A kiértékelésből és a GPS mérésből behívott pontok.....	57
45. Ábra: A kitarásban lévő pontokon elhelyezett jelkucsok	58
46. Ábra: Az elkészült tervezési térkép	58
47. Ábra: A koordináta eltérések táblázata	59