



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

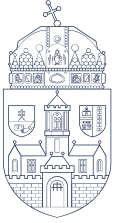
TDK DOLGOZAT

**A csákvári Szent Vince Otthon
kedvesnővéreinek temető parcellájának
felmérése, térképezése, térinformatikai
adatbázis létrehozása**

**OE-AMK
2022**

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Balaton Regina Hanna
T000529/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

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

Kelt:

.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	6
2. FELKÉRÉS RÖGZÍTÉSE.....	7
3. FELADAT ISMERTETÉSE	8
4. A FELADAT ELMÉLETI ÁTTEKINTÉSE	9
4.1. A légifényképek tájékozása, ortofotó előállítása	9
4.2. Térinformatikai adatbázis építése, térkép létrehozása	10
5. ELŐKÉSZÍTÉS	13
5.1. Terep előzetes áttekintése	13
5.2. Hasonló térinformatikai rendszerek áttekintése	14
5.2.1. GeoCalc GIS 2	14
5.2.2. WebTemir	15
6. A FELMÉRÉSHEZ HASZNÁLT ESZKÖZÖK	16
6.1. Műszerek	16
6.1.1. DJI Phantom 4 drón.....	16
6.1.2. Leica GS18 T GNSS RTK Rover.....	17
6.2. Szoftverek.....	18
6.2.1. Pix4D.....	18
6.2.2. ArcMap 10.4.1	18
6.2.3. ITR 6.....	19
7. TEREPI MUNKÁLATOK	20
7.1. Illesztőpontok helyének meghatározása	20
7.2. UAV felmérés végrehajtása	20
7.3. Mérőszalagos felmérés végrehajtása	21
7.4. Fényképek elkészítése	22
8. IRODAI FELDOLGOZÁS.....	23

8.1. Légi felvételek tájékozása, pontfelhő és ortofotó létrehozása	23
8.2. Pontfelhő megbízhatósági elemzése.....	25
8.3. Geoadatbázis létrehozása, térkép szerkesztése	27
9. KONKLÚZIÓ.....	34
10. ÖSSZEFOGLALÁS.....	35
11. SUMMARY.....	38
12. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	41
13. IRODALOMJEGYZÉK.....	42
14. ÁBRAJEGYZÉK.....	44
15. MELLÉKLETEK.....	45
1.1. Dolgozatban szereplő mellékletek	45
1.2. Digitális mellékletek	Hiba! A könyvjelző nem létezik.

1. BEVEZETÉS

Az emberiséget már a kezdetektől foglalkoztatta az élet és a halál kapcsolata, mindezért már az őskorban jelentős szerepet töltött be a temetkezés, amely a későbbiekben további jelentős fejlődéseken ment keresztül napjainkig. A különböző csaták, háborúk, járványok idején sajnos számtalanszor előfordult a tömegsírokba való temetkezés, mely során az elhunytak azonosítása a későbbiekben jelentős problémákat okozott.

A temetőt, mint fogalmat akként a helyként definiáljuk, ahol az elhunytak örök nyugalomra lelhetnek. Magyarországon kétfajta típusa kerül megkülönböztetésre: a köztemetők és az egyházi működtetésben állók.

Napjainkban a fejlődő technológiáknak köszönhetően egyre több helyen kerül bevezetésre a temetők nyilvántartásának egy digitális változata kataszter vezetésének formájában. Amennyiben a már meglévő adatok ilyenkor átvezetésre kerülnek, rengeteg új lehetőség nyílik meg a vezetést elvégzők, és a hozzátartozók számára is. Ilyen például az is, hogy a sírok azonosítása lokálisan a térben is nyomon követhetővé válik, amely egy nagyobb temető esetében hatalmas előnyt jelent. Könnyebben követhetővé válnak a hozzátartozók adatai is, amennyiben például egy sír elévülne, vagy bármilyen egyéb probléma merülne fel vele kapcsolatban.

A kutatás témájának alapját egy digitális temetőkataszter létrehozása adta, melynek elkészítésével a csákvári Szent Vince Otthon kedvesnővéreinek temetőparcelláját mérem és térképezem fel, amellyel az elhunyt nővérek emléke előtt kívánok tisztelegni, élő hozzátartozóik számára pedig egy komplex nyilvántartást szolgáltatni, mely segítségével a parcella rekonstruálása a későbbiekben egyszerűbb folyamattá válhat.

A temető felmérése során UAV drónos felmérést és a növényzet változatossága miatt néhol mérőszalagos felmérést alkalmaztam. A megvalósítás során a célkitűzésem az volt, hogy a térinformatikának köszönhetően pontosabb nyilvántartási képet tudjak szolgáltatni a meglévő adatokból.

2. FELKÉRÉS RÖGZÍTÉSE

KATOLIKUS SZERETETSZOLGÁLAT
SZENT VINCE OTTHON8083 Csákvár, Szent Vince u. 2. Tel.: 22/582-124 e-mail: csakvar@szeretetszolgalat.hu**Balaton Regina**reginahanna@hotmail.com

ikt.sz.: 226/2022./T.

Tárgy: adatbázis létrehozása

Tisztelt Balaton Regina!

Mint A Katolikus Szeretetszolgálat Szent Vince Otthon Csákvár Szent Vince utca 2. intézményvezetője felkérem, hogy a Csákváron eltemetett szerzetesnők parcellájáról készülő kataszter, amit a szakdolgozata keretében készít egészítse ki az elhunytak fellelhető adatainak gyűjteményével.

Az adatbázishoz az adatokat mi szolgáltatjuk az intézményi nyilvántartásokból, illetve a helyi plébánián megtalálható Holtak Könyvéből.

Az adatbázist szeretnénk, ha kiegészítené a parcellából gyűjtött adatokkal.

Az adatbázis nyilvános részei:

parcella, sor, sírhely azonosító adatai

név

születési dátum

elhalálozás dátuma

rend

az adatbázis része, de jogosultsággal látható:

anyja neve

utolsó lakcíme

legközelebbi hozzátartozó neve, lakcíme

foglalkozása

egyéb adatok pl. fotó, életrajz stb.

Szeretnénk, ha lehetőség lenne az adatbázis folyamatos bővítésére.

Az adatbázist intézményünk és a helyi közösség részére fontos dokumentumként kezelnénk, jövőbeni terveink szerint a honlapunkon tennénk elérhetővé, egyéb történeti dokumentumokkal.

Köszönettel



Pirityi Hajnal
Pirityi Hajnal
intézményvezető

Csákvár 2022. 06. 04.24.

3. FELADAT ISMERTETÉSE

A csákvári Szent Vince Otthon kedvesnővéreinek temető parcellájának felmérése, térképezése, és térinformatikai adatbázis létrehozása. A térinformatikai adatbázisban a megfelelő egyedekhez tartozó adatok hozzácsatolása, és a megfelelő képek hozzárendelése.

Már létező hasonló térinformatikai rendszerek értékelése, elemzése. A feladat végrehajtása után a kapott eredmények értékelése.

A feladat megvalósulása során figyelembe vettem az otthon és a hozzátartozók kéréseit.



1. ábra - A temetőben található emlékkereszt az elhunytak emlékére

4. A FELADAT ELMÉLETI ÁTTEKINTÉSE

4.1. A légifényképek tájékozása, ortofotó előállítása

A kutatási feladatom során a légifényképek tájékozása és az ortofotó előállítása azért játszik jelentős szerepet, mert térképi alapot biztosít a geoadatbázis létrehozásához.

Az ortofotó előállítása egy több lépcsős folyamat, melynek első lépése a nyers fényképek elkészítése, amelyet általában megelőz az illesztőpontok helyének meghatározása, amik segítségével a későbbiekben a képek abszolút tájékozásra kerülnek.

Ha egy fotogrammetriának minősülő fényképet szeretnék kiértékelni, abban az esetben figyelembe kell venni a terepi magasságokat. A közel sík vagy annak tekinthető területek eshetőségében projektív transzformációval számíthatóvá válnak a terepi koordinátapárok (Y , X) koordinátái a tárgysíkon. A transzformációhoz szükséges paraméterek meghatározásához legalább négy közös pont, mint illesztőpont ismeretére van szükség. A gyakorlati megvalósítása során négy illesztőpontot alkalmaztam. [22]

Az illesztőpont egy olyan pont, mely a fotogrammetriában a kép térbeli helyzetének meghatározására szolgál. [24] Az illesztőpontok elengedhetetlenek ahhoz, hogy a terepen elkészített légifényképeket a lehető legpontosabb módon illesszük össze, hisz a felméréndő területet egy képpel nem lehet lefedni. Az ortofotó pedig az elkészült légifényképekből fog felépülni, így elengedhetetlen ezek pontos kapcsolódása. [22] [23]

A kép a centrális vetítés végrehajtása után is torzulásokat tartalmaz, melynek két oka lehetséges:

- képsík nem párhuzamos a térképezéshez választott tárgysíkkal, ami látszati vagy másképpen perspektív torzulást okoz
- a terepi magasságkülönbségek miatt ugyanazzal az X , Y tárgykoordinátákkal, de eltérő Z magasságokkal rendelkező pontok a képen nem egy pontban képződnek le. [22]

A digitális ortofotó előállításához kiindulásként szükségünk van a kép és a sugárnyaláb helyzetét megadó belső (ck , ξ_0 , η_0) és külső tájékozási elemekre (X_0 , Y_0 , Z_0 , φ , ω , κ), valamint az eredeti képet lefedő digitális magassági modellre. A belső tájékozási elemeket a kamera kalibrációból ismerjük, a külső tájékozási elemeket pedig térbeli hátrametszésből, illesztőpontok alapján számítjuk fokozatos közelítéssel vagy iteráció nélkül. A digitális magassági modell (DMM) vonatkozhat a topográfiai értelemben vett domborzatra (DDM-re,

azaz digitális domborzat modellre) vagy az összes objektumot magába foglaló terepre (DFM-re, azaz digitális felszín modellre). Ha valódi ortofotót szeretnénk előállítani, akkor a magassági modellünknek minden olyan objektum magasságát tartalmaznia kell, ami a felvételen látható.

4.2. Térinformatikai adatbázis építése, térkép létrehozása

Napjainkban a térképek készítése majdnem teljesen egybefügg az adatbázisok építésével, mivel a társadalom és az életvitel folyamatos fejlődésével egyre több az információmennyiség, amely körülvesz minket, és ezekből kell előállítani és szűrni a számunkra lényegeseket, tehát adatokat kell előállítani belőlük. Az információkból előállított adatok jelentős része manapság helyhez köthető jellegű, így ezek nyilvántartásba történő rendszerezésével egy térképi megjelenést is előállíthatunk.

A valós környezet modellezése során a minket körülvevő világot különböző térbeli kiterjedésű egyedekre bontjuk. Ezek típusai lehetnek: pont, vonal, poligon és felszín. A modell előállítása során főként annak célja határozza meg azt, hogy milyen térbeli objektumot milyen egyedként fogunk definiálni. A valóság pontszerű elemei általában jól elkülöníthető, egy ponttal megadható jelenségek, például: fák, közlekedési táblák, egy temetőkataszter esetében a keresztek vagy akár a kihelyezett közutak. Vonalként azonosíthatóak a folytonos, ám azonos, vagy közel azonos szélességgel meghatározható műtárgyak. A poligonok térbeli kiterjedéssel rendelkező, zárt alakzatok, melyek lehetnek szabályosak és szabálytalanok is, ezen alkalmazási módban parcella vagy sír a megfelelő szemléltetési mód rá.

A modellezés folyamata során tehát első lépésként a modell céljának megfelelően le kell határolnunk egy úgynevezett logikai modellben, hogy a különböző térbeli egyedek miként fognak majd megjelenni, hogyan a legszemléletesebb és legcélravezetőbb a bemutatásuk. Második lépésként el kell döntenünk, hogy raszteres vagy vektoros ábrázolási módot akarunk-e választani. A raszteres ábrázolási mód során a modell fő alkotó elemei a pixelek, melyek segítségével bontjuk a teret elemeire. A vektoros leképezés során a kiinduló elem a pont, a vonalak és a poligonok pedig meghatározott pontok összekötésével jönnek létre. [6]

A vektoros adatszerkezetek esetében a jól elkülönülő, könnyedén lehatárolható egyedek ábrázolása a célkitűzés. Az adatok előállíthatóak különböző geodéziai mérések eredményeképpen: például GNSS mérések, sokszögelések, különféle pontkapcsolások felhasználásával, ezeken kívül még szolgáltathatóak az adatok meglévő raszteres adatok, légifényképek vagy analóg térképek digitalizálásából. A pontok tárolása koordinátákkal

történik, a vonalakat az azokat alkotó pontok segítségével, a poligonokat pedig zárt vonalláncokként definiáljuk. A térbeli megjelenítéshez ez a módszer nagyon pontos képet tud adni.

A raszteres módszer, ezekkel ellentétben folyamatosan átalakuló, változó jelenségeket és a földfelszínt ábrázolja. Adatait vektoros állományok raszterizálásával, légifényképekből, űrfelvételekből, műszaki képekről és fényképekről nyeri. A pontot egyetlen pixellel, másként cellával ábrázolja. Egy pixel mérete a különböző pontosság meghatározásához eltérő lehet. A vonalakat a szomszédos, azonos értékű cellák összevonásával tudunk leképezni, hasonló az eljárás a poligonok esetében is.

Összefoglalva tehát három lépésben meghatároztam a megfelelő adatmodellt:

1. kiválasztottam a felméréndő területen, hogy mely entitásokat és milyen módon kívánok ábrázolni
2. eldöntöttem, hogy a vektoros adatszerkezet fogom használni, melyhez az adatokat légifényképek elkészítésével biztosítom majd, amennyiben szükséges lesz további geodéziai mérésekkel kiegészítve
3. a megfelelő szoftvereket kiválasztva, a felmérések elvégzése után végrehajtottam az adatbázis felépítését, mely úgymond az összeszerelési munkafolyamat.

Az adatbázis elemeit egyedek alkotják, melyeknél a leíró attribútum adatokat a pontréteg fog tartalmazni a dolgozatom esetében. Az adatok kapcsolata háromféle lehet a térinformatikában is, hasonlóan az informatikához, melyek a következők lehetnek:

- 1:1 kapcsolat: ebben az esetben a táblázat egy eleméhez egy másik táblázat egy eleme tartozik, ezzel egyértelmű kapcsolatot leírva.
- 1:N kapcsolat: az 1:1-es kapcsolati szintnél bonyolultabb kapcsolódási mód, mely azt fejezi ki, hogy egy elemhez a másik táblából több elem is kapcsolódhat.
- M:N kapcsolat: ennél a kapcsolati típusnál a bármely tábla bármennyi eleméhez a másik táblázat elemei közül is bármennyi kapcsolódhat egyszerre.

A kapcsolatok alapján a két egyed közti viszonyt írja le, ennek megfelelően mindig az alábbi három közül kerül kiválasztásra a legmegfelelőbb opció.

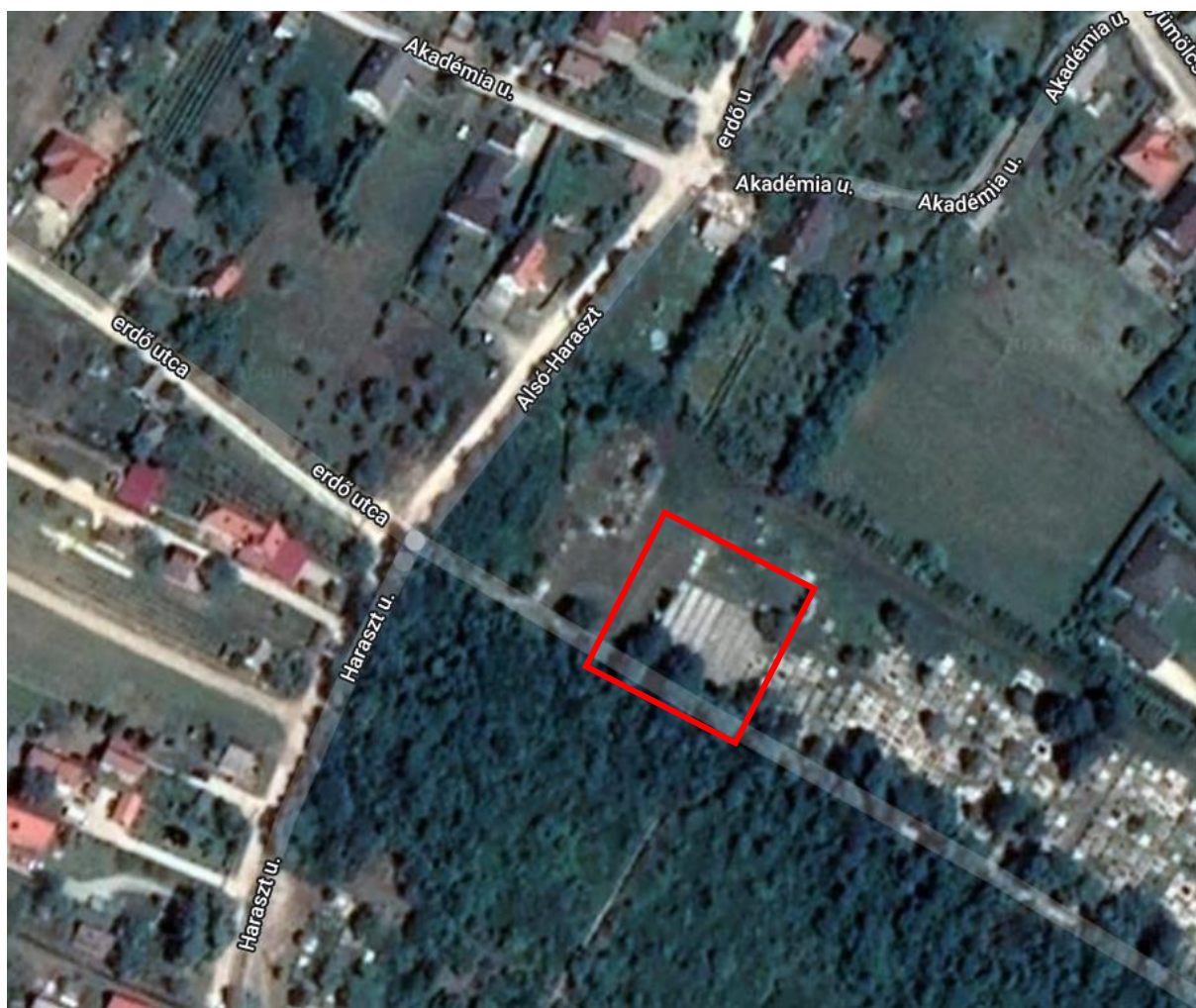
Az alap adatbázisnak tartalmaznia kell egy kapcsolóelem oszlopot, melyet tartalmaz majd a csatolandó adatok táblázata is, hisz ennek segítségével kerülnek egymással kapcsolatba az összerendelendő adatok. A táblázatok összekapcsolására a térinformatikai szoftverek több opciót is felkínálnak. A dolgozat megvalósításához az ArcGIS szoftvercsalád ArcMap programjára esett a választásom, melyre a későbbiekben kitérek majd.

A fent említett szoftverben a kapcsolat létrehozására két mód van a Join vagy a Relate opciók.

A Join opció a legjobb az 1:1-es kapcsolatok létrehozásához, ám ebben az esetben ez számomra már az előzetes elgondolás alapján sem lenne jó, hisz általánosságban is előforduló a temetők esetében, hogy egy fejfá több táblát is tartalmaz, mely a több elem előfordulását jelenti az egy ponthoz társítva, ezért a választásom a Relate-re esett, mellyel megvalósítható az 1:N-es és az M:N-es kapcsolatok átlátható adatvesztéségmentes kezelése is. [7] [8] [13]

5. ELŐKÉSZÍTÉS

5.1. Terep előzetes áttekintése



2. ábra - A felméréendő terület műholdképe [1]

A terep előzetes áttekintése során a sírok elhelyezkedéséből adódóan a felméréendő területen az UAV felmérést gondoltam a legcélravezetőbbnek a parcella elhelyezkedése és alakja alapján. Az 2. ábrán szereplő Google Műholdkép alapján is jól látható, hogy az említett terület több irányból is könnyedén megközelíthető volt mind autóval, mind pedig gyalogosan is, továbbá az is kivehető, hogy a lombos növényzet árnyékolása a terület egy részére kihatva nehezítette a felmérés körülményeit, melyekre további megoldásokat kellett kitalálnom, melyekre a későbbiekben kitérek majd.

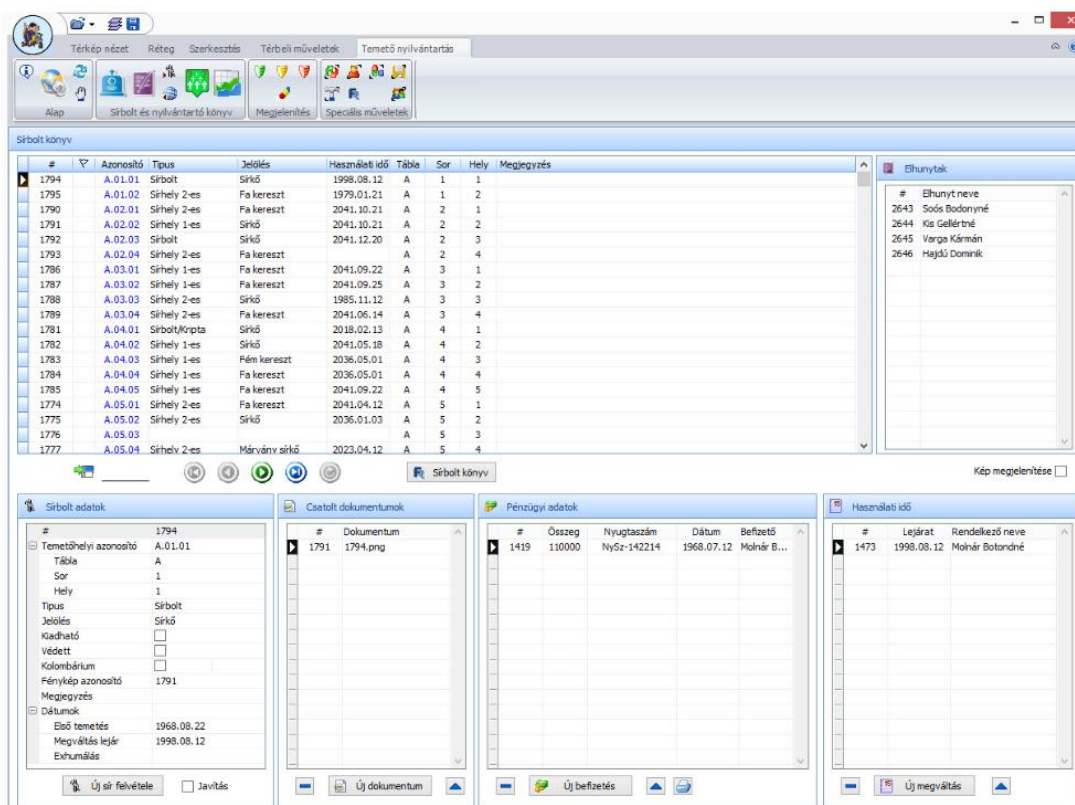
5.2. Hasonló térinformatikai rendszerek áttekintése

Napjainkban a digitalizáció világában már számos különböző elven működő térinformatikai rendszer létezik, és ez nincs másként a temetői nyilvántartások tekintetében sem. Az alábbi fejezet részben pár már létező weblap lehetőséget tekintek át különböző szolgáltatóktól, melyek remek mintaként is alapul szolgálhatnak a kutatási feladat megvalósítása során.

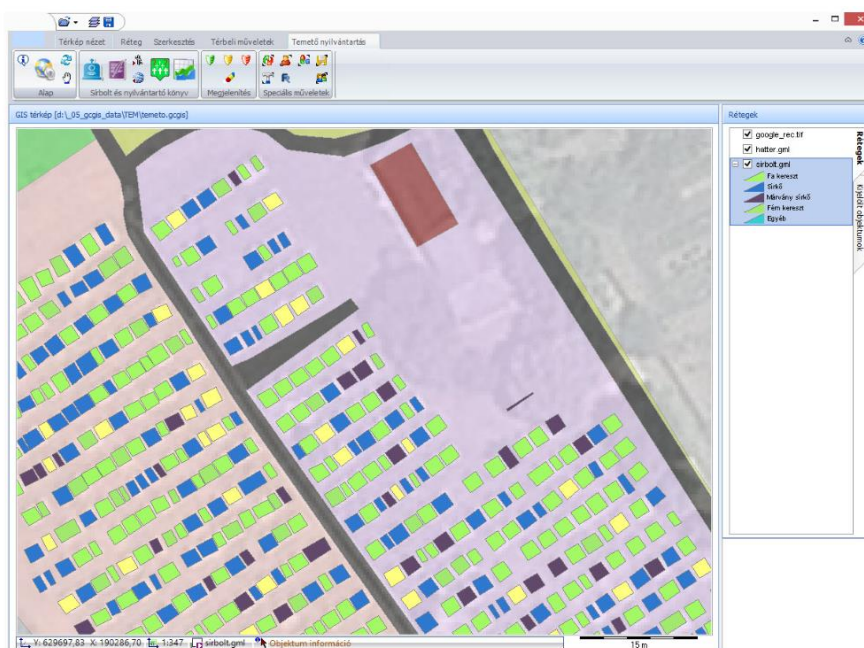
5.2.1. GeoCalc GIS 2

A GeoCalc programcsalád térinformatikai nyilvántartási rendszer lehetősége a GeoCalc GIS 2 program Kulcsár Attila tervezésében és megvalósításában. A szoftver kimondottan a temetői adatkezelés menedzselésére készült, mely egyszerű lekérdezésekre is lehetőségeket kínál a felhasználók számára.

A rendszer a hatályos jogszabályokat szem előtt tartva kínál megfelelő kombinációt a térképi megjelenés és a leíró adatok sokasága között. [15] [16]



3. ábra - GeoCalc GIS 2 leíró adatok megjelenítése

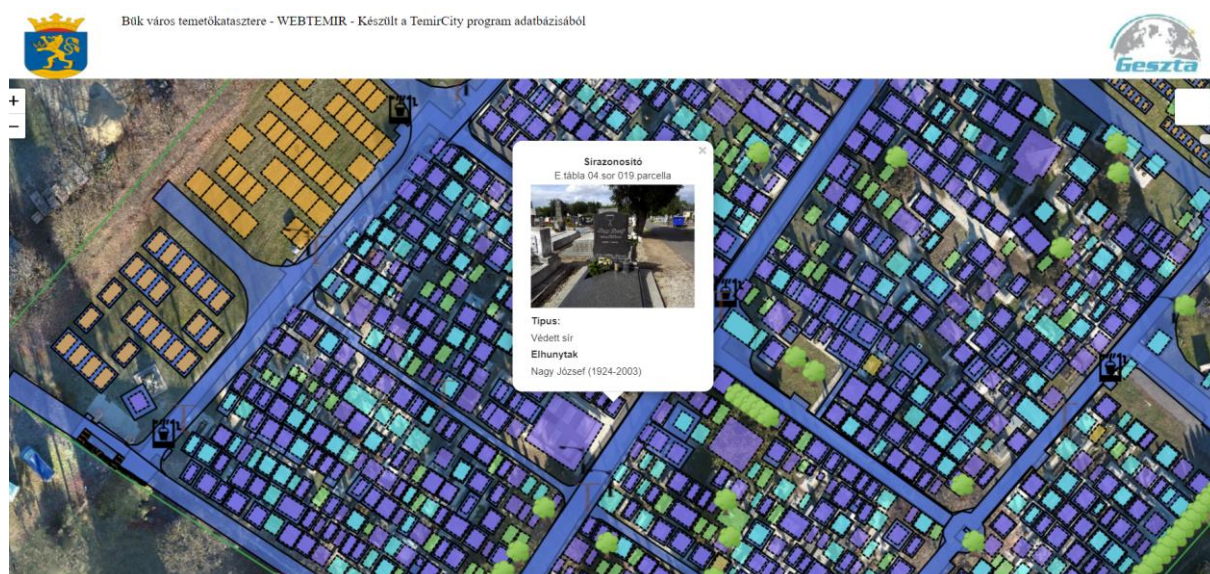


4. ábra - A GeoCalc GIS 2 térképi megjelenése

5.2.2. WebTemir

A WebTemir csapata a GeoCalchoz hasonlóan a korszerű, minőségi és innovatív temetőnyilvántartás megvalósítására törekszik. A program nyújtotta lehetőségeket napjainkban már 23 település temetőfenntartója használja.

A különbség a két térinformatikai rendszer közt, hogy a WebTemir lehetőséget nyújt a sírokról készült aktuális képek megjelenítésére is, amely a hozzátartozók számára vizuális képet adhat elhunyt szerettük végső nyughelyéről.[17] [18] [20] [21]



5. ábra - A WebTemir megjelenítése a Bük városi temetőben [19]

6. A FELMÉRÉSHEZ HASZNÁLT ESZKÖZÖK

6.1. Műszerek

6.1.1. DJI Phantom 4 drón



6. ábra - DJI Phantom 4 drón [2]

A repülés végrehajtásához és a légifényképek elkészítéséhez a 6. ábrán látható DJI Phantom 4 drónt használtam. Az eszköz súlya 1380 gramm.

Kamerájának főbb adatai:

- érzékelője: 1/2,3" CMOS
- effektív pixelek száma: 12,4 M
- lencse: FOV 94° 20 mm (35 mm-es formátumnak megfelelő) f/2.8 fókuszt ∞
- ISO tartomány: 100-3200 (videó)
100-1600 (fotó)
- elektronikus zársebesség: 8 - 1/8000 s
- képméret: 4000×3000

A kamera több lehetőséget biztosít fényképezési módokra, például egyetlen felvétel, sorozatfelvétel: 3/5/7 képkocka, automatikus expozíciós sorozat (AEB): 3/5 expozíciósorozat 0,7 EV-nél, timelapse, HDR. A fényképek fájlformátumára is több opció lehetséges, mint például a JPEG, DNG.

A videók kiterjesztését illetően az MP4, MOV (MPEG-4 AVC/H.264) típusokat támogatja. Mozgókép felvételi módjai pedig az alábbiak:

UHD: 4096×2160 (4K) 24/25p

3840×2160 (4K) 24/25/30p

2704×1520 (2,7K) 24/25/30p

FHD: 1920×1080/24/0/0/4 24/0/0 / 120p

HD: 1280×720 24/25/30/48/50/60p [9]

6.1.2. Leica GS18 T GNSS RTK Rover



7. ábra - Leica GS18 T GNSS RTK Rover [3]

Az illesztőpontok pontos helyzetének meghatározásához a 7. ábrán látható Leica GS18 GNSS T RTK Rover GPS-t használtam.

A műszer különlegessé, hogy dőléskompenzációs megoldást használ, így nem kell ügyelni a libellára, emellett a mágneses zavaroktól is védelmet biztosít, mindezt kalibráció nélkül. Az IMU (Inertial Measurement Unit) és az intelligens antenna biztosítja a valódi dőléskompenzációt. A műszer nevében a T jelentése tilt – dőlés.

A műszer inicializálási ideje általában 4 másodperc. [10]

6.2. Szoftverek

6.2.1. Pix4D

Az Pix4D szoftver egy olyan fotogrammetriai program, amelynek felhasználási területe elég széles. A digitális képek fotogrammetriai célú feldolgozásán kívül téradatok generálására is alkalmas. Könnyedén elvégezhető vele a pontfelhő és ortofotó előállítás.

A készen előállított termékekről különböző megbízhatósági elemzések készíthetők, ezen felül az adatok is mérhetők, és kimenthetők különböző formátumokban például különböző térinformatikai szoftverek számára alkalmas shape-ként is. [11]

6.2.2. ArcMap 10.4.1

Az ArcMap az ESRI által forgalmazott ArcGIS szoftvercsalád szerves része, mely már az első kezdeményezéseknél elérhető volt. A szoftver kettő nézetelrendezést támogat: van egy adatnézet, és egy elrendezés nézet.

Az adatnézet szoftver térképszerkesztőnézete nagyon sokoldalú, a termékcsalád 10-es verziójában alapértelmezésben a jobb oldalon található meg az ArcCatalog párbeszéd ablak, melynek segítségével könnyedén kikereshetővé válnak az általunk használni kívánt könyvtárak és adatok. A programban lehetőség van a lebegő párbeszédablakok rögzítésére. A kezelőfelület bal oldalán lelhető fel a tartalomjegyzék (Table of Contents) és a behívott rétegek (Layers) menük elérése, ez elengedhetetlen a térkép szerkesztése szempontjából, hiszen itt tudjuk ki és bekapcsolgatni a különböző rétegeket, és itt állíthatóak többet között a szimbólum tulajdonságaik is.

Az elrendezés nézet (Map View) már a készre szerkesztett térképet mutatja, melyre elhelyezhetővé válnak a szokásos kartográfiai elemek, mint például a jelmagyarázat, méretarány, lépték, észak jel, térkép címe, és egyéb fontos, az értelmezést segítő leíró adatok (pl.: vetülete, készítés adatai). A program lehetővé teszi számunkra a több adatkeret elhelyezését és megírását is. [14]

6.2.3. ITR 6

Az ITR (Interaktív Térképszerkesztő Rendszer) program a Digicart Kft. tulajdonában lévő Magyarországon fejlesztett szoftver, mely a digitális vektoros térképek szerkesztésére és kezelésére szolgál.

Az ITR alkalmas a pontok, vonalak, ívek, feliratok, jelkulcsok és blokkok szerkesztésére, emellett több területszámító- és osztómodullal is rendelkezik. Külön funkciócsoport benne a listázás, melynek segítségével a pontok és azok koordinátáinak, pontkódjának kigyűjtése jelentős mértékben felgyorsítható.

A program alkalmas többek között még a DXF, DAT, ASCII adatsereformátumokat beolvasására, és a benne szerkesztett állományokat ezekben a formátumokban exportálni is, például .csv, .txt. [4]

7. TEREPI MUNKÁLATOK

7.1. Illesztőpontok helyének meghatározása

A felmérésre 2021. október 22-én került sor. Az illesztőpontok helyét a terepen az 6.1.2 bekezdésben látható Leica GS18 T RTK GPS-el határoztam meg, megjelölésükhöz az ortofotón is szemléletesen láthatóan neonnarancssárga festett „x” jelet alkalmazva. A mérés során a GNSS (Global Navigation Satellite System) mérési típusok közül az RTK (Real Time Kinematic) folyamatos, valós idejű helymeghatározási módszert alkalmazva mértem be az említett műszerrel az illesztőpontok pontos helyét. [5]

7.2. UAV felmérés végrehajtása

A felmérés végrehajtása a lombhullató növények lombkoronájának elvesztése után, 2021. október 22-én történt, hogy a takart területek mértéke minimális lehessen. A légifényképek elkészítéséhez és a repülés végrehajtásához a 6. ábrán látható DJI Phantom 4 drónt használtam. A repülés megkezdése előtt körbejártuk az érintett területet, majd a 7.1. pontban leírt módon meghatároztam az illesztőpontok helyzetét a terepen, hisz ezek elengedhetetlenek a feldolgozás során az ortofotó előállításához a légifényképekből.

A légifényképek elkészítéséhez a repülés magasságát a helyszín faboritottsága miatt 30 méterre állítottam.



8. ábra - A repülési tervről készült kép a folyamat közben

7.3. Mérőszalagos felmérés végrehajtása

Az előzetes feldolgozás során nyilvánvalóvá vált, hogy vannak olyan pontok, amelyek nem láthatóak az ortofotón, ezért a pontfelhőn sem azonosíthatók, mert takarta őket az örökzöld növényzet. A probléma okán elhatároztam, hogy szükség lesz egy pótmérésre, de mivel csak pár pont hiányzott a nyilvántartás teljeskörű létrehozásához, ezért úgy döntöttem, hogy már meglévő, ortofotó alapján meghatározottponthoz viszonyítva (pl. :) ortogonális mérést hajtok végre a pontok helyzetének meghatározásához. A pótmérés végrehajtására 2022. március 9-én került sor.

A keresztek teljes mértékben egy sorban helyezkedtek el, így az ordináta értékek minden pont esetében nulla értékűek voltak. A mérés során az érintett területekről mérési jegyzetet vezettem.



9. ábra - Légifénykép a felmérés során, melyen látható a növényzet befolyásoló hatása

7.4. Fényképek elkészítése

A fényképek elkészítését a felmérés napján végeztem el. A képek sorrendjei és így a keresztek sorszámozása is a repülési terv irányához kapcsolódva lettek meghatározva. A fényképek az adatbázis attribútum táblájához kerültek csatolásra, mint megjelenő hiperhivatkozások, és a keresztek további leíró adatai.

A képek elkészítéséhez a Huawei P30 Lite okostelefonom kameráját használtam. A fényképek sorszámozását a későbbi munkafolyamat felgyorsítása érdekében a helyszínen elvégeztem.

A telefon hátlapi kameráját használtam fel a fényképek elkészítéséhez, melynek felbontása 48 megapixeles volt, a kapott fényképek kiterjesztése JPEG fájlformátumú.

8. IRODAI FELDOLGOZÁS

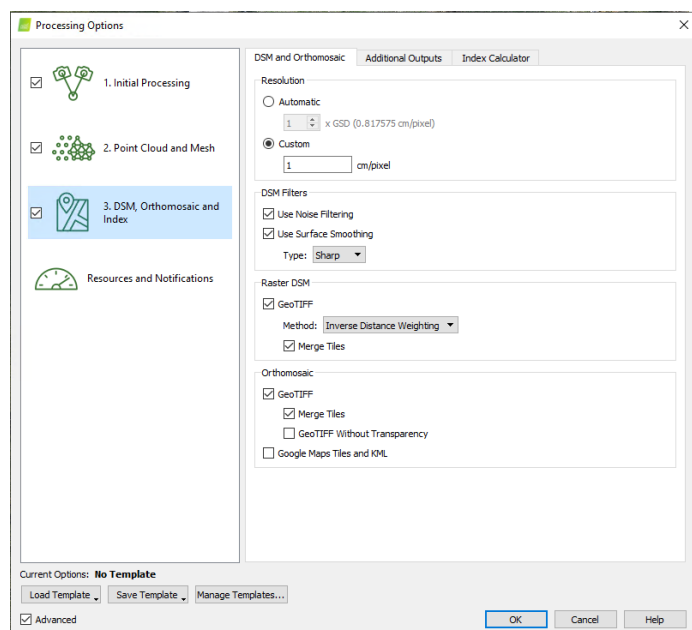
Az irodai feldolgozás folyamata több lépcsős folyamat volt. A Szeretetotthon dolgozói által összegyűjtött analóg adatok kiválogatásával kezdődött a feldolgozás. A sikeres rendszerezés elvégeztével kiválasztottam a legmegfelelőbb szoftvereket a feladat teljesítéséhez. Választásom az ortofotó előállításához a 6.2.1. pontban ismertetett Pix4D szoftverre, míg az adatbázis felépítéséhez a 6.2.2. pontban látható ArcMap-re esett.

Mindezek után az ortofotó előállítása következett a légifényképekből, amely az adatbázis grafikus alapjául szolgált. Ennek befejeztével kezdődött az adatbázis építése, majd a későbbiekben felbukkanó hiányzó, rosszul kivehető részek pótlása a kiegészítő mérésekből.

8.1. Légi felvételek tájékozása, pontfelhő és ortofotó létrehozása

A légi felvételek tájékozását, a pontfelhő és ortofotó létrehozását a korábban bemutatott Pix4D programban készítettem el.

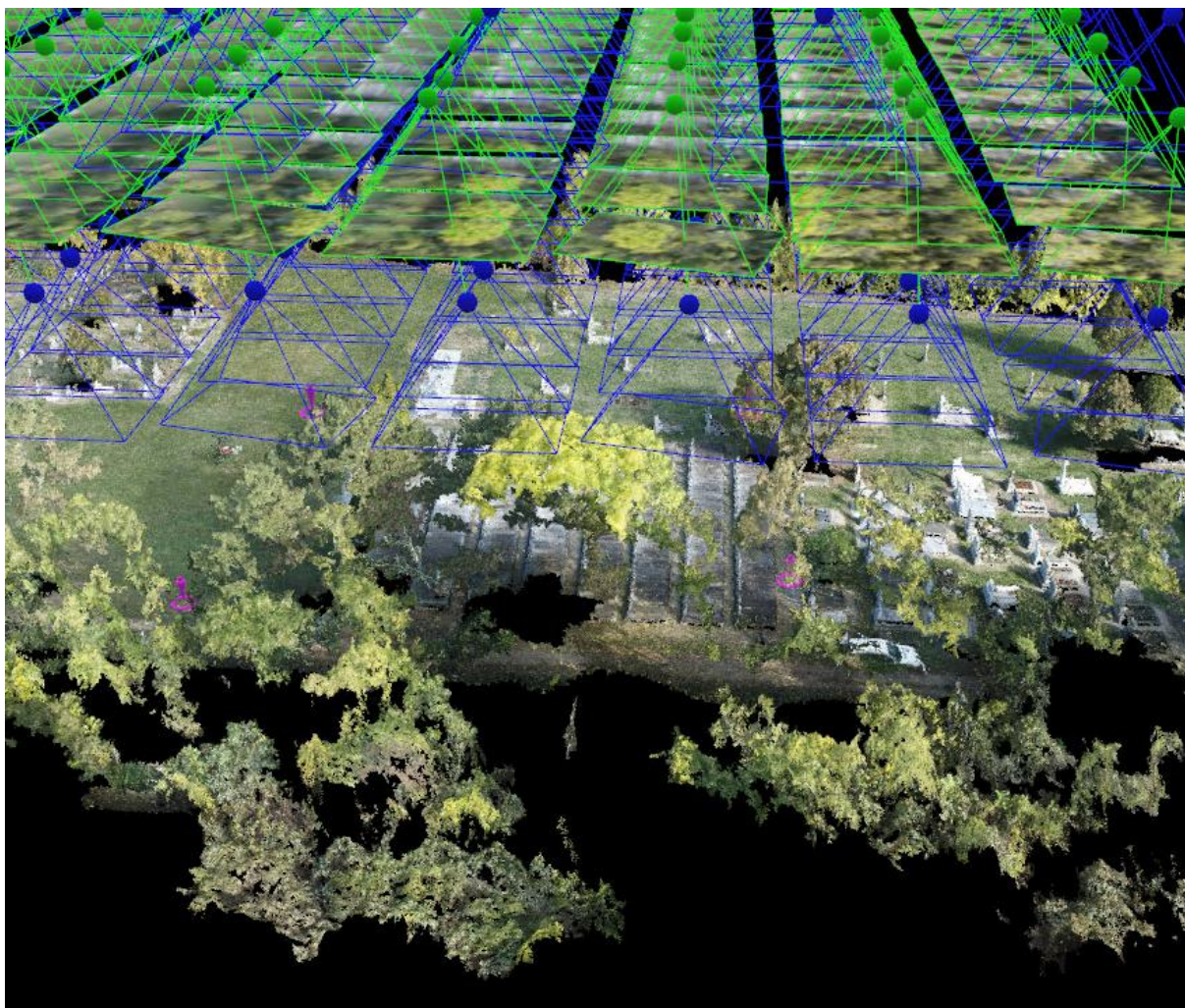
A szoftver indítása után első lépésként a behívtam a 6.1.1.-es pontban látható Phantom 4 drón által elkészített légifényképeket, a képek EXIF adataiból a szoftver eléri a számára fontos információkat a készítés pillanatáról, mint például a képek helyzetének WGS koordinátáit. Ennek köszönhetően nincs szükség az előzetes külső tájékozási adatok külön megadására.



10. ábra - Az ortofotó előállításához szükséges beállítások

Ezt követően az Output állomány eredmény vetület beállításai következtek, mely során megadtam, hogy a vetületi rendszer EOVS vetület legyen.

A Raycloudnál a mért és számított eredmények közti különbségeket láthatjuk a légi háromszögelés végrehajtása után.



11. ábra - A mért és a számított eredmények közti különbség a légháromszögelés végrehajtása után

A GCP-k (illesztőpontok) képméréséhez először behívásra kerültek a pontok koordinátái egy txt állományból, és ha van egy kész relatív légháromszögelésünk, akkor a Raycloud monitorban tudjuk mérni az illesztőpontokat. Mivel ezzel a funkcióval lehetőségünk van a fényképen látható illesztőpontok automatikus kijelölésére beépített gépi látás funkció segítségével, ami nagyban megkönnyíti és gyorsítja ezt a különben manuális munkát, érdemes mindenképp előzetes légháromszögelést futtatni, ami relatív tájékozottá teszi az

adatkészletünket. Az összes illesztőpont bemérése után a Process menüben végeztem el az optimalizálást, mely segítségével a relatív tájékozott légiháromszögelésünk abszolút tájékozást is kapott, a képkoordináták a helyes földrajzi koordinátán jelentek meg. A Raycloud menüben az eredetileg drón által mért és a légiháromszögelés eredményei alapján számított különbségeket láthatjuk. Normálisnak mondható jelenség, hogy a drónok abszolút magasságmérési eredményeiben akár 50-100 méteres hiba is lehet, amit a megfelelő eljárással korrigálható, de ez esetben az eredeti magasságokkal dolgoztunk. A korrigálást fényképezés végrehajtásával a felszállás előtt és a leszállás után, majd a pozíció RTK módszerrel történő mérésével, javítás számításával, magasságok korrigálásával tudnánk végrehajtani.



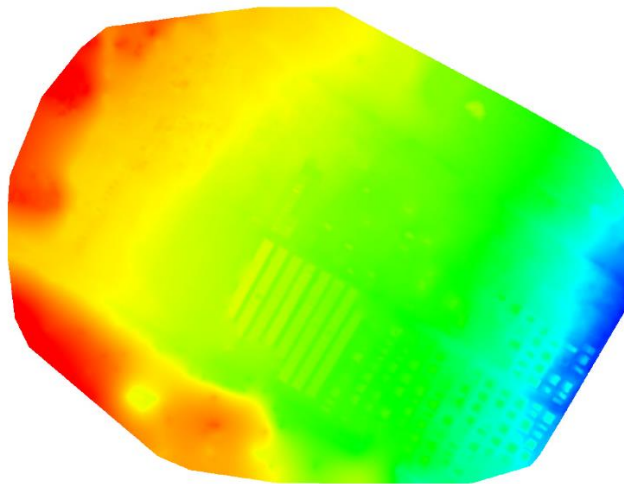
12. ábra - Az illesztőpontok elhelyezkedése a felmérendő területen

8.2. Pontfelhő megbízhatósági elemzése

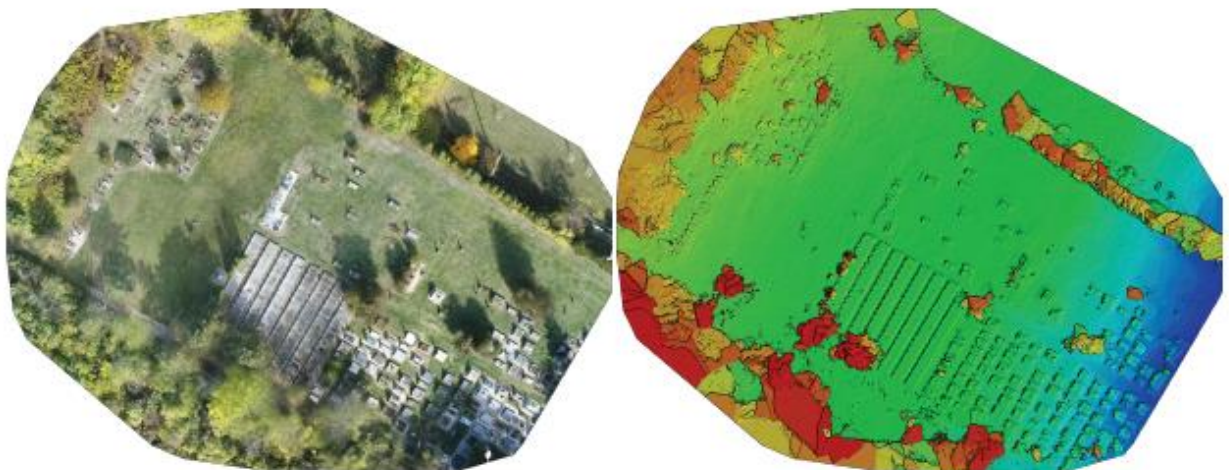
A korábban már ismertetett Pix4D programban tovább dolgozva végeztem el a pontfelhő megbízhatósági elemzését is a szoftver egyik saját beépülő modulját használva. Kiválóan

kivehetőek a már az előkészítés során műholdképről szembetűnő fás és bokros területek, melyek valóban akadályozó tényezőként szolgáltak a felmérés során is, ezek pirossal kerülnek megjelenítésre mindkét modellen.

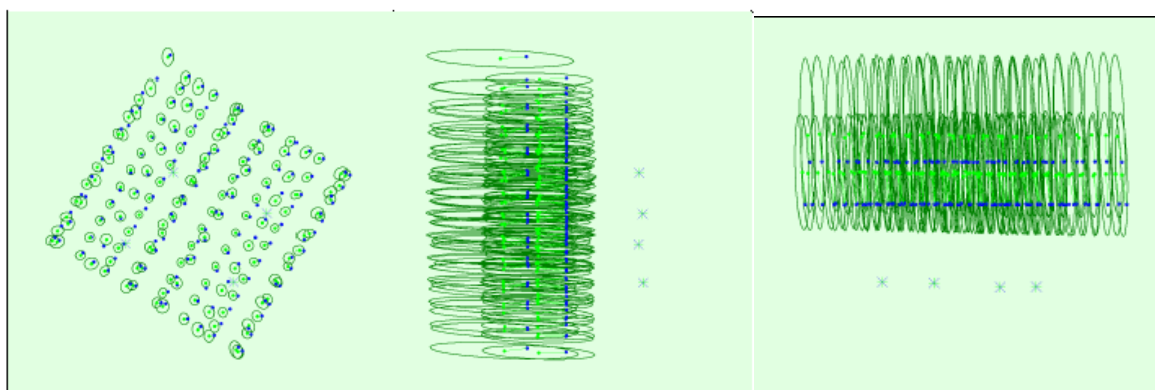
A képek szemléltetik a kapott megbízhatóság eredményeket, numerikus és hibaellipszist. A DTM és DSM színezése mutatja be a terület magasságát. A DSM, DTM a terület szélein megbízhatatlan lesz, ha van bármi növényzet, vagy mesterséges objektum, mert nem fogja megtalálni a földfelszínt az algoritmus, de úgy lett lerepülve, hogy a fontos területre jó legyen.



13. ábra - DTM



14. ábra - Ortofotómozaik és DSM



15. ábra - Numerikus és hibaellipszisek

8.3. Geoadatbázis létrehozása, térkép szerkesztése

A geoadatbázis megtervezését és létrehozását az ESRI által forgalmazott ArcGIS szoftvercsomag ArcMap programjában végeztem el. Első lépésként létrehoztam egy geoadatbázist (File Geodatabase), majd ezen belül a különböző rétegeket. A rétegek megválasztása során létrehoztam egy poligon területet, melyben a parcellák lehatárolása található soronként, majd egy pont réteget, ami a keresztek középpontját jelöli. A pont felülethez rendeltem a különböző attribútum adatokat, amelyek a következők voltak:

- id
- parcella id
- sor száma
- sorszám
- név
- elhunyt
- élt (x évet)
- kép

Amennyiben egy ponthoz, több elem tartozik, azokban az esetekben ezek az oszlopok többszöröződnek. Általában egy vagy két elhunyt tartozik egy ponthoz, de vannak olyan esetek, mikor akár négy is.

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
id	Text
parcella_id	Short Integer
sor_szama	Short Integer
sorszam	Short Integer
nev_1	Text
elhunyt_1	Short Integer
elt_1	Short Integer
nev_2	Text
elhunyt_2	Short Integer
elt_2	Short Integer
nev_3	Text
elhunyt_3	Short Integer

Click any field to see its properties.

Field Properties	
Alias	parcella_azonosító
Allow NULL values	Yes
Default Value	

Import...

To add a new field, type the name into an empty row in the Field Name column, click in the Data Type column to choose the data type, then edit the Field Properties.

16. ábra - Adatbázis építése, a kereszteket leíró adatainak meghatározása

A leíró adatok adattípusai közt a kapcsoló elem, a név és a kép oszlopok esetében a szöveg (text) típust alkalmaztam, különböző hosszúságokat alkalmazva. A négy név és a kép oszlopok szélességét ötvenes szélességre vettem, az kapcsoló elemét pedig tizenötösre. Az id oszlopban azért volt szükség a szöveg adatformátum alkalmazására, mert a kapcsolóelemek számait pontok választják el (például az első egyed esetében a kapcsolóelem: 4.1.1), így a text volt a legmegfelelőbb választás arra, hogy a program kezelje majd ezt is.

Rövid egész (short integer) adatformátumot alkalmaztam a parcella azonosító, sor száma, sorszám, elhunyt és élt oszlopokban, mert ezekben a leíró adat csak egy önmagában álló szám. Az attribútum táblázat rekordjainak nevében ügyeltem arra, hogy sehol sem tartalmazzanak ékezeteket annak érdekében, hogy a program tudja őket kezelni, ezért a magyarosítás megoldásaként az alias oszlopot minden esetben kitöltöttem a könnyebb érthetőség érdekében. A képek hiperhivatkozásként történő becsatolásának megvalósulásához a kiválogatott, és sorszámozott képhalmazt egy mappában helyeztem el, ügyelve arra, hogy a mappa neve sem tartalmazzon ékezeteket, és elhelyeztem a megfelelő adatszinten, hogy a szoftver képes legyen kezelni, mely azt takarta, hogy létrehoztam egy images nevű mappát egy adatszintén a korábban már létrehozott geodatbázissal.

Ezek után az előre kiválogatott, rendszerezett attribútum adatok táblázatát a Relate paranccsal

csatoltam hozzá az eleve adott táblához kapcsoló id segítségével. Az adatokat a csákvári Katolikus Szeretetszolgálat Szent Vince Otthon dolgozói rendekre bontva küldték el számomra, melyben összesen 19 rend szerepelt, melyek az alábbiak voltak:

- Civilek
- Isteni Megváltó Leánya Kongregáció
- Irgalmas Nővérek Páli Szent Vince Szeretet Leányai
- Kalocsai Iskola Nővérek
- Krisztus Király Nővérek Társulata
- Anunciata Nővérek
- Miasszonyunkról Nevezett Szegény Iskolanővérek Szeged
- Szent Orsolya Rend Orsolyaita Nővérek
- Assisi Szent Ferenc Leánya Ferences Nővérek
- Szervita Nővérek Magyar Kongregációja
- Keresztes Nővérek
- Szent Domonkos-Rendi Nővérek Kongregációja Domonkos Nővérek
- Premontrei Női Kanonokrend
- Angers-i Jó Pásztor Szeretetéről Nevezett Miasszonyunk Kongregációja Jópásztor Nővérek
- Szatmári Irgalmas Nővérek
- Szent Erzsébet Rend
- Angolkisasszonyok
- Örökimádó
- Jézus Szíve Népleányai Társaság

A kapott adatokat hosszas időn keresztül, többszöri áttekintés után párosítottam az általam temetőben rögzített információk alapján így született meg a csatolható attribútum adatok táblázata. Az adatok szelektálása, és rendszerezése során munkámat jelentős mértékben nehezítette az, hogy a halmazban szerepeltek egyező nevek és hozzájuk tartozó halálozási dátumok. További problémát jelentettek, hogy a temetőben több helyen szemmel láthatóan fellelhető volt a hiányzó táblák, melyek adatvesztést okoztak. Az egyik legfőbb problémát pedig a néveltérések okozták, melyek a leíró adattábla részeit is képezik. Ez a probléma okozta a legnagyobb nehézségeket a válogatás folyamata során. Oka pedig, hogy az adott személyek neve máshogy került vezetésre az adott időpillanatokban a különböző nyilvántartásokban.

A csatolható leíró adatok táblázatának elemei a következők:

- ID
- név
- rend
- születési hely
- születési dátum
- anyja neve
- utolsó lakóhely
- foglalkozás
- beköltözés dátuma
- elhalálozás időpontja
- ismert hozzátartozó
- nyilvántartási szám

A térkép szerkesztését egy korábbi fejezetben említett ArcMap programban végeztem. A geoadatbázis létrehozása után, az ortofotó behívását követően kezdtem el a megfelelő réteget szerkesztését elvégezni, hogy összeálljon a teljes térképi kép.

Kezdetben felmerült bennem, hogy az ArcGIS által kínált automatikus digitalizálási módszert válasszam, viszont a terület inhomogenitása miatt az igen nagy felbontás ellenére ebben a funkciópanelben nem tudtam olyan kritériumokat megfogalmazni, melyekkel működött volna az automatizálás, így sajnos ezt az ötletet el kellett vessem és kézzel elvégezni az ortofotó digitalizálását.

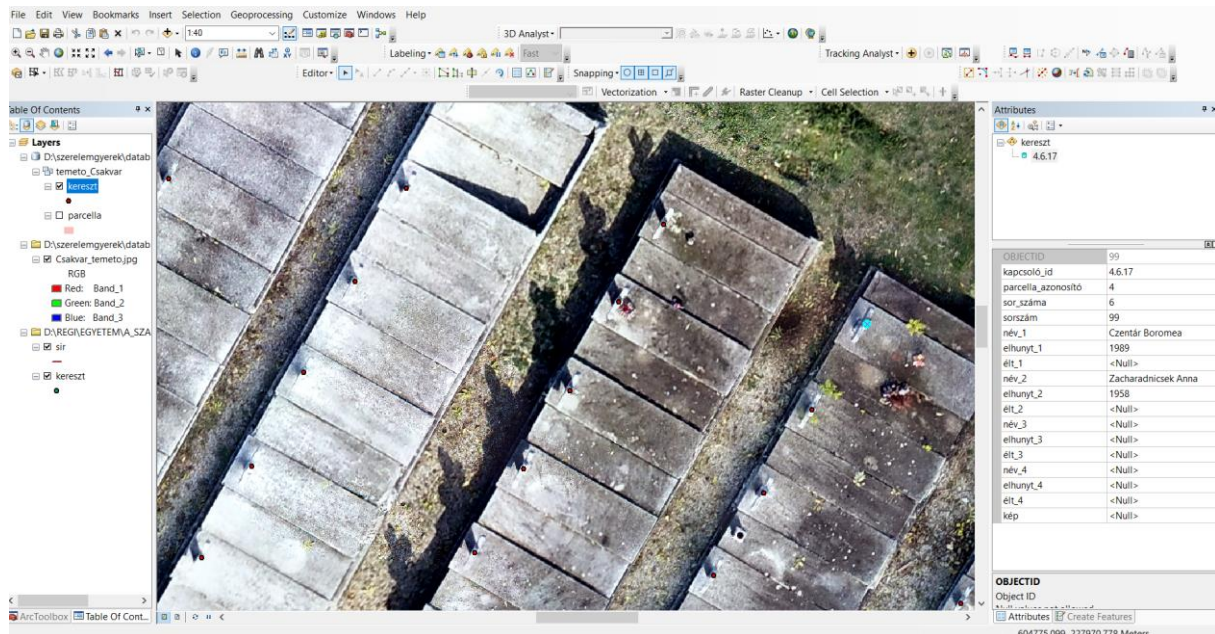


17. ábra - Temető felméréskori állapota



18. ábra - A parcella poligonok digitalizálása a Rectangle funkció használatával

A sírbolt parcelláinak digitalizálása során az Editor szerkesztőmenüben aktiváltam az eszköztárat a szerkesztés elkezdése (Start Editing) funkcióval, majd a szerkesztő elemek (Construction Tools) közül a téglalap (Rectangle) opcióra esett a választásom a növényzet borítottság miatt, hisz ezt a funkciót használva könnyedén tudtam meghatározni a poligonok helyzetét. A 18. ábrán láthatóan a szerkesztés során ideiglenesen a parcellák színét pirosra állítottam, hogy elüssön a színárnyalat a növényzet és a parcellák színéktől ezzel könnyebbé téve az átláthatóságot.



19. ábra - Keresztek helyének szerkesztése és a leíró adatok kitöltése

A keresztek helyét jelképező pontok felszerkesztésével kezdtem a munkafolyamatot. Sajnálatos módon a növényzetborítottság miatt voltak olyan részek, melyek az ortofotóról nem voltak tisztán láthatóak, így ezeket vagy a pontfelhőből mentettem ki, vagy pedig a szalagos felmérési részek közül a már meglévő pontok helyéhez viszonyítva egy korábbi fejezetben jellemzett ITR 6 program ortogonális pontfelszerkesztési lehetőségét alkalmazva meghatároztam a helyes ponthelyeket, majd ezeket listába gyűjtve egy .txt állományként kimentettem, majd az ArcMap-ba behívtam a megfelelő helyre.

A szerkesztési folyamatokkal párhuzamosan a 19. ábrán látható módon vezettem az attribútum adatok kitöltését is, manuálisan, minden keresztet jelölő pontnál. Miután az összes kereszt feltüntetésre került a térképen és elkészült a keresztekről leolvasható adatok alapján elkészíthető attribútum tábla is, ezután a már Microsoft Excelben lévő a rendektől származó, előre kiválogatott és rendszerezett leíró adattábla is hozzárendelhetővé vált a kiinduló adatkhoz.

Az adatbázishoz történő hozzácsatolást az ArcMap szoftver Relate parancsával végeztem el. A kereszt pontrétegen jobb egérgommbal kattintva a Join és Relate fülön a Relate funkciót választva kiválasztottam a kettő kapcsolóelem oszlopot mindkettő táblázatból, majd a funkciópanel OK gombjával végrehajtottam a kívánt műveletet. Ügyeltem arra, hogy a kiválogatott Excel munkafüzet és az adatbázis egy adatszinten helyezkedjenek el a számítógépen, mert amennyiben ez nem valósul meg az problémákat okozhat az elemek kapcsolása során.

9. KONKLÚZIÓ

A projektem elkészülte után szeretnék pár konklúziót levonni a feladatmegoldással kapcsolatban, hogy a jövőben mi lenne az, amit hasonló projektnél másképpen valósítanék meg.

Kezdeképpen a felmérés ellentmondásainak korrigálásaképpen, előzetes terepbejárást és repüléstervezést végeznék, mely segítségével pontosabban és gyorsabban kivitelezhetővé válna a feladat. A repülés során készülő légifényképek típusát JPEG helyett RAW-ra cserélném, amennyiben van rá lehetőség a kamerabeállítások között, melynek segítségével még jobb eredmények lennének elérhetőek, hisz az említett fájlformátum bár nagyobb tárhelyigényű, mint a JPEG, viszont elérhetővé teszi a kép fehéregyensúlyának korrigálását. Továbbá a megfelelő repüléstervező szoftver és fotogrammetriai feldolgozó program kombinálásával pedig még eredményesebben haladhatna a munka. [12]

A GIS szoftverekben tervezett, létrehozott és vezetett digitális temetőkataszterek rengeteg előnyt és lehetőséget tartalmaznak a felhasználók számára, mindemellett több konstrukcióban megvalósíthatóak a kívánt igényeket kielégítve.

Az adatbázisok könnyen és átláthatóbban kezelik az adatokat, mintsem papír alapú elődjeik, ezen felül sok opciót kínálnak arra is, hogy a nyilvántartás egyszerűsödjön, naprakész képet biztosíthatnak a különböző elévülésekről, mindazonáltal amennyiben az élő hozzátartozók számára is elérhetővé válnak, akkor a temetőben a sírok fellelése is egyszerűsödik számukra.

Manapság már könnyedén weblap is építhető a létrehozott adatbázisból a megfelelő fájlformátum kimentése után, mellyel bárki számára elérhetővé válik, hogy nyomon kövesse elhunyt hozzátartozója végső nyughelyének állapotát.

10. ÖSSZEFOGLALÁS

Az alábbi fejezetben szeretném röviden összegezni a feladatom megvalósulásának folyamatát. A projekt ötletét egy Geoinformatikai Intézet irányába történő kérés adta, mely során A Katolikus Szeretetszolgálat Szent Vince Otthon segítséget kért egy temetőkataszter megvalósításához, meglévő adatok rendszerezéséhez, egy temetőparcella rekonstrukciós folyamatának megvalósításának alapját szolgáltatva ezzel.

Az említett területről előzetes információgyűjtést végeztem a Google Earth segítségével, majd ez alapján, és az említett előzetes információk alapján az UAV felmérési módot találtam a legmegfelelőbbnek.

A megvalósítás könnyebb és gyorsabb hatásfokának elérése érdekében áttekintettem hasonló térinformatikai szoftvereket, mint amelyet én is létre kívántam hozni a megrendelő kéréseit szem előtt tartva. Összehasonlításként alapnak vettem a WebTemir csapata által létrehozott temetőkataszterek megjelenítési módjait, emellett Kulcsár Attila GeoCalc GIS 2 rendszerét.

A 6.1.1.-es pontban említett Phantom 4 drón segítségével végeztem el a légifényképek elkészítését, az ortofotó előállításához nélkülözhetetlen illesztőpontok térbeli helyzetét pedig a 6.1.2.-es pontban található Leica GS18 T modellel határoztam meg.

A felmérés elvégzésével a projekt következő lépése a feldolgozás szakasza volt, mely három részre tagolódott. Az első lépése a Szent Vince Szeretotthon dolgozóitól kapott adatok előzetes válogatása, és rendszerezése volt a terepen készített képeknek megfelelően, a második lépése az ortofotó előállítása volt, majd ezt követte a térinformatikai adatbázis létrehozása a hozzátartozó térképi elemekkel.

Az ortofotó előállítását a 6.2.1. pontban ismertetett Pic4D szoftverben végeztem el. Az ortofotó előállításához nélkülözhetetlen volt a pontfelhő létrehozása, és a képek külső és belső tájékozásának végrehajtása is. A képek EXIF adataiból a szoftver eléri a számára fontos információkat a készítés pillanatáról, mint például a képek helyzetének WGS koordinátáit. Ennek köszönhetően nincs szükség az előzetes külső tájékozási adatok külön megadására. Ezek után megadtam, hogy EOVS vetületi rendszerű legyen a végeredmény vetület. Az illesztőpontok képméréséhez először behívásra kerültek a pontok koordinátái egy txt állományból, és ha van egy kész relatív légiháromszögelésünk, akkor a Raycloud monitorban tudjuk mérni az illesztőpontokat. Mivel ezzel a funkcióval lehetőségünk van a fényképen látható illesztőpontok automatikus kijelölésére beépített gépi látás funkció segítségével, ami nagyban megkönnyíti és

gyorsítja ezt a különben manuális munkát, érdemes mindenképp előzetes légiháromszögelést futtatni, ami relatív tájékozottá teszi az adatkészletünket. Az összes illesztőpont bemérése után a Process menüben végeztem el az optimalizálást, mely segítségével a relatív tájékozott légiháromszögelésünk abszolút tájékozást is kapott, a képkoordináták a helyes földrajzi koordinátán jelentek meg. A Raycloud menüben az eredetileg drón által mért és a légiháromszögelés eredményei alapján számított különbségeket láthatjuk. Normálisnak mondható jelenség, hogy a drónok abszolút magasságmérési eredményeiben akár 50-100 méteres hiba is lehet, amit a megfelelő eljárással korrigálható, de ez esetben az eredeti magasságokkal dolgoztunk. A korrigálást fényképezés végrehajtásával a felszállás előtt és a leszállás után, majd a pozíció RTK módszerrel történő mérésével, javítás számításával, magasságok korrigálásával tudnánk végrehajtani.

A 6.2.1.pontban látható Pix4D szoftver beépülő modulja segítségével kaptam megbízhatósági elemzéseket az ortofotó minőségéről, mint például a numerikus és hibaellipszis.

A térkép szerkesztését és az adatbázis létrehozását a 6.2.2. pontban látható ArcMap programban végeztem. Választásom azért esett az említett szoftverre, mert kezelőfelülete egyszerű, és számtalan lehetőséget biztosít az adatok különböző megjelenítési módjaira, ezenkívül többfajta adatstruktúra megvalósítható benne.

Az adatbázis építését és ezzel egyidejűleg a térkép szerkesztését is a megfelelő rétegek létrehozásával kezdtem. Az adatok a pont réteghez lettek rendelve, hisz egy-egy kereszten több névtábla is található, mindemellett régebbi temetkezésről készült az adatbázis, így a meglévő papír alapú nyilvántartások alapján, csak az elhunytak számát tudták nagyjából meghatározni, ezért azonosítási szempontból és a megrendelő kérésének megfelelően az adatok a keresztek helyeihez lettek rendelve, melyek megjelenítéséhez a pont rétegtípus volt a legmegfelelőbb. (a pontok alapján már egyszerűen át lehetne térni felületszerű megjelenítésre is, ha időközben arra lenne igény). Mindemellett létrehoztam egy poligon felületet, melyben a parcellák lehatárolása található soronként.

Az attribútum adatok kitöltését a pontok elhelyezésével egyidejűleg végeztem el. Mikor már felépült az adatbázis, azután végeztem el a további attribútumok csatolását az adatbázishoz, melyhez a Relate funkciót alkalmaztam, amelynek oka az 1:N-hez arányú kapcsolatok voltak, tehát egy kereszthez sok esetben több név is tartozott, ezért az adatvesztés elkerülése érdekében és a jobb átláthatóságot biztosítva esett a választásom erre a funkcióra.

Az adatbázisban az egyedeknél lévő megjelenő képeket a felméréssel egyidejűleg készítettem el egy Huawei P30 Lite okostelefon 48 megapixeles hátlapi kameráját használva. Az attribútum táblázatban külön oszlopként jelennek meg leíró adatként, viszont a hiperhivatkozásként történő megjelenítés megvalósításához a képeket egy mappában sorszámozva elhelyeztem az adatbázissal egy adatszinten lévő images elnevezésű mappában, és erre hivatkozva lettek behívva az adatbázisba a megfelelő egyedhez.

A teljeskörű felépítés utolsó lépéseként beszúrta az attribútumtáblázatba kettő plusz oszlopot, melyek az Y és X koordináták helye a keresztek középvonalában, és a Field Calculate funkciót alkalmazva a szoftver kiszámolta a pontok pontos térbeli helyzetét, melyhez szükséges volt, hogy a szerkesztések elkezdése előtt megadjam a vetületi rendszerét az adatbázisnak, és arra, hogy georeferált képpel dolgozzak.

11.SUMMARY

In the following chapter, I would like to briefly summarize the process of the realization of my project. The idea of the project is requested by a Geoinformatics Institute, during which the Catholic Charity Service Szent Vince Otthon asked for help in the implementation of a cemetery cadastre, in the organization of current data, forming the basis for the implementation of a cemetery plot reconstruction process.

I collected preliminary information about the mentioned area with the help of Google Earth, and based on this, and based on the mentioned preliminary information, I found the UAV survey method to be the most suitable.

In order to achieve an easier and faster implementation efficiency, I reviewed similar geospatial software, as I wanted to create, keeping in mind the customer's requests. As a comparison, I used the display methods of the cemetery cadastres created by the WebTemir team, as well as Attila Kulcsár's GeoCalc GIS 2 system.

I used the Phantom 4 drone mentioned in point 6.1.1. to take the aerial photographs, and the spatial position of the fitting points necessary for the production of the orthophoto was determined with the Leica GS18 T model found in point 6.1.2.

After the survey was completed, the next step of the project was the processing phase, which was divided into three parts. The first step was the preliminary selection and organization of the data received from the staff of the Saint Vince Home in accordance with the images taken in the field, the second step was the production of the orthophoto, followed by the creation of the GIS database with the corresponding map elements.

The production of the orthophoto is described in 6.2.1. I did it in the Pic4D software described in. The creation of the point cloud and the execution of the external and internal orientation of the images were essential for the production of the orthophoto. From the EXIF data of the images, the software obtains important information about the moment of creation, such as the WGS coordinates of the position of the images. Thanks to this, there is no need to enter preliminary external information separately. After that, I specified that the projection of the final result should be based on the EOVS projection system. For the image measurement of the connection points, the coordinates of the points were first retrieved from a txt file, and if we have a ready relative aerial triangulation, we can measure the connection points in the Raycloud monitor. Since this function allows us to automatically select the connection points visible in

the photo with the help of a built-in machine vision function, which greatly facilitates and speeds up this otherwise manual work, it is definitely worth running preliminary aerial triangulation, which makes our data set relatively informed. After measuring all the connecting points, I performed the optimization in the Process menu, with the help of which our relative oriented aerial triangulation also received absolute orientation, the image coordinates appeared on the correct geographical coordinate. In the Raycloud menu, we can see the differences between what was originally measured by the drone and what was calculated based on the results of aerial triangulation. It is a normal phenomenon that the absolute height measurement results of drones can have an error of up to 50-100 meters, which can be corrected with the appropriate procedure, but in this case we worked with the original heights. The correction could be carried out by taking photographs before take-off and after landing, then by measuring the position using the RTK method, calculating corrections and correcting heights.

With the help of the plug-in module of the Pix4D software shown in point 6.2.1, I received reliability analyzes of the quality of the orthophoto, such as numerical and error ellipsis.

Edit the map and create the database in 6.2.2. I completed it in the ArcMap program shown in point. I chose the mentioned softver, because its user interface is simple and provides countless options for different ways of displaying data, in addition, several types of data structures can be implemented in it.

I started building the database and at the same time editing the map by creating the appropriate layers. The data was assigned to the point layer, because there are several name plates on each cross, and the database was created from older burials, so based on the existing paper-based records, they could only roughly determine the number of the deceased, therefore from the point of view of identification and in accordance with the customer's request, the data was assigned to the locations of the crosses, for which the point layer type was the most suitable for display. (based on the points, it would be possible to simply switch to a superficial display if there was a need for it in the meantime). In addition, I created a polygon surface in which the parcels are demarcated per row.

I filled in the attribute data at the same time as placing the points. When the database was already built, I added the additional attributes to the database, for which I applied the Relate function, the reason for which was the 1:N relationship, so in many cases there were several names to a cross, so in order to avoid data loss and I chose this function to ensure better transparency.

I took the images of the individuals in the database at the same time as the survey using the 48 megapixel rear camera of a Huawei P30 Lite smartphone. In the attribute table, they appear as descriptive data as a separate column, but in order to display them as hyperlinks, I placed the images in a folder with serial numbers in a folder called images on the data level with the database, and they were called into the database with reference to the corresponding individual.

As the last step of the complete construction, I inserted two extra columns into the attribute table, which are the locations of the Y and X coordinates in the center line of the crosses, and using the Field Calculate function, the software calculated the exact spatial position of the points, for which it was necessary to enter the projection system of the database and to work with georeferenced images.

12. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Pár szóban szeretnék köszönetet mondani minden olyan személy számára, aki bárminemű segítséget nyújtott abban, hogy ez a dolgozat megvalósulhasson, köszönöm a sok lelki és fizikai támogatást, minden kedves szót és tettet!

Elsősorban szeretném megköszönni konzulensemnek, Dr. Pődör Andreának, hogy felkínálta számomra ezt a témát és minden kérdésem esetén készséggel segített, hogy időben haladhassak a megvalósításban.

Továbbá külön köszönettel tartozom külső konzulensem, Lehoczky Máté felé, aki a mérés során saját „műszer parkjával” állt rendelkezésemre, ezen felül sok támogatást nyújtott a pontfelhő és ortofotó előállításával kapcsolatos kérdéseimmel kapcsolatban.

13. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] „Csákvár temető – Google Maps” [Online] - <https://www.google.com/maps/search/Cs%C3%A1kv%C3%A1r+temet%C5%91/@47.3942083,18.4480408,197m/data=!3m1!1e3>
- [2] „Phantom 4 – Google Képek” [Online] - https://www.google.com/search?q=Phantom+4&tbm=isch&ved=2ahUKEwjEruijIdj3AhXJkKQKHYYCsAOEQ2-cCegQIABAA&oq=Phantom+4&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECCMQJzIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgQIABAeMgQIABAeMgQIABAeMgQIABAeMgQIABAeMgQIABAeMgQIABAeOgYIABAeEAdQwvdYpwtguRBoAHAAeACAAAXeIAbECkgEDMi4xmAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=BwR8YoSPGcmhkgWA2YKIDg&rlz=1C1KNTJ_huHU952HU952#imgrc=sOXz28h4Pt2vM
- [3] „Leica GS18 GNSS T RTK Rover - Google Képek” [Online] - https://www.google.com/search?q=leica+gs18+t&rlz=1C1KNTJ_huHU952HU952&sxsrf=ALiCzsZhmg-psv7QgneGNg5rZgh9QSx5YA:1654630560779&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj6ryWi5z4AhXSCRAIHtbdB1YQ_AUoAXoECAIQAw&biw=1536&bih=722&dpr=1.25#imgrc=HyPD8JdXcnM49M
- [4] „ITR 6” [Online] - <http://www.digicart.hu/itr.html>
- [5] Duleba E ; László, G. Tóth, Z.: Establishment of GNSS calibration network. In: Csuka, Ildikó; Simon, Gyula (szerk.) AIS 2021-16th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas – Proceedings Székesfehérvár, Magyarország : Óbudai Egyetem (2021) pp. 93-96. , 4 p.
- [6] Dobesova, Z. (2016). Teaching database systems using a practical example. Earth Science Informatics, 9(2), 215-224.
- [7] Prof. Dr. Márkus Béla -Térinformatikai ismeretek 3 - Adatmodellek
- [8] Márkus, B. (2009). Térinformatika, NyME GEO jegyzet
- [9] „Phantom 4 ” [Online] - <https://www.dji.com/hu/phantom-4>
- [10] „Leica GS18 GNSS T RTK Rover” [Online] - <https://leica-geosystems.com/en-us/products/gnss-systems/smart-antennas/leica-gs18-t>
- [11] „Pix4D” [Online] - <https://www.pix4d.com/about-us>
- [12] „RAW fotó fájlformátum” [Online] - <https://jancsofotosuli.com/raw.html>
- [13] „Adatbázis kapcsolatok” [Online] - <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/informatika/adatbazis-kezeles/relaciok-kepzes-es-matematikai-hatteruk/alapveto-kapcsolatok-az-adatbazis-tablail-kozett>
- [14] „ArcGIS” [Online] - <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.4/get-started/introduction/a-quick-tour-of-arcmap.htm>
- [15] „GeoCalc GIS” [Online] - https://www.geocalc.hu/page2_temeto.html
- [16] „GeoCalc GIS” [Online] - http://www.gcsoft.hu/gcgis2_szorolap.pdf

- [17] „WebTemir” [Online] - <https://web.temir.hu/index.php>
- [18] „WebTemir” [Online] - <https://web.temir.hu/index.php/terkepek>
- [19] „WebTemir” [Online] - <https://web.temir.hu/buk/>
- [20] „WebTemir” [Online] - <https://geszta.hu/>
- [21] „WebTemir” [Online] - <https://temir.hu/>
- [22] Jancsó Tamás: Digitális fotogrammetria jegyzet (2017)
- [23] Fotogrammetria TÁMOP Jegyzet. (Dr. Jancsó T., Dr. Engler P., Balázsik V. 2010)
- [24] „Illesztőpont fogalma” - <https://www.mimi.hu/terinfo/illesztopont.html>

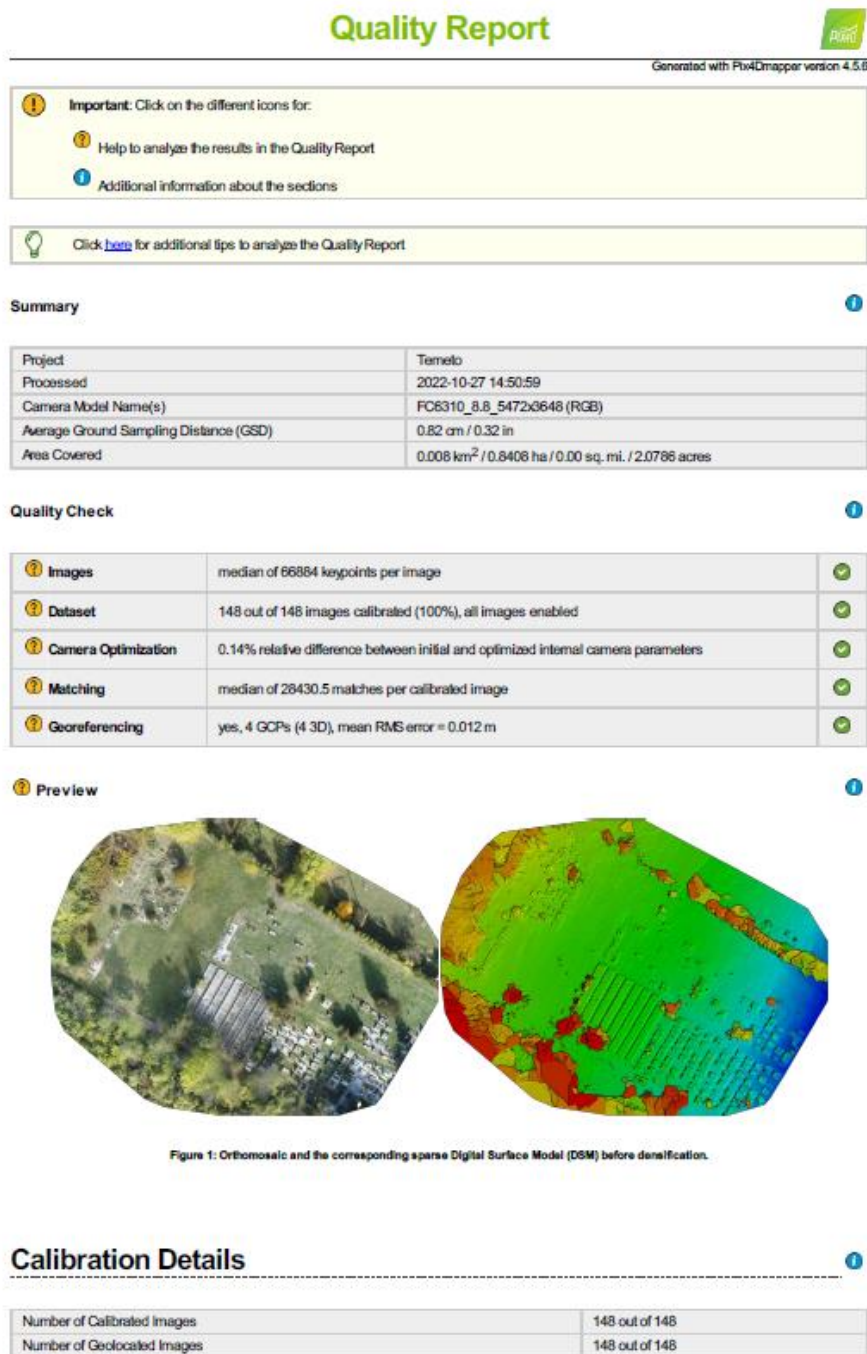
14.ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra - A temetőben található emlékkereszt az elhunytak emlékére	8
2. ábra - A felméréndő terület műholdképe [1]	13
3. ábra - GeoCalc GIS 2 leíró adatok megjelenítése	14
4. ábra - A GeoCalc GIS 2 térképi megjelenése	15
5. ábra - A WebTemir megjelenítése a Bük városi temetőben	15
6. ábra - DJI Phantom 4 drón [2]	16
7. ábra - Leica GS18 T GNSS RTK Rover [3]	17
8. ábra - A repülési tervről készült kép a folyamat közben	21
9. ábra - Légifénykép a felmérés során, melyen látható a növényzet befolyásoló hatása	22
10. ábra - Az ortofotó előállításához szükséges beállítások	23
11. ábra - A mért és a számított eredmények közti különbség a légiháromszögelés végrehajtása után.	24
12. ábra - Az illesztőpontok elhelyezkedése a felméréndő területen	25
13. ábra - DTM.....	26
14. ábra - Ortofotómozaik és DSM.....	26
15. ábra - Numerikus és hibaellipszisek.....	27
16. ábra - Adatbázis építése, a kereszteket leíró adatainak meghatározása	28
17. ábra - Temető felméréskori állapota.....	31
18. ábra - A parcella poligonok digitalizálása a Rectangle funkció használatával	31
19. ábra - Keresztek helyének szerkesztése és a leíró adatok kitöltése	32

15.MELLÉKLETEK

1.1. Dolgozatban szereplő mellékletek

1. Pix4D report



Initial Image Positions

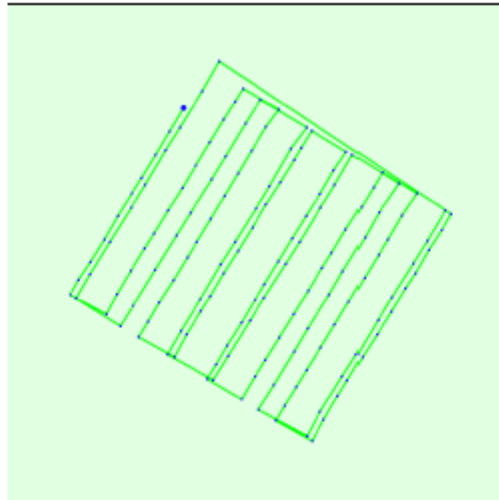
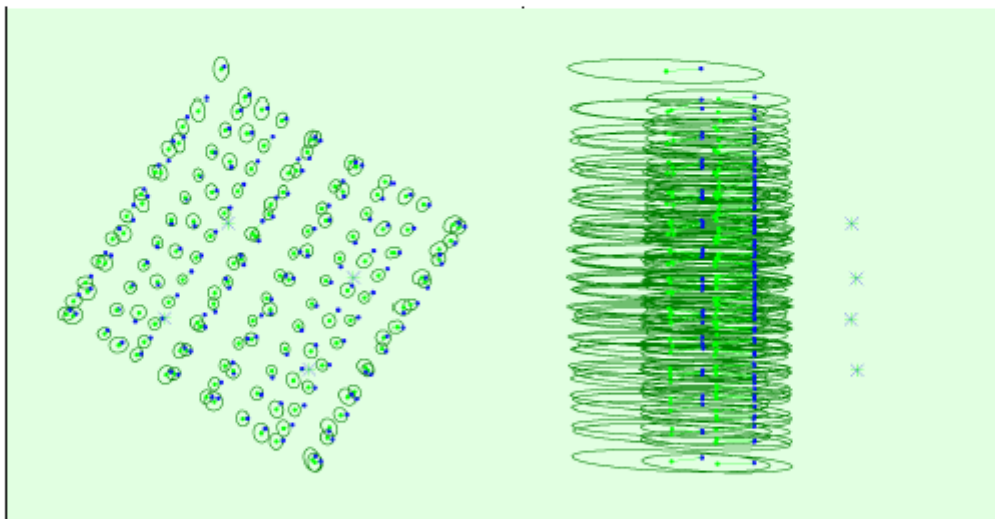
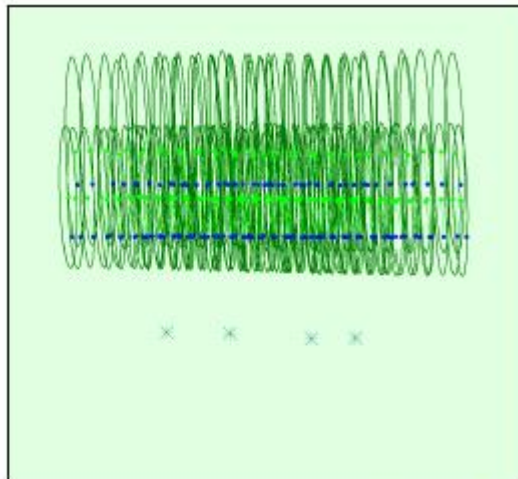


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





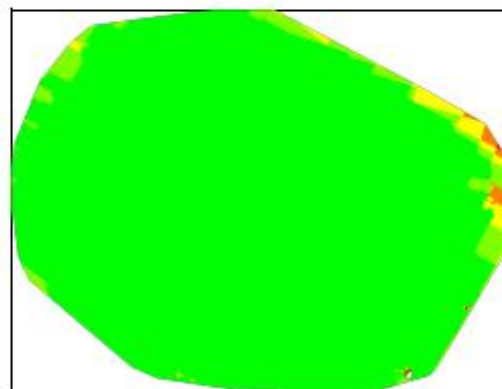
Uncertainty ellipses 500x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

2 Absolute camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.003	0.003	0.035	0.005	0.005	0.002
Sigma	0.000	0.001	0.005	0.001	0.001	0.000

2 Overlap



Number of overlapping images: 1 2 3 4 5+

Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	3825557
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	923880

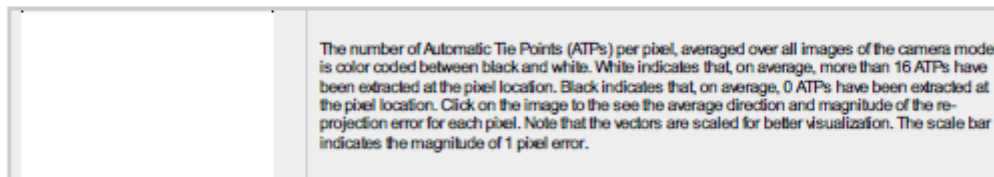
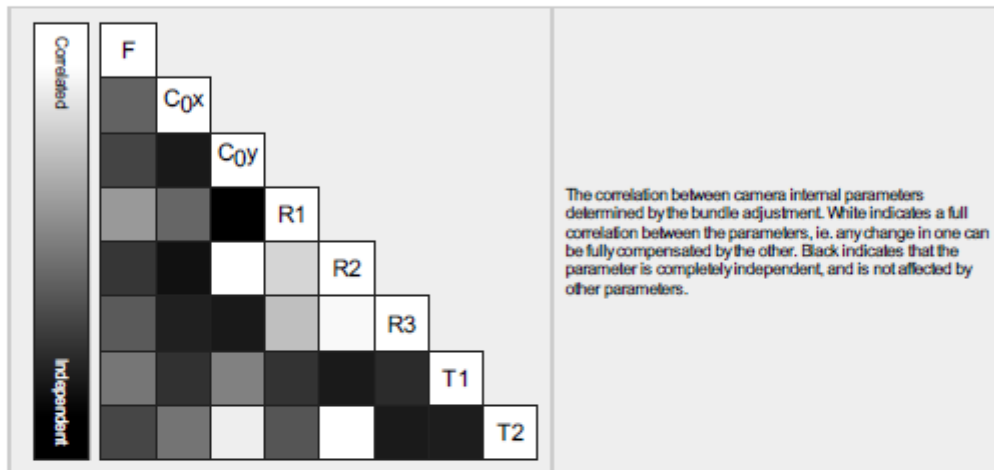
Mean Reprojection Error [pixels]	0.203
----------------------------------	-------

Internal Camera Parameters

FC6310_8.8_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]

EXIF ID: FC6310_8.8_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3688.759 [pixel] 8.604 [mm]	2736.001 [pixel] 6.417 [mm]	1823.999 [pixel] 4.278 [mm]	0.003	-0.008	0.008	-0.000	0.000
Optimized Values	3673.933 [pixel] 8.616 [mm]	2758.990 [pixel] 6.471 [mm]	1865.869 [pixel] 4.376 [mm]	0.001	-0.009	0.008	0.001	0.001
Uncertainties (Sigma)	3.913 [pixel] 0.009 [mm]	0.067 [pixel] 0.000 [mm]	0.051 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	66884	28431
Min	51057	1558
Max	79027	45333
Mean	66990	25848

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	472011
In 3 Images	150918
In 4 Images	82492
In 5 Images	52344
In 6 Images	34762
In 7 Images	24647
In 8 Images	19365

In 9 Images	14979
In 10 Images	11972
In 11 Images	9321
In 12 Images	7314
In 13 Images	6237
In 14 Images	5293
In 15 Images	4506
In 16 Images	3693
In 17 Images	3223
In 18 Images	2684
In 19 Images	2260
In 20 Images	2059
In 21 Images	1685
In 22 Images	1461
In 23 Images	1303
In 24 Images	1118
In 25 Images	974
In 26 Images	901
In 27 Images	768
In 28 Images	626
In 29 Images	592
In 30 Images	472
In 31 Images	476
In 32 Images	429
In 33 Images	337
In 34 Images	305
In 35 Images	303
In 36 Images	242
In 37 Images	214
In 38 Images	215
In 39 Images	192
In 40 Images	172
In 41 Images	162
In 42 Images	132
In 43 Images	108
In 44 Images	101
In 45 Images	105
In 46 Images	85
In 47 Images	90
In 48 Images	57
In 49 Images	55
In 50 Images	41
In 51 Images	40
In 52 Images	20
In 53 Images	13
In 54 Images	5
In 55 Images	1

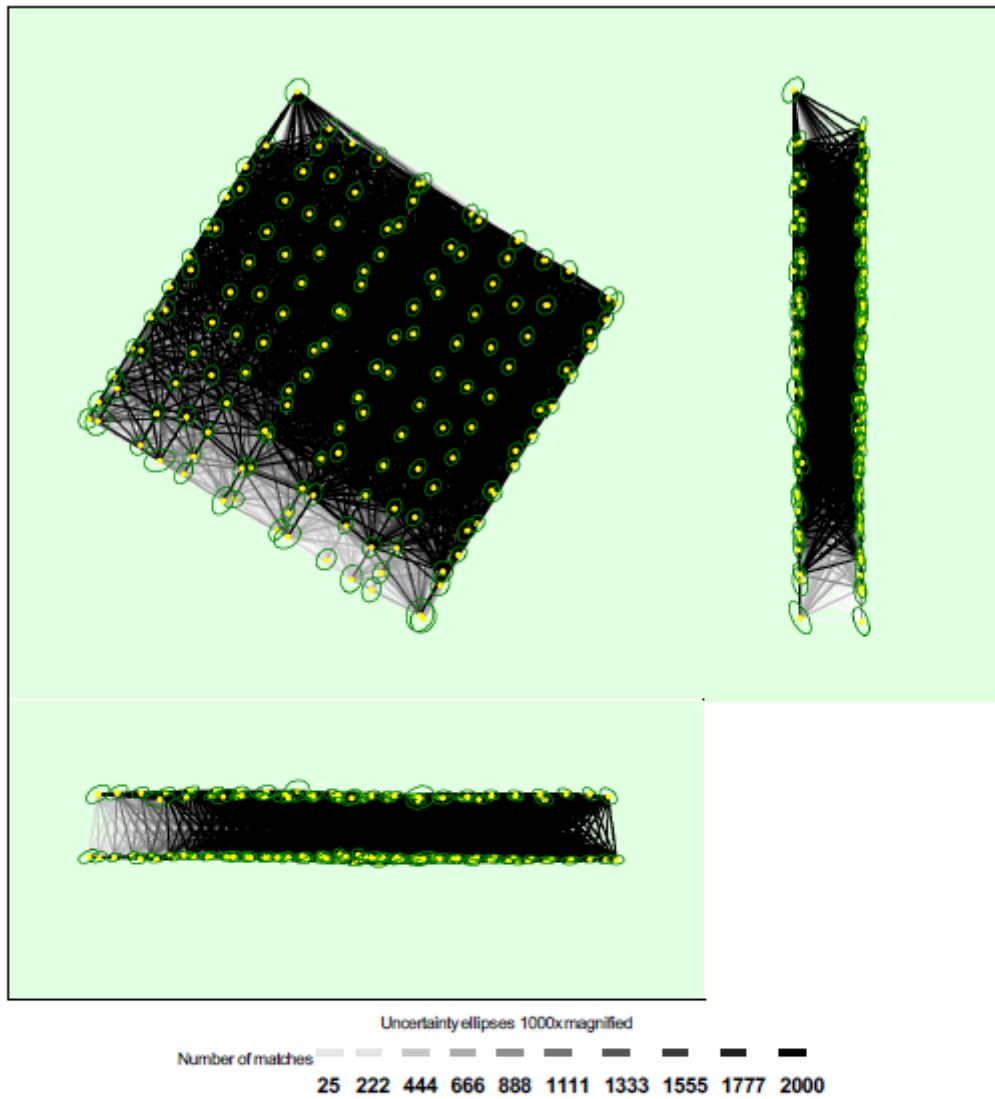


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.001
Sigma	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
1004 (3D)	0.020/ 0.020	-0.014	0.011	0.009	1.935	38 / 38
1003 (3D)	0.020/ 0.020	0.018	0.002	-0.017	0.852	37 / 37
1002 (3D)	0.020/ 0.020	-0.008	-0.003	0.023	0.391	40 / 40
1001 (3D)	0.020/ 0.020	0.003	-0.011	-0.018	0.645	45 / 45
Mean [m]		-0.000449	-0.000395	-0.000783		
Sigma [m]		0.012012	0.007900	0.017231		
RMS Error [m]		0.012021	0.007910	0.017248		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

? Absolute Geolocation Variance



Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.00	0.00	0.00
-6.00	-3.00	0.00	0.00	0.00
-3.00	0.00	48.65	54.05	58.78
0.00	3.00	51.35	45.95	41.22
3.00	6.00	0.00	0.00	0.00
6.00	9.00	0.00	0.00	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		1.018775	0.368096	-7.596256
Sigma [m]		0.558442	1.081450	0.655621
RMS Error [m]		1.161792	1.142379	7.624496

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	1.018775	0.368096	-7.596256

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

? Relative Geolocation Variance



Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	0.306
Phi	0.450
Kappa	2.057

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the Initial and computed Image orientation angles.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Xeon(R) Gold 6150 CPU @ 2.70GHz RAM: 64GB GPU: NVIDIA GeForce GTX1080 (Driver: 27.21.14.5751)
Operating System	Windows 10 Pro for Workstations, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84 (EGM96 Geoid)
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	HD72 / EOV (EGM96 Geoid)
Output Coordinate System	HD72 / EOV (EGM96 Geoid)

Processing Options

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: yes
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes

Results

Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	13108413
Average Density (per m ³)	5574.22

DSM, Orthomosaic and Index Details

Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 [cm/pixel]
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 [cm/pixel]